

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE FRUTOS DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.)

PHYSICO-CHEMICAL AND SENSORY EVALUATION OF CAPE GOOSEBERRY FRUITS (*Physalis peruviana* L.)

Carlos J. MÁRQUEZ C.^{1*}, Ofelia TRILLOS G.², José R. CARTAGENA V.², José M. COTES T.²

Recibido: Noviembre 4 de 2008 Aceptado: Febrero 25 de 2009

RESUMEN

Se cosechan frutos de uchuva en grado de madurez de consumo en tres tiempos diferentes, se caracterizan físico-química y sensorialmente. Se realizan análisis de medidas repetidas con estructura de varianzas-covarianzas autoregresiva heterogénea de primer orden, estableciendo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para las variables sólidos solubles totales, acidez y pH, pero no para el índice de color ni para la firmeza, expresada como fuerza de fractura. Con un panel de jueces seleccionados se realiza la evaluación sensorial, la cual no muestra diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para las variables aroma, textura bucal y sabor. Para el programa de fitomejoramiento las características físico-químicas y organolépticas de las accesiones estudiadas son similares al testigo comercial; por lo tanto, se espera que los cruzamientos entre ellas no demeriten estos aspectos.

Palabras clave: poscosecha, frutas tropicales, evaluación organoléptica, sólidos solubles, fuerza de fractura.

ABSTRACT

Cape gooseberry fruits are harvested at maturity for consumption at three different times. They are evaluated physico-chemically and sensorially. Repeated measures analysis are performed using a variance-covariance structure of the first order autoregressive heterogeneous. The results show statistically significant differences ($p < 0,05$) for the variables (total soluble solids, acidity and pH), but not for the index of color and firmness, expressed as force of fracture. Through a panel of selected judges a sensory evaluation was performed which did not show statistically significant differences ($p > 0,05$) for aroma, texture, mouth taste and flavors variables. The accessions studied for the phytoimprovement program of the physical, chemical and organoleptic characteristics were similar to the commercial samples. Therefore it is expected that crosses between them do not invalidate the exercise.

Keywords: postharvest, tropical fruits, sensory evaluation, soluble solids, strength fracture.

1 Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 568. Medellín, Colombia.

2 Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 568. Medellín, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: cjmarque@unalmed.edu.co

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país de vocación agrícola, con cerca de 114 millones de hectáreas. El 54% está constituido por territorios poco estudiados, en su mayoría bosques. Del resto del área, sólo el 0,5%, equivalente a unas 570.000 hectáreas están dedicadas a cultivos de frutas y hortalizas, de las cuales unas 534 hectáreas, ubicadas principalmente en los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá están destinadas al cultivo de uchuva (1, 2).

La uchuva es una de las frutas más importantes en las regiones tropicales altas de Colombia, lo que ha permitido al país ser el mayor productor del mundo. El 65% de la producción nacional se destina principalmente para la exportación, y existe potencial para aumentar las ventas hacia mercados como Suiza, España, Brasil, Italia, México, Venezuela y Estados Unidos; las exportaciones a este último país, se iniciaron en 2003, época en que se obtuvo la admisibilidad fitosanitaria a ese mercado (3).

La uchuva se desarrolla adecuadamente en alturas comprendidas entre 1.800 y 2.800 m.s.n.m. (4, 5). Este fruto se incluye en los considerados exóticos para la economía colombiana (6); así pues, el conocimiento de las características que tipifican su índice de madurez es de interés, especialmente en programas de fitomejoramiento (7).

En la madurez del fruto, el cáliz toma un color dorado y al sol se torna frágil, presenta una porción parcialmente soldada (gamosépalo), de forma tubular (cilíndrica) y otra porción libre (ápice), de aspecto triangular. Posee cinco sépalos dentados casi del tamaño de la flor, y crece hasta llegar a 4 cm de largo en promedio, para cubrir y proteger el fruto hasta su madurez (8, 9).

El fruto es una baya carnosa de forma esférica, pulposa, formada por tejido procedente del pericarpio y de la placenta, el exocarpo (cáscara) es delgado, el mesocarpo y el tejido placentario están bien desarrollados y completamente comestibles. Las semillas son muy numerosas, de forma lenticelar y desprovistas de halo placentario (8, 9). Los ecotipos colombianos normalmente son más pequeños que los de otras regiones del mundo, llegando a pesar entre 4 y 5 g en promedio, con coloraciones más vivas y mayores contenidos de sólidos solubles totales (SST) (3).

Sus características físico-químicas varían de acuerdo a su índice de madurez. El contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) (10, 11) y el contenido de ácidos orgánicos, principalmente

cítrico y málico, expresados en peso fresco del vegetal, explican el sabor dulce y ácido. Para el adecuado manejo en poscosecha también se deben tener en cuenta aspectos como el color, la firmeza y las características sensoriales (12-14).

El estudio de las variables en poscosecha, como SST, acidez, rendimiento en pulpa entre otros, determina aspectos tan relevantes como el índice de madurez, la calidad sensorial y la calidad comercial y nutricional de las frutas (15, 16).

Las variables en poscosecha dependen de diversos factores, entre los que se destacan los genéticos, climáticos y agro culturales (típicos de cada cultivo y región). Lo ideal es que las frutas posean alto rendimiento en pulpa, un elevado valor de SST expresados como °Brix, y para algunos frutos es deseable alta acidez y características sensoriales como sabor, color, aroma y apariencia acentuados (10, 17). Las características físico-químicas y de firmeza para frutos de uchuva en poscosecha, han sido determinadas por varios investigadores (18-20).

El objetivo de la investigación fue determinar, en los frutos de diez accesiones de uchuva, las características físico-químicas expresadas como SST, acidez, pH, índice de color y firmeza; además, la evaluación sensorial para los frutos enteros. Estos materiales genéticos son actualmente los parentales utilizados en un programa de fitomejoramiento de la especie con fines de incrementar el rendimiento y mejorar la calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron semillas de 10 accesiones de uchuva provenientes del Banco de Germoplasma de Colombia, administrado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y localizado en el Centro de Investigación "La Selva" (Rionegro, Antioquia), seleccionadas previamente de plantas sobresalientes por su alto rendimiento de fruta fresca y bajo porcentaje de rajado. Las semillas fueron cultivadas en el Centro Agropecuario "Paysandú", perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el corregimiento de Santa Elena, Municipio de Medellín, a 2.500 m.s.n.m., con formación vegetal de bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB), temperatura promedio de 14°C y precipitación media de 2.500 mm al año. La tabla 1 presenta las 10 accesiones estudiadas y su procedencia.

Tabla 1. Accesiones de uchuva empleadas para la caracterización físico-química y sensorial (*Physalis peruviana* L.)

Accesión	Procedencia
38	Jardín, Antioquia, Colombia
40	Turbo, Antioquia, Colombia
41	Desconocida (Uchuva 216-2)
43	Desconocida (OM- 541)
46	Pasto, Nariño, Colombia (86 – 1509)
49	San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia
50	Manizales, Caldas, Colombia
59	Sonsón, Antioquia, Colombia
63	El Retiro, Antioquia, Colombia
122*	Medellín, Antioquia, Colombia

* Testigo comercial

Métodos

Las accesiones de uchuva fueron caracterizadas físico-química y sensorialmente en su madurez de cosecha, determinada por su color anaranjado y por la madurez del cáliz o capacho (21).

La valoración de los SST, expresados como °Brix, se hizo mediante el método refractométrico (22). La medida de la acidez cuantificada en porcentaje, con el método químico de titulación potenciométrica, el índice de madurez fue calculado como el valor promedio obtenido de la división entre los SST y el porcentaje de acidez (22). La valoración del pH se determinó con el método potenciométrico (22). El índice de color se estableció a partir de la medida de los valores triestímulos o coordenadas (L^* , a^* y b^*), donde L^* representa la luminosidad con intervalo desde cero para el negro y cien para el blanco, a^* corresponde al tono de colores que varía del verde para valores negativos al rojo para valores positivos, y b^* corresponde al color azul para valores negativos y amarillo para valores positivos (23). Las lecturas para el color se realizaron una por fruto, tomada en la parte ecuatorial del mismo.

El índice de color (IC), adaptado para los frutos de uchuva en grado de madurez de cosecha se calculó a partir de la ecuación (1).

$$IC = 1000 \frac{a^*}{L^* b^*} \quad \text{Ecuación 1.}$$

En función del índice de color los intervalos que caracterizan la coloración de los frutos son:

$IC \leq -7$ = Coloración verde
 $-7 < IC < 0$ = Coloración verde amarillosa
 $IC \approx 0$ = Coloración amarilla
 $0 < IC < 7$ = Coloración anaranjada
 $IC > 7$ = Coloración anaranjada intensa (24).

La medida de la firmeza, enunciada como fuerza de fractura, se efectuó utilizando el analizador de textura: *Texture Analyser Model TA-XT2i* de 110v; 50/60Hz, con un plato de compresión de 75 mm de diámetro. Las diferentes accesiones de uchuva fueron sometidas a pruebas de compresión unidireccional con carga longitudinal a una velocidad de 2 mm s^{-1} ; la dirección longitudinal en el fruto fue tomada de polo a polo. El valor de la fuerza máxima de fractura se determinó empleando el *Software Texture Expert Exceed.Version 1.00*. Esta variable fue definida como el punto donde se presentó un descenso instantáneo de la fuerza, representando el colapso de las estructuras celulares de las frutas (25, 26).

Los frutos fueron lavados y desinfectados con solución de hipoclorito de sodio 50 ppm, luego se evaluaron sensorialmente por un panel de seis jueces seleccionados, conocedores de las características sensoriales de los frutos de uchuva; se aplicaron pruebas descriptivas con escalas no estructuradas, utilizando anclajes en los extremos, para cada característica sensorial; aroma, textura bucal y sabor. Las pruebas se realizaron por triplicado (27-29).

Análisis estadísticos

Las variables físico-químicas se evaluaron en tres períodos de tiempo (cada mes), realizando cuatro determinaciones para cada característica en cada uno de los tiempos. Con el fin de comprobar la significancia estadística de las variables estudiadas, se aplicó un análisis para medidas repetidas utilizando una estructura de varianzas-covarianzas autoregresiva heterogénea de primer orden, la cual fue seleccionada teniendo en cuenta el criterio de información de Akaike. Para estos modelos se asumió como un efecto aleatorio el tiempo y la interacción tiempo por accesión. Para ello fue utilizado el procedimiento MIXED de SAS System v. 9.1.3. (30). Con el fin de comparar las accesiones evaluadas con el testigo comercial (122*), se utilizó la prueba de una cola de Dunnett (H_0 : Accesión \geq Control) con un nivel de significancia del 5% (30). Para la evaluación sensorial se aplicó una prueba no paramétrica de Friedman, utilizando como efecto

de control local los jueces, y como tratamiento las accesiones. Para ello se practicó el procedimiento FREQ de SAS System v 9.1.3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación físico-química

SST

De acuerdo al análisis de varianza, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los diferentes genotipos o accesiones ($p=0,0003$) (Tabla 2). Los SST expresados como °Brix para las 10 accesiones estudiadas, se presentan en la figura 1A. Los valores para todas las accesiones se encuentran dentro de los intervalos recomendados por la normatividad colombiana para uchuva fresca (21).

Las comparaciones de las medias a partir de la aplicación de la prueba de Dunnett mostró, con un nivel de confianza del 95,0%, que las accesiones 40 y 41 presentaron diferencias estadísticas significativas

respecto al control, mostrando valores inferiores de 1,66 y 2,90 para los °Brix, respectivamente, siendo las dos accesiones de menor dulzura. Las demás accesiones son tan dulces como el testigo comercial, lo cual puede obedecer a las características fisiológicas de cada genotipo, lo que hace que el metabolismo involucre una mayor actividad enzimática hidrolizando los polisacáridos de alto peso molecular y transformándolos en disacáridos y monosacáridos más simples (11).

Acidez

El análisis estadístico para la variable acidez mostró diferencias significativas para las accesiones con respecto a la considerada como testigo comercial (122*) ($p=0,0138$) (Véase tabla 2). El valor promedio de la acidez, expresada como máxima concentración de ácido cítrico por unidad de peso, aparece en la figura 1B. La concentración de acidez de las accesiones se encuentra dentro de los intervalos recomendados por la Norma Técnica Colombiana 4580 (21).

Tabla 2. Diferencias estimadas entre los frutos del cultivar testigo y las demás accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Accesión	Grados Brix	Acidez Total	Índice de Color	Índice de Madurez	pH	Firmeza
38	-0,6119	-0,6262*	0,0391	1,6012	0,3129	-1,0216
40	-1,6600*	-0,5592*	-0,2181	0,7284	0,0902	-1,0746
41	-2,9036*	-0,2362	-0,2141	-0,6948	0,0365	-0,9479
43	-0,7686	-0,1099	-0,1138	0,0574	0,0002	-1,0979
46	-1,0375	0,0265	-0,2942	-0,4105	0,1069	-0,9606
49	-0,3233	0,0256	-0,4794	-0,1146	-0,0908	-1,0670
50	-0,4495	0,0612	-0,2140	-0,2933	-0,0178	-1,0707
59	-0,7361	-0,0100	0,0229	-0,2350	-0,0164	-0,9894
63	-0,9372	-0,3650	-0,1607	0,4805	-0,0606	-1,0177
Valor-p ¹	0,0003	0,0138	0,1419	0,0349	<0,0001	0,1643

¹ Valor-p para el efecto de las accesiones en la tabla de análisis de varianza

* Indica diferencias estadísticamente significativas con el testigo según la prueba de Dunnett ($\alpha = 0,05$)

Según la prueba de Dunnett, las accesiones 38 y 40 presentaron valores de acidez menores que el testigo comercial, de 0,62 y 0,55 respectivamente, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Así,

estas accesiones son las más adecuadas para mejorar la calidad del fruto en cuanto al parámetro acidez de la uchuva (12). Las demás accesiones presentaron frutos de mayor o igual acidez que el testigo comercial.

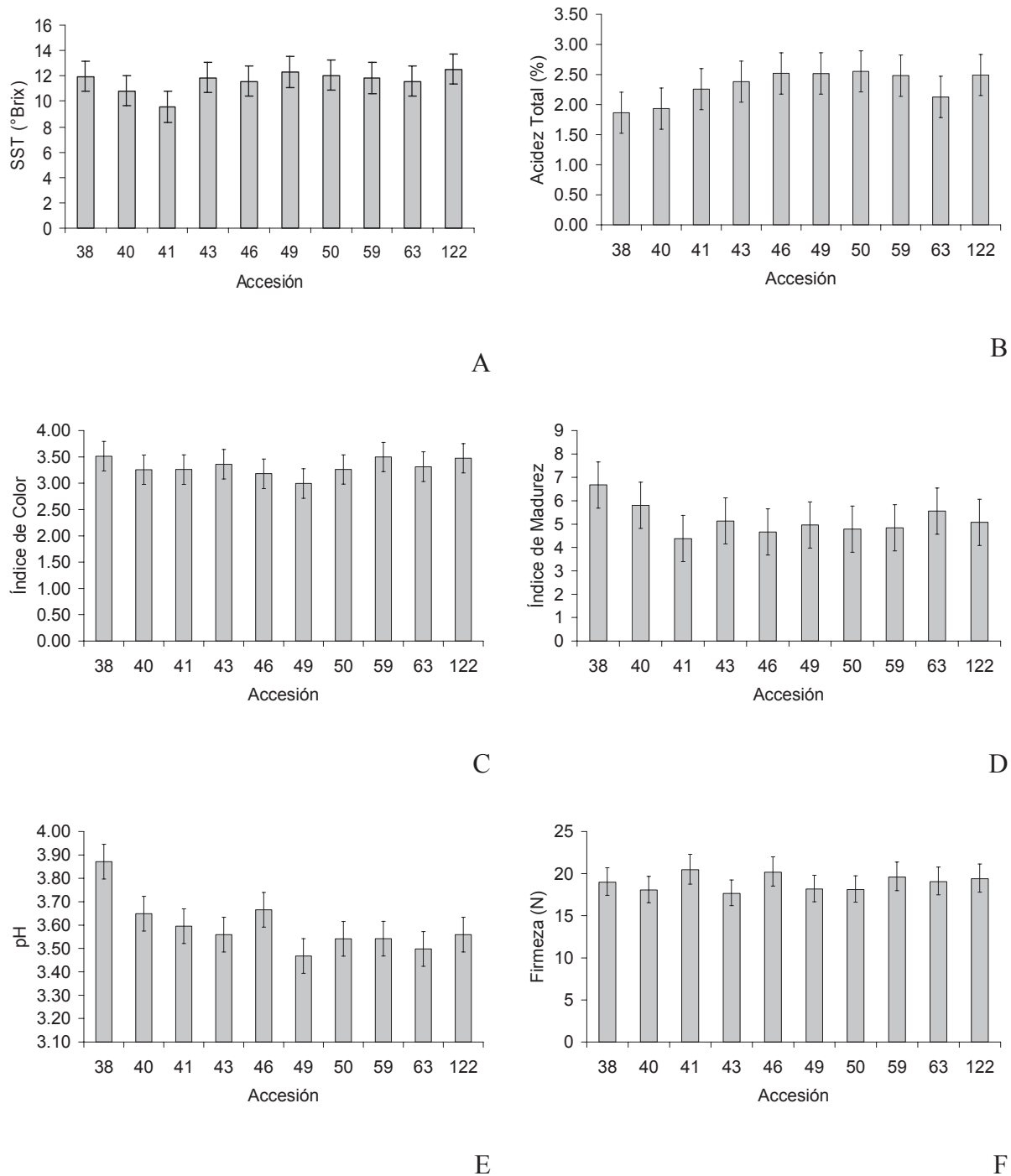


Figura 1. Valores estimados de las características físico-químicas de 10 accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.), con sus respectivos intervalos de confianza al 95,0 % para A) SST (°Brix), B) Acidez total (%), C) Índice de color, D) Índice de madurez, E) pH, y F) Firmeza (N).

Índice de madurez

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las accesiones ($p=0,0349$) (Véase tabla 2), para el índice de madurez. Los valores encontrados para esta variable son inferiores a los recomendados por la Norma Técnica Colombiana

4580 (21), siendo los más ajustados los mostrados por la accesión 38 (Véase figura 1D) (21).

La prueba de comparación múltiple indica que dentro de las accesiones evaluadas no hay ninguna con un valor inferior de índice de madurez al del testigo comercial (Véase tabla 2), lo cual es deseable

para el proceso de fitomejoramiento. Existen accesiones iguales o superiores al cultivar testigo, destacando el valor obtenido para la accesión 38, que presentó un índice de madurez superior (1,6012) con respecto al testigo comercial, reafirmando que este es un buen material por su calidad para el proceso de fitomejoramiento.

pH

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas entre las accesiones para el pH con respecto al testigo comercial (122*) ($p < 0,0001$) (Véase tabla 2). La figura 1E muestra el valor promedio del pH, expresado como la máxima concentración de hidrogeniones libres en cada tiempo de evaluación para el total de accesiones estudiadas.

Según la prueba de Dunnett, ninguna accesión evaluada presentó valores de pH significativamente menores que el testigo comercial. Dentro de las accesiones se destaca la 38, la cual tiene un valor de pH de 0,31 (Véase tabla 2), superior al testigo comercial. Teniendo en cuenta que la concentración de hidrogeniones libres está inversamente relacionada con el carácter ácido de las frutas (22), esta accesión permitiría mejorar la característica de acidez de los frutos.

Índice de color

El análisis de varianza para el índice de color no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las accesiones ($p = 0,1419$) (Véase tabla 2), presentando valores en el intervalo de índice de color típico de los frutos anaranjados (24), por lo tanto puede considerarse que dentro de estas accesiones cualquiera podría ser escogida como de muy buena coloración (28, 29). El valor promedio del índice de color para cada accesión aparece en la figura 1C. La homogeneidad en el color de las accesiones puede obedecer a que todos los frutos fueron cosechados en el mismo índice de madurez, selección del punto geométrico del fruto adecuado, y a que probablemente no se presentaron cambios importantes de radiación solar entre los intervalos de tiempo de las evaluaciones (11), afectando mínimamente la concentración de metabolitos secundarios (p.e. carotenoides), propios del color del fruto maduro (18).

Firmeza

El análisis de varianza de la fuerza de fractura no mostró diferencias estadísticamente significativas

entre las 10 accesiones ($p = 0,1643$) (Véase tabla 2). En la figura 1F se puede apreciar el valor estimado de la fuerza máxima de fractura para cada accesión, las cuales están dentro de los intervalos encontrados para firmeza de los frutos de uchuva (31).

Este resultado permite considerar las diez accesiones estudiadas como homogéneas en cuanto a su resistencia a los daños físicos o mecánicos, presentando características apropiadas para el manejo poscosecha (26). La escasa diferencia entre las accesiones probablemente se deba a una actividad enzimática similar sobre los polímeros de la pared celular, tales como protopectina, ácidos pécticos y carbohidratos de alto peso molecular de carácter amiláceo (32).

Evaluación sensorial

Según el análisis no paramétrico de Friedman, en las diez accesiones de uchuva no se presentaron diferencias significativas para las variables sensoriales: aroma, textura bucal y sabor (Véase tabla 3); por lo tanto, se podría decir que para el panel de catación no existieron diferencias que hicieran un fruto superior en calidad sensorial a otro. Esto se traduce en que organolépticamente cualquier accesión pudiese reemplazar a otra (28, 29).

Tabla 3. Mediana, valor de ji-cuadrado y valor-p para el análisis no paramétrico de Friedman en la evaluación sensorial de los frutos en 10 accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

	Mediana	ji-cuadrado	Valor-p
Aroma	10,35	4,72	0,8582
Textura Bucal	11,15	8,65	0,4698
Sabor	11,4	8,04	0,5305

CONCLUSIONES

Las pruebas instrumentales para la medida de los SST, acidez, índice de madurez y pH presentaron diferencias estadísticamente significativas para las diez accesiones estudiadas, lo que sugiere que, debido a las características genéticas de cada material vegetal, se presentan comportamientos fisiológicos particulares, lo que causa variabilidad en las expresiones de la calidad de los frutos.

Los atributos: índice de color, firmeza y la evaluación sensorial del aroma, la textura bucal y el sabor, no mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que las accesiones son homogéneas.

Desde el punto de vista del programa de fitomejoramiento, las características físico-químicas y organolépticas de las accesiones estudiadas son similares a las del testigo comercial; por lo tanto, se espera que los cruzamientos entre ellas no desmeriten estos aspectos. Sin embargo, se destaca como un posible genotipo superior la accesión 38, proveniente del municipio de Jardín (Antioquia), lo cual debe ser confirmado en posteriores investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a la Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín y a la Dirección de Investigaciones de Medellín (DIME), que aportaron los recursos físicos, humanos, técnicos y financieros para adelantar esta investigación; a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), que suministró los recursos genéticos. Al Laboratorio de Frutas y Hortalizas, adscrito al Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y al laboratorista Tecnólogo en Alimentos Fernando Arenas Gil, quien con su conocimiento y esfuerzo hizo posible que esta investigación concluyera en forma satisfactoria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango TJC, Bacanumenth PA. La adecuación de tierras en el departamento de Antioquia. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín). 1999; 52 (1): 395-424.
- Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Boletín Estadístico. Bogotá: El Ministerio; 2006.
- Colombia. Corporación Colombia Internacional. Sistema de Inteligencia de Mercados (SIM) No 13. Uchuva: Perfil de producto. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá: El Ministerio; 2000.
- Fisher G, Angulo R. Los frutales de clima frío en Colombia: la uchuva. Ventana al Campo Andino. 1999; 1 (2): 3-6.
- Mazorra MF, Quintana PD, Miranda A, Fischer G. Desarrollo del fruto y madurez fisiológica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en la localidad de Subia (Cundinamarca) En: IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado CORPOICA-UPB-C.D.T.F. Medellín: 2002. 238-244.
- Lagos TC, Criollo EH, Ibarra A, Hejeile H. Caracterización morfológica de la colección Nariño de *Physalis peruviana* L. En: Memorias del VII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Tolima: 2001. 29-41.
- Colombia. Corporación Colombia Internacional. Uchuva: Promesa exportadora para las regiones frías de Colombia. Exótica. 1999; 3 (12): 1-12.
- Legge AP. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. J Roy Hort Soc. 1974; 99 (7): 310-314.
- Parsley R. Cape gooseberries and others. Journal of the Botanical Society of South Africa. 1981; 67 (1): 195-203.
- Camacho G, Romero G. Obtención y conservación de pulpas: Mora, guanábana, lulo y mango. Bogotá: ICTA - Universidad Nacional de Colombia; 1996.
- Taiz L, Zeiger E. Plant physiology. 4ª edición. Sunderland: Sinauer Associates; 2006.
- Charley H. Tecnología de alimentos. México: Limusa; 1991.
- Chaparro MC, Guzmán R, Moreno G. Manejo poscosecha de la guanábana (*Annona muricata* L.) y caracterización de algunas propiedades físico-químicas con el grado de madurez. [Tesis de grado] Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia; 1992.
- Kader A. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California. Davis (UCD) . [Sitio en Internet]. Disponible en: www.stharvest.ucdavis.edu/Produce/Produce-Facts/Espanol/tamarillo.pdf. Consultado: 3 de agosto de 2008.
- Planella I. Tecnología del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: IICA; 1987.
- Landwehr T, Torres F. Manejo poscosecha de frutas. Tunja: Instituto Universitario Juan de Castellanos; 1995.
- Márquez C. Deshidratación de mora (*Rubus glaucus* B.) por convección forzada para producción de aromáticas. [Tesis doctoral] Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2004.
- Trincherro GD, Sois GO, Cerri AM, Vilella F, Fraschina A. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in golden berry (*Physalis peruviana* L.) a solanaceous species. Postharvest Biol Tec. 1999; 16 (1): 139-145.
- Hideki O, Pérez S. Estudio de la fuerza de fractura y firmeza de uchuva (*Physalis peruviana* L.). [Trabajo doctoral]. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2005.
- Gutiérrez MS, Trincherro DG, Cerri A, Vilella MF, Sois OG. Different responses of goldenberry fruit treated at four maturity stages with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol Tec. 2008; 48 (1): 199-205.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ICONTEC. NTC 4580. Bogotá: 1999.
- Bernal RI. Análisis de alimentos. Bogotá: Guadalupe; 1993.
- Restrepo MF. Evaluación sensorial de los alimentos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 1995.
- Artes HF. Determinación de la calidad y madurez de frutas y hortalizas. Curso Internacional de Tecnología Poscosecha y Procesado Mínimo. Cartagena, España: 2007. 1-8.
- Sharma S, Mulvaney S, Risvi S. Ingeniería de alimentos. México: Limusa; 2003.
- Ciro J, Vahos D, Márquez C. Estudio experimental de la fuerza de fractura en frutos tropicales: El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.). Dyna. 2005; 72 (146): 55-64.
- Pedrero F, Pangborn RM. Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos analíticos. México: Alambra; 1989.
- Watts MB, Ylimaki GL, Jeffery LE, Elias LG. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa: CCID; 1992.
- Restrepo MF. Evaluación sensorial de alimentos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 1996.
- Littel RC, George A, Militen W, Stroup RD, Russell DW, Oliver S. SAS for mixed models. 2ª ed. North Carolina: Cary NC; 2006.
- Ciro HJ, Hideki BO, Pérez AS. Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 2007; 60 (1): 3785-3796.
- Majumder BC, Mazumdar BC. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. Sci Hort. 2002; 96 (1): 91-101.