



BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

CALIDAD Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE FRESA (FRAGARIA X ANANASSA DUCH) CULTIVAR CHANDLER EN DOS LOCALIDADES DEL ESTADO LARA María Pérez de Camacaro, Maritza Ojeda, Norca Mogollón y Aracelis Giménez.....	6
NOVITATES AGROSTOLOGICAE, V. GENERIC MERGERS IN THE TRIBE OLYREAE (INGLÉS) José Grande.....	19
BIODEGRADACIÓN AERÓBICA DE EFLUENTES DEL PROCESAMIENTO DE PESCADO EN REACTORES POR CARGA Julio César Marín, Abraham Velásquez, Carlos Chinga, Ever Vizueta y Robert Mero	44
Revisión AVANCES EN LAS INVESTIGACIONES GENÉTICAS DE ALOE VERA (L.) BURM.F. Tamara Molero y Maribel Viloria.....	63
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....	82

Vol.50, Nº 1, Abril 2016

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA
PUBLICADA POR LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



Calidad y actividad antioxidante en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivar Chandler en dos locali- dades del estado Lara

María Pérez de Camacaro, Maritza Ojeda, Norca Mogollón y Aracelis Giménez

Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), Apartado 400. Barquisimeto 3001, Lara, Venezuela.
mariap@ucla.edu.ve

Resumen

La fresa es una fuente de componentes bioactivos con actividad antioxidante y sustancias fitoquímicas necesarias para contrarrestar los daños de los radicales libres en la salud humana. En esta investigación se comparan las propiedades físico-químicas y la actividad antioxidante en frutos de fresa 'Chandler' cosechados en Páramo Abajo y Paso Real del estado Lara. Se observaron diferencias significativas entre los parámetros masa (12 g), diámetro polar (37,23 mm), las concentraciones de antocianinas (8,22 mg/100 g), polifenoles (15,63 mg/100 g) y el color de los frutos para las dos localidades, con mayores valores para los frutos de Paso Real, excepto en el caso de la vitamina C. La mayor irradiancia y temperatura favoreció la acumulación de antocianos, la cual estuvo correlacionada con los mayores índices de color ($L^*=44,98$, $b^*=30,45$ y $chroma = 44,51$), permitiendo el desarrollo de un color rojo brillante en los frutos de Paso Real. Los sólidos solubles totales (7,47; 7,55 °Brix), pH (3,47; 3,67), acidez total titulable (1,19; 1,22 %) y diámetro ecuatorial (24,44; 25,52 mm) fueron similares en los frutos de ambas localidades. En Páramo Abajo, en contraste, los frutos son más pequeños, redondeados y con menores valores para los índices de color, mostrando una coloración rojo oscuro. La calidad de los frutos de fresa en ambas localidades está dentro de los estándares aceptables comercialmente.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa* Duch; composición fisicoquímica; fenoles; vitamina C; antocianinas.

Quality and antioxidant activity in strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivar Chandler in the Lara state

Abstract

Strawberry is a source of bioactive compounds and phytochemicals with antioxidant activity necessary to counteract the damage of free radicals in the human health. In this research the physical - chemical parameters and antioxidant activity were compared in strawberry fruits 'Chandler' harvested in Paso Real and Páramo Abajo in the Lara state. Significant differences between the parameters mass (12 g), diameter polar (37.23 mm), concentrations of anthocyanins (8.22 mg/100g), polyphenols (15.63 mg/100g) and fruits' color were observed for the two locations, with the greatest values for the fruits of Paso Real, except vitamin C. The highest irradiance and temperature allowed the accumulation of anthocyanos, which was correlated with the highest levels of color ($L^*= 44.98$, $b^*= 30.45$ and $\text{chroma}= 44.51$) enabling the development of a bright red color in Paso Real fruits. Total soluble solids (7.47; 7.55 °Brix), pH (3.47; 3.67), total titratable acidity (1.19; 1.22 %) and equatorial diameter (24.44; 25.52 mm) showed similar results in the fruits of both locations. In Páramo Abajo, in contrast, the fruits were smaller, rounded and with lower values for the color indices, showing a dark red coloring. The strawberry fruits qualities in both places are within commercially acceptable standards.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch; physico-chemical composition; phenols; vitamin C; anthocyanins.

Introducción

Las fresas son altamente apetecibles y consumidas tanto a nivel nacional como mundial. La calidad del fruto de fresa está determinada por la combinación de características y atributos que le confieren su valor, destacándose el color, el tamaño y la firmeza como las principales variables relacionadas con la apariencia, constituyendo este el primer aspecto visual que percibe el consumidor (Pérez y Sanz 2008, Griesser *et al.* 2008).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) y la acidez total titulable (ATT) le confieren al fruto de fresa su agradable sabor (Ali *et al.* 2011). Los antocianos (3-glucósido de pelargonidina, 88 % del total de las antocianinas, y el 3-glucosido de cianidina), polifenoles (pelargonidina, cianidina), flavonoides y vitamina C determinan tanto su coloración y valor nutricional como la actividad antioxidante que contrarrestan los daños ocasionados por los radicales libres en la salud humana (Del Pozo- Insfran *et al.* 2006, Wang y Lewers 2007, Giampieri *et al.* 2012).

El aroma en el fruto de fresa es debido a una mezcla compleja de compuestos volátiles, mayoritariamente ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, terpenos, furanonas y compuestos azufrados (Pérez y Sanz 2008).

Por otra parte, Giampieri et al. (2012) indicaron que la fresa es una fuente importante de vitamina C con aportes promedios de 58,8 mg/100 g, los cuales son considerados adecuados en la composición nutricional y antioxidante del fruto, destacándose en el cultivar Chandler valores de hasta 61,38 mg/100 (Mahmood et al. 2012).

Cabe señalar, sin embargo que la calidad y el color de los frutos está determinada por el factor genético (cultivar), factores climáticos (latitud, altitud, temperatura, radiación solar, precipitación y humedad relativa) y el manejo hortícola (densidad de plantación, reguladores de crecimiento, nutrición mineral, riego, raleo de flores y frutos, eliminación de plantas hijas y estolones, época de cosecha, entre otros).

La importancia de las condiciones climáticas sobre la variabilidad de la calidad, y en especial de la coloración de frutos de fresa, ha sido investigada. En este sentido, Voca et al. (2014) confirmaron que las condiciones climáticas durante la maduración del fruto de fresa, afectaron los contenidos de antocianinas y polifenoles en los cultivares Aroma, Marmolada, Miss y Raurica. Asimismo, establecieron una correlación positiva entre el cultivar, época de cosecha, y los índices del color de la pulpa, sugiriendo que la medición del color puede ser utilizada para monitorear la evolución del contenido de antocianina en los frutos. También, los contenidos nutricionales y la concentración de compuestos antioxidantes pueden variar en función del estado de madurez del fruto, factores genéticos y factores pre y poscosecha (Lopes Da Silva et al. 2007, Álvarez-Suárez et al. 2014).

Por otra parte, Pradas et al. (2015) demostraron durante varios años que la variabilidad de los contenidos en las propiedades de calidad y de los componentes de la actividad antioxidante fue debida principalmente al estado de madurez y a la temporada de cosecha de los frutos en los cultivares Fuentepina y Amiga. Además, Pérez y Sanz (2008) señalaron que el contenido total de antocianinas depende tanto del cultivar de fresa como de las condiciones de intensidad lumínica y temperatura durante el proceso de maduración del fruto y almacenamiento.

El color en el fruto es cuantificable con el uso del colorímetro o espectrofotómetro a través de índices como el L^* que representa la luminosidad y el brillo, y el chroma que mide la intensidad y la pureza del color en el espectro visible. A tal efecto, Voca et al. (2009) encontraron los mayores valores L^* y chroma durante el período de maduración de las fresas cv. Diamante en los días largos y con las más altas temperaturas, indicando que el color y la calidad total del fruto fueron determinadas por el cultivar y las condiciones climáticas.

Igualmente, Jouquand et al. (2008) determinaron que la composición química y especialmente los aromas en la fresa variaron en función de los genotipos y estuvo fuertemente influenciada por la época de cosecha, donde hubo variabilidad de las

condiciones climáticas durante el año; estos autores también demostraron que los componentes volátiles (ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, terpenos y lactonas) deben ser balanceados para garantizar un atractivo sabor a los consumidores.

Pelayo-Zaldivar *et al.* (2005) encontraron resultados similares para los cultivares Aroma, Diamante y Selva, donde hubo variación en color, concentración de antocianinas, SST, ATT, azúcares, pH, ácidos orgánicos y componentes del aroma debido a la época de cosecha y al cultivar. También, Tulipani *et al.* (2008) y Koyuncu y Dilmaçunal (2010) investigaron la actividad de antioxidantes totales medidos a través de las concentraciones de flavonoides totales, antocianinas, vitamina C y contenidos de folatos. Estos compuestos presentaron diferencias altamente significativas en el fruto dependiendo del cultivar y/o componente genético.

Por otra parte, Pérez de Camacaro *et al.* (2011), evaluaron el efecto del manejo hortícola sobre la calidad físico-química de los frutos, aplicando ácido giberélico (AG_3) a plantas de fresa 'Chandler' en la localidad de Tarabana del estado Lara, ubicada a 500 m snm, con temperatura y humedad relativa promedio de 29° C y 68 % respectivamente. Dichos autores encontraron frutos con valores promedios de masa fresca de 5 g y diámetro polar y ecuatorial de 22,6 y 20,39 mm respectivamente; así como contenidos de SST de 5,44 °Brix, pH de 3,83 y 0,94 % de ATT. La variabilidad de las propiedades fisicoquímicas de los frutos fue atribuida a las condiciones climáticas y no al ácido giberélico (AG_3).

En el estado Lara las plantaciones comerciales del cultivo de fresa son escasas, a pesar de poseer áreas que presentan condiciones adecuadas para su desarrollo y producción; en consecuencia son pocos los estudios de calidad de los frutos de fresa en la región.

A tal efecto, en la presente investigación se compara la calidad físico-química y la actividad antioxidante en los frutos de fresa 'Chandler' cultivados y cosechados en las localidades de Páramo Abajo y Paso Real del estado Lara.

Materiales y métodos

Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en las localidades de Páramo Abajo (finca el Matapalo), a una latitud N de 9° 49' y 69° 32' W, y Paso Real (finca el Pedregal), a una latitud N de 9° 47' y 69° 35' W, ubicadas a 1200 m snm en la parroquia Diego de Lozada del municipio Jiménez del estado Lara. Los factores climáticos (temperatura, irradiancia y la humedad relativa) de las zonas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables climáticas de las localidades Páramo Abajo y Paso Real en el estado Lara

Localidad	Irradiancia ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Humedad Relativa (%)	
		Máx.	Min.	Máx.	Min.
Páramo Abajo	800	25	18	70	30
Paso Real	1000	28	20	60	26

Datos registrados durante los 12 meses del año 2012 en las dos localidades

La irradiancia fue medida semanalmente usando un fotómetro portátil marca LI-COR Modelo LI-250 entre las 11:00 am y 12:00 m, obteniendo un promedio de tres valores distribuidos a lo largo del sitio del ensayo. La temperatura y la humedad relativa fueron cuantificadas simultáneamente con la irradiancia usando un medidor portátil Termo - Hygromo del 11-661-13 Fisher Scientific.

Origen de las muestras

Los frutos de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch) del cultivar Chandler cosechados en las dos localidades que constituyeron los tratamientos, provinieron de plantas obtenidas de cultivos *in vitro*, aclimatizadas (adaptadas a condiciones diferentes de ambiente) (Soule 1985), durante dos meses bajo umbráculo y colocadas en maceteros plásticos (de 13 cm de profundidad por 16 cm de diámetro) con un sustrato de vermicompost + arena + cáscara de arroz (1:2:2 v/v) en el Posgrado de Agronomía, UCLA.

Las plantas fueron llevadas a campo abierto a los dos meses de edad para su desarrollo y producción durante un año en las dos localidades antes mencionadas. Durante el periodo de producción, los frutos fueron recolectados durante los meses de mayo y junio de 2012, y cosechados en madurez organoléptica, completamente coloreados, uniformes y sin daños aparentes de insectos plagas y enfermedades. Posteriormente, fueron trasladados bajo refrigeración para su análisis en el laboratorio de Poscosecha del Posgrado de Agronomía de la UCLA.

Evaluación de la calidad físico-química

La evaluación de la calidad físico-química fue realizada en 5 repeticiones de 20 frutos para cada variable, para un total de 100 frutos por localidad.

Las variables físicas fueron: masa fresca pesada con el uso de una balanza analítica de 0,01 g de apreciación y diámetro polar y ecuatorial medido con un vernier (COVENIN 1984). El color de los frutos se determinó usando un equipo Hunter Lab marca Color Flex, en el cual se cuantificaron los Índices $L^* a^* b^*$, chroma y hue (CIE-LAB). Los índices nos ubican dentro de la cromaticidad de colores, donde a^* [(po-

sitivo=rojo; negativo=verde], b^* [(positivo=amarillo; negativo=azul], L^* [luminosidad - brillo, 100=blanco; 0=Negro], Hue constituye el ángulo que ubica el color en el espectro visible y el Chroma indica la intensidad y pureza del color (McGuire 1992).

Las variables químicas fueron: contenido de sólidos solubles totales (SST, °Brix) determinados con un refractómetro digital Atago PR-101 (0 – 45 %), acidez total titulable (ATT) expresada en porcentaje (%) de ácido cítrico obtenida por valoración con NaOH 0,1 N hasta punto final de pH 8,1, con un potenciómetro marca Orion modelo 520-A, con el que también se midió el pH (COVENIN 1984, A.O.A.C. 1984).

Actividad antioxidante

Los antocianos y fenoles se cuantificaron por el método descrito por Iland (2004) mientras que la vitamina C se midió por el método 2,6 Diclorofenolindofenol (COVENIN 1984). La actividad antioxidante de los frutos se estableció en función a los contenidos de antocianos, polifenoles y vitamina C (Wang y Lewers 2007, Giampieri *et al.* 2012, Voca *et al.* 2014).

Los datos fueron procesados estadísticamente bajo un diseño completamente al azar a través de análisis de varianza y prueba de Tukey. Se realizó una correlación de Pearson entre la concentración de antocianinas y los índices del color, utilizando el programa Statistix versión 8.

Resultados y discusión

Las variables físico-químicas de los frutos de fresa en estudio se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables físico-químicas de los frutos de fresa cultivar Chandler en dos localidades del estado Lara

Localidad	Variables físicas y químicas					
	MF (g)	DP (mm)	DE (mm)	SST(°Brix)	pH	ATT (%)
Paso Real	12,0 a	37,23 a	24,44 a	7,47 a	3,47 a	1,19 a
Paramo Abajo	11,0 b	35,08 b	25,52 a	7,55 a	3,67 a	1,22 a

MF: masa fresca. DP: diámetro polar. DE: diámetro ecuatorial. SST: sólidos solubles totales, ATT: acidez total titulable. Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Se observaron diferencias significativas entre las localidades, para las variables físicas de masa fresca y diámetro polar, con los mayores valores de 12 g y 37, 23 mm respectivamente para los frutos de Paso Real, en contraste con los más pequeños y redondeados obtenidos en Páramo Abajo, los cuales experimentaron disminu-

ciones de masa fresca y diámetro polar de 8 y 5 %, respectivamente. Por otra parte, el diámetro ecuatorial y las propiedades químicas no presentaron diferencias significativas (Tabla 2). Sin embargo, cabe destacar que las variables químicas de los frutos en la localidad de Páramo Abajo tienden a presentar mayores promedios.

La calidad físico-química obtenida en los frutos de fresa cultivar Chandler, de las dos localidades puede ser considerada aceptable comercialmente al presentar una masa fresca superior a 6 g y diámetros mayores a los rangos entre 18 y 25 mm que se corresponden con las categorías Extra, I y II, según las especificaciones de los estándares de calidad de la Unión Europea (Pérez y Sanz 2008). Igualmente, para alcanzar un sabor aceptable en fresas solo se requiere de un contenido mínimo de sólidos solubles totales de 7 °Brix, y 0,8 % de acidez titulable (Jouquand et al. 2008, Ali et al. 2011), siendo estos valores de calidad superados por los frutos de este estudio.

Los frutos con dimensiones superiores que se obtuvieron en Paso Real podrían deberse a que en dicha localidad se registraron consistentemente mayores valores de irradiancia (Tabla 1), lo cual conllevó a una mayor tasa de fotosíntesis y distribución de asimilados hacia los frutos (Taiz y Zeiger 2010).

En tal sentido, Kadir et al. (2006) reportaron para el cultivar Chandler una relación directa de la acumulación de materia seca con las tasas de fotosíntesis, señalando que las mayores producciones de fresas del cultivar Chandler fueron obtenidas a temperaturas diurnas inferiores a 30° C, como las registradas en este estudio (Tabla 1). Según estos autores, las altas temperaturas produjeron daños irreversibles en el fotosistema II, además de la reducción del área foliar, raíces y biomasa total, reportando una temperatura adecuada diurna de 20° C y nocturna de 15° C para la acumulación de fotoasimilados y la producción del fruto en este cultivar.

Las variables físico-químicas en esta investigación mostraron resultados superiores a los encontrados por Pérez de Camacaro et al. (2011) para el mismo cultivar en la localidad de Tarabana, estado Lara, sugiriendo la importancia de las condiciones climáticas sobre la variabilidad y determinación de las propiedades de calidad en los frutos. A tal efecto, la tendencia observada de valores promedios más altos de las variables químicas (SST y ATT) en los frutos cosechados en Páramo Abajo pudieran estar asociados con menores temperaturas (Tabla 1).

En este sentido, el proceso fisiológico de la respiración es directamente proporcional al efecto de la temperatura, por lo tanto bajas temperaturas implican menos degradación de sustratos respiratorios, como son los azúcares y ácidos orgánicos, permitiendo una mayor acumulación de los mismos en los frutos (Rasmusson et al. 2014).

Por otra parte, la Tabla 3 muestra diferencias significativas para las concentraciones de antocianinas, polifenoles y vitamina C entre los frutos de las dos localidades.

Tabla 3. Antocianinas, polifenoles totales y vitamina C en los frutos de fresa cultivar Chandler en dos localidades del estado Lara

Localidad	Antocianinas (mg/100 g)	Polifenoles Totales (mg/100 g)	Vitamina C (mg/100 g)
Paso Real	8,22 a	15,63 a	44,17 b
Páramo Abajo	4,57 b	11,83 b	61,14 a

Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Los valores de antocianinas y polifenoles fueron superiores en la localidad de Paso Real con 8,22 y 15,63 mg/100 g, representando una diferencia del 44 y 24 %, respectivamente, en relación con los frutos de Páramo Abajo. En general, la concentración de antocianinas fue baja en relación al rango comprendido entre 15 y 35 mg/100 g, señalado como adecuado para la fresa según Nunes *et al.* (2005).

Las concentraciones de vitamina C fueron significativamente mayores en los frutos de Páramo Abajo con valores de 61,14 mg/100 g; los cuales son superiores a los 58,8 mg/100 g considerados como apropiados en la composición química de las fresas, según lo indicado por Giampieri *et al.* (2012). Asimismo, las concentraciones de vitamina C obtenidas en este estudio son similares a los reportados por Mahmood *et al.* (2012) en frutos del cultivar Chandler.

Diversos autores han reportado que la fresa es un fruto con gran actividad antioxidante por su contenido de antocianinas, fenoles y vitamina C, que le confieren propiedades muy beneficiosas para la salud humana (Del Pozo- Insfran *et al.* 2006, Wang y Lewers 2007, Carvajal de Pabón *et al.* 2012).

Las altas concentraciones de antocianinas y polifenoles totales encontradas en los frutos cosechados en Paso Real pudieran estar asociadas con los mayores promedios de irradiancia y temperaturas registrados en dicha localidad (Tabla 3). Las concentraciones de antioxidantes en los frutos de fresa están controladas genéticamente, es decir, dependiendo del cultivar, pero el potencial de expresión de estos compuestos está condicionado por factores ambientales. En tal sentido, varias investigaciones han reportado un incremento de antocianinas y polifenoles (pelargonidina, cianidina) en condiciones de mayor irradiancia y temperatura (Anttonen *et al.* 2006, Del Pozo- Insfran *et al.* 2006).

Esta respuesta se ha fundamentado en que la síntesis de polifenoles está catalizada por un complejo de enzimas, entre las que se destaca la fenilalanina amonioliasa (PAL) que es activada por la luz y codificada por genes que son inducibles (Carvajal de Pabón *et al.* 2012). Asimismo, Anttonen *et al.* (2006) encontraron una vinculación directa entre la luz y la síntesis de antocianinas como un mecanismo de fotoprotección para minimizar el efecto negativo de los radicales libres en la planta.

En contraste, Del Pozo- Insfran et al. (2006) reportaron consistentemente una asociación negativa entre el incremento de la temperatura del aire, de 12°C a 14°C, para diferentes épocas de cosecha y las concentraciones de vitamina C en frutos de veintidós materiales genéticos de fresa. Los resultados de estos autores son análogos a los encontrados en esta investigación, ya que en los frutos cosechados en Paso Real, localidad donde se registró en promedio una mayor temperatura (Tabla 1), se presentaron menores tenores de esta vitamina.

En la Tabla 4 se presentan los índices de color. Estos índices fueron mayores para los frutos cosechados en Paso Real con valores de L*(44,98), hue (43,53), chroma (44,51), a* (32,12) y b* (30,45), los cuales reflejaron una coloración rojo coral brillante. En Páramo Abajo los valores fueron menores con L* (40,13), hue (40,98), chroma (41,15), a* (31,03) y b* (26,43), presentando una coloración rojo oscuro.

Tabla 4. L*, a*, b*, hue y chroma en los frutos de fresa cultivar Chandler en dos localidades del estado Lara

Localidad	Índices de color				
	L*	hue	chroma	a*	b*
Paso Real	44,98 a	43,53 a	44,51 a	32,12 a	30,45 a
Páramo Abajo	40,13 b	40,98 b	41,15 b	31,03 b	26,43 b

Letras distintas indican diferencias significativas en las columnas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Los valores del ángulo hue confirman la ubicación en el espectro visible del color rojo en los frutos. Los resultados reflejan que en este estudio la localidad, específicamente los factores del clima entre los que se destaca la temperatura, fueron determinantes en la coloración de los frutos (Tabla 1). A tal efecto, estos resultados coinciden con los indicados por Voca et al (2009), quienes encontraron los mayores valores de L* y chroma durante el período de maduración de las fresas cv. Diamante en los días largos y con las más altas temperaturas.

Asimismo, Kadir et al. (2006) reportaron que el color de los frutos del cultivar Chandler es termodependiente, es decir, que el factor determinante de la pigmentación es la temperatura al compararlo con los frutos del cultivar Sweet Charlie cuando las plantas de fresa fueron expuestas a tres regímenes de temperatura diurna y nocturna (20/15 °C, 30/25 °C y 40/35 °C), estableciendo que 20/15 °C fue la más adecuada para calidad.

La Tabla 5 describe una relación positiva entre los índices de color y la concentración de antocianinas, con significancia ($P \leq 0,05$) para L* con un grado de correlación de $r = 0,30$, y el chroma con un $r = 0,32$ mientras que el parámetro b* obtuvo un coeficiente de correlación ($P \leq 0,01$), representando el 40 % de la relación entre el color y la concentración de antocianinas.

Tabla 5. Correlación de Pearson entre la concentración de antocianinas y los índices de color

Coeficiente de Correlación	Índices de Color		
	L*	chroma	b ^a
(r/p)	0,30/0,05	0,32/0,04	0,40/0,01
Significancia	*	*	**

r= Coeficiente de correlación. P= probabilidad estadística (p≤ 0,05)

En este sentido, Voca *et al.* (2014) encontraron alta correlación entre las concentraciones de antocianinas y los parámetros de cromaticidad a*, b*, a*/b*, chroma, L* y hue para los cultivares de fresa Arosa, Elsanta, Marmolada, Miss y Raurica en diferentes épocas de cosecha, señalando que la medición del color puede ser utilizada como un método para monitorear el contenido de antocianinas durante el proceso de maduración del fruto de fresa.

Igualmente, Griesser *et al.* (2008) y Pelayo-Zaldivar *et al.* (2005) reportaron que las concentraciones de antocianinas están asociadas a los índices de color. Estas respuestas se evidenciaron en este estudio, tanto de manera visual como a través de la cuantificación de los parámetros de cromaticidad. Los frutos de la localidad de Paso Real presentaron un color rojo más intenso y brillante, al cual correspondieron valores más altos de los índices de color y donde se encontraron los mayores contenidos de antocianinas.

Conclusiones

Los frutos del cultivar Chandler presentaron atributos físicos como el tamaño, diámetro y color que le confieren una apariencia aceptable; así como propiedades químicas determinadas por el contenido de sólidos solubles totales, pH y acidez total titulable cuyos valores indicaron que son frutos con características apropiadas para el consumo. Asimismo, el contenido de vitamina C y polifenoles mostraron un contenido nutricional y actividad antioxidante que se corresponden con los estándares de comercialización de los frutos de fresa.

La masa fresca, los diámetros polares, la concentración de antocianinas, polifenoles totales y vitamina C en los frutos mostraron variabilidad entre las localidades, indicando que la temperatura y la irradiancia fueron determinantes en la calidad de la fresa.

La correlación positiva entre los índices del color (L *, b*, chroma) y la concentración de antocianinas, sugiere que a través de la cuantificación del color se podría estimar y monitorear de manera fácil y sin destruir los frutos el contenido de esta variable.

Agradecimientos

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centrocidental “Lisandro Alvarado” por la subvención de esta investigación (Proyecto 002-AG-2007). A Agustín Pérez de la finca el Matapalo ubicada en Páramo Abajo y a Moisés Mendoza de la finca el Pedregal ubicada en Paso Real del estado Lara, quienes facilitaron sus instalaciones para la realización de los ensayos.

Literatura citada

- A. O. A. C. 1984. Official method of analysis of the association of agricultural chemists. 14th (ed.) Washington, D.C. Pp. 1018.
- ALI, A., M. ABRAR, M. T. SULTAN, A. DIN Y B. NIAZ. 2011. Post-harvest physicochemical changes in full ripe strawberries during cold storage. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 21(1): 38-41.
- ANTTONEN, M., K. HOPPULA, R. NESTBY, M. VERHEUL Y R. KARJALAINEN. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) fruits. *J. Agric. Food Chem.* 54: 2614-2620.
- ÁLVAREZ-SUÁREZ, J., L. MAZZONI, T. Y. FORBEN-HERNÁNDEZ, M. GASPARRINI, S. SABBADINI Y F. GIAMPIERI. 2014. The effects of pre-harvest and postharvest factors on the nutritional quality of strawberry fruits. A review. *Journal of Berry Research* 4:1-10.
- CARVAJAL DE PABÓN, L. M., C. EL HADI, R. CARTAGENA, C. PELÁEZ, C. GAVIRIA Y C. BENJAMÍN. 2012. Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchense (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 17(1): 37-53.
- COVENIN. 1984. Determinación de la calidad en frutas y productos derivados. Caracas, Venezuela. Pp. 177.
- DEL POZO-INSFRAN, D., C. DUNCAN, K. YU Y S. TALCOTE. 2006. Polyphenolics, ascorbic acid, and soluble solids concentrations of strawberry cultivars and selections grown in a winter annual hill production system. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(1): 89-96.
- GIAMPIERI, F., S. TULIPANI, J. ÁLVAREZ- SUÁREZ, J. QUILES, B. MEZZETTI Y M. BATTINO. 2012. Review: The strawberry: Composition, nutritional quality and impact in human health. *Nutrition* 28: 9-19.
- GRIESSER, M., T. HOFFMAM, M. BELLIDO, C. ROSATI, B. FINK, R. KURTZER, A. AHRANI, J. MUÑOZ-BLANCO Y W. SCHWAB. 2008. Redirection of flavonoid biosynthesis through the down-regulation of an anthocyanidin. Glucosyltransferase in ripening strawberry fruit. *Plant Physiology* 146:1528-1539.

- ILAND, P. 2004. Chemical analysis of grapes and wine: Techniques and concepts 2nd edition. Adelaide. Australia. Pp. 118.
- JOUQUAND, C., C. CHANDLER, A. PLOTTO Y K. GOOGNER. 2008. A sensorial and chemical analysis of fresh strawberries over harvest dates and seasons. Reveals factors that affect eating quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133(6):859-867.
- KADIR, S., G. SIDHU Y K. AL-KHATIB. 2006. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. Hort. Science 41(6): 1423-1430.
- KOYUNCU, M. A. Y T. DILMAÇUNAL. 2010. Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage. Not. Bot. Agrobot. Cluj. 38(3): 95-98.
- LOPES DA SILVA, F., M. ESCRIBANO-BAILÓN, J. PÉREZ-ALONSO, J. RIVAS-GONZALO Y C. SANTOS- BUELGA. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. Food Science and Technology 40(2): 374-382.
- MCGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort. Science 27(12): 1254-1255.
- MAHMOOD, K., F. HASSAN, Q. HASSAN, U. QURESHI, S. CHUGTHAI Y A. SALEEM. 2012. Impact of systems on growth and yield in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv Chandler. Pakistan J. Agric. Res. 25(2): 39-45.
- NUNES, M. C., J. BRECHT, M. MORAISSY Y S. SARGENT. 2005. Possible influences of water loss and polyphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry Cultivar Oso Grande during storage at 1 °C. Journal of Food Science 70(1): 79-84.
- PELAYO-ZALDIVAR, C., S. ELDEBER Y A. KADER. 2005. Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries. Journal of Food Quality 28: 78-97.
- PÉREZ, A. G. Y C. SANZ. 2008. Técnicas de poscosecha, manejo, almacenamiento y transporte de frutos. en: La fresa de Huelva. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (ed.). España. Pp. 223-247.
- PÉREZ DE CAMACARO, M., N. MOGOLLÓN, M. OJEDA Y A. GIMÉNEZ. 2011. Producción y calidad de frutas provenientes de vitroplantas de fresa cultivar Chandler tratadas con ácido giberélico. J. Interamer. Soc. Trop. Hort. 54: 91-94.
- PRADAS, I., J. J. MEDINA, V. ORTIZ Y J. M. MORENO-ROJAS. 2015. 'Fuentepina' and 'Amiga', two new strawberry cultivars. Evaluation of genotype, ripening and seasonal effects on quality characteristics and health-promoting compounds. Journal of Berry Research 5: 157-171.

- RASMUSSEN, A., I. MØLLER Y J. BROWSE. 2014. Respiration and lipid metabolism. en: L. Taiz, E. Zeiger, I. Møller y A. Murphy (eds.). *Plant physiology and development*. Sinauer Associates, Inc. Pp. 317-352.
- SOULE, J. 1985. *Glossary for horticultural crops*. Florida University (ed.). Gainesville, Florida. Pp. 398.
- TAIZ, L. Y E. ZEIGER. 2010. *Plant Physiology*. (6 ed.) Sinauer Associates Inc. Publishers. Massachusetts. Pp. 782.
- TULIPANI, S., B. MEZZETTI, F. CAPOCASA, S. BOMPADRE, J. BEEKWILDER, C. RIC DE VOIS, E. CAPANOGLU, A. BOUY Y M. BATTINO. 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Agric. Food. Chem.* 56: 696-704.
- VOCA, S., J. SIC ZLABUR, N. DOBRICEVIC, L. JAKOBEC, M. SERUGA, A. GALIC Y S. PLIESTIC. 2014. Variation in the bioactive compound content at three ripening stages of strawberry fruit. *Molecules* 19: 10370-10385.
- VOCA, S., N. DOBRICEVIC, J. DRUZIC, B. DURALIJA, M. SKENDROVIC, D. DERMISEK Y Z. CMELIK. 2009. The change of fruit quality parameters in day-neutral strawberries cv. Diamante grown out of season. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 60(3): 248-254.
- WANG, S. Y K. LEWERS. 2007. Antioxidant capacity and flavonoid content in wild strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132(5): 629-637.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

**BOLETÍN DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Vol.50 N° 1_____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en abril de 2016, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve