ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 125-135

EVOLUCIÓN DEL COLOR DEL FRUTO EN VARIEDADES DE PIMIENTO PIMENTONERO. INFLUENCIA DE LA DEFICIENCIA EN POTASIO

M. Boronat
R. Madrid
C. Egea
I. Collados

Dpto. Química Agrícola
Geología y Edafología
Facultad de Química. Universidad de Murcia
Apartado 4021
30071 Murcia
España

RESUMEN

Se estudia comparativamente desde la fructificación hasta la maduración plena del fruto, la evolución del color extraíble del fruto de variedades de pimiento pimentonero, "Americano' y "Fibola', cultivados sobre los sustratos arena y perlita bajo condiciones de fertilización con disolución nutritiva estándar para el cultivo testigo (T) y deficiente en potasio (DK). Los contenidos de clorofilas "a", "b" y "totales" decrecen rápidamente con el desarrollo del fruto en todos los casos, siendo más acentuada a los 60 y 70 días desde el cuajado del fruto, y niveles más bajos para los sectores deficientes. Los niveles de acumulación de carotenoides "rojos", "amarillos" y "totales" crecen rápidamente con la maduración del fruto en todos los casos, alcanzándose los valores máximos de carotenoides "totales" para ambas variedades cultivadas en el sustrato perlita. La relación de carotenoides "rojos" y "amarillos" (R/Y) aumenta con la maduración del fruto en todos los casos (mayor en el testigo) estabilizándose en la etapa final, con niveles iniciales más altos para la variedad "Fibola', siendo finalmente superada (80 días desde el cuajado del fruto) por la variedad "Americano' en mayor medida en el sustrato perlita, lo que evidencia una anticipación en la maduración de "Fibola' sobre "Americano'.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., Cultivo sin suelo, Fertirrigación, Color extraíble.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF THE COLOR OF RED PEPPER FRUIT (aMERICANO AND FIBOLA CV.). INFLUENCE OF THE DEFICIENCY IN POTASSIUM

The development of extractable color of red pepper fruit ("Americano' and "Fibola' cv.) on sand and perlite substrates, low conditions of fertilization with optimized nutrient solutions for the cultivates control and deficient in potassium from the fruit set to the complete maturation, is estudied comparatively. The contents of "a", "b" and "total" chlorophylls decrease quickly with the development of the fruit in all the cases, being high to the 60 and 70 days from of the fruit set, and with most low

levels for the deficient sectors. The levels of accumulation of "red", "yellow" and "total" carotenoids grow quickly with the maturation of the fruit in all the cases, where maximum levels of "total" carotenoids reach for both cultivated varieties in perlite substrate. The ratio "red" and "yellow" carotenoids (R/Y) increases with the maturation of the fruit stabilizing in the end step; with inicialy most high levels for the 'Fibola' variety and for 'Americano' variety in perlite substrate to a great extent in the control to the end of the maturation, what evidence a bigger precocity in the maturation for 'Fibola' variety.

Key words: *Capsicum annuum* L., Soilless, Fertigation, Extractable color.

Introducción

Los dos tipos de pigmentos fotosintéticos que intervienen fundamentalmente en la fotosíntesis son clorofilas y carotenoides. En los vegetales superiores, estos pigmentos se encuentran asociados dentro del cloroplasto, que los contiene en una proporción aproximada de 4-6 % de clorofilas, y alrededor de 2 % de carotenoides (ALMELA *et al.*, 1984; FERNÁNDEZ, 1991). La clorofila es una porfirina que contiene magnesio en su molécula, pigmento fotosintético activo que transforma la energía luminosa en energía química. El principal fotorreceptor en los cloroplastos de las plantas es la clorofila "a", mientras que la clorofila "b" y los carotenoides actúan como pigmentos auxiliares, que captan la luz que no es enteramente absorbida por la clorofila "a", excitándose y transmitiendo la energía acumulada a la clorofila "a". Los carotenoides, (xantofilas y carotenos) responsables del color rojo externo de muchos frutos, son pigmentos solubles en grasas y en disolventes orgánicos.

El fruto del pimiento para pimentón completamente maduro se comporta como una unidad biológica equilibrada, a la cual se llega por una ruta biosintética común, siendo el nivel de regulación de la producción de carotenoides individuales, donde radican las diferencias características de cada variedad (CANDELA *et al.*, 1984; ALMELA *et al.*, 1991).

La maduración del pimiento pimentonero ha sido objeto de interés de numerosos investigadores, no sólo por el cambio de color que experimenta el fruto del verde al rojo, sino por la complejidad de los mecanismos que intervienen en la formación y transformación de numerosos pigmentos carotenoides, hasta llegar al capsanteno, colorante típico de este fruto, a través de las vías de síntesis bioquímicas (ALEMÁN y NAVARRO, 1973; DE LA TORRE y FERRE, 1975; CANDELA *et al.*, 1984; ALMELA *et al.*, 1991).

El contenido pigmentario de las variedades pimentoneras es varias veces superior al de las llamadas tradicionales (pimiento morrón) empleados en la industria del aderezo de alimentos. En la cuantificación de los pigmentos carotenoides "rojos" y "amarillos", separados por cromatografía en capa fina, se han identificado numerosos componentes carotenoides presentes en todas las variedades estudiadas (MÍNGUEZ y GARRIDO, 1984).

El fruto de *Capsicum annuum L.* es un cultivo típico del área mediterránea, donde 'Americano' y 'Fíbola' son las variedades de color rojo tradicionalmente cultivadas en el sureste español, y se destinan funda-

mentalmente a la elaboración de pimentón y oleorresina, ya que constituyen las dos sustancias colorantes naturales más ampliamente usadas en la industria de alimentos. Variedades ricas en carotenoides básicamente rojos, que mejoran la calidad, ya que está íntimamente relacionada con su poder colorante (COSTA, 1991; SORIANO *et al.*, 1990).

El principal parámetro usado para la evaluación comercial de la calidad del pimiento para el pimentón es el color. Se mide normalmente por extracción de los pigmentos con un disolvente orgánico; seguido por cuantificación espectrofotométrica. Entre los métodos más comúnmente utilizados cabe mencionar el denominado ASTA (1968), así como la razón correspondiente a los pigmentos "rojos" y "amarillos", que permite la caracterización y control de los derivados de pimiento (MINGUEZ y GARRIDO, 1984).

La estimación de la calidad de color del pimentón por el método ASTA no detecta la presencia de clorofila, ya que la absorción de este pigmento está lejos de los 460 nm, longitud de onda donde se mide comercialmente la absorbancia del extracto en acetona de los pigmentos (NAVARRO y COSTA, 1993).

La razón entre fracciones carotenoides puede ser considerada constante dentro de los límites normales para productos naturales, aún cuando las variedades de pimiento para pimentón analizadas varíen en su riqueza pigmentaria; este parámetro puede ser utilizado en control de calidad del pimentón y detección de alteraciones debidas a pérdidas en pigmentación por procesos oxidativos o adulteraciones propiciadas por exaltación del color con pigmentos artificiales o naturales añadidos en pimentones comerciales (MÍNGUEZ *et al.*, 1992).

En el presente trabajo se ensaya el desarrollo de variedades de pimiento pimentonero no retenedoras de clorofilas ('Americano' y 'Fibola'), sobre los sustratos arena y perlita, bajo control de las condiciones ambientales del invernadero, con nutrición inicial aplicando disolución nutritiva estándar en todos los sectores, y a partir de la fructificación, por separado, en los sectores testigo (T) con disolución nutritiva optimizada y deficiente en potasio en los restantes (DK), a fin de conocer la influencia en la evolución y acumulación de carotenoides en los frutos, durante la maduración, según fertilización, tipo de sustrato y variedad. Teniendo en cuenta la influencia complementaria de la fertilización potásica respecto al nitrógeno y niveladora en la nutrición del pimiento, más aconsejable la aplicación simultánea de ambos macronutrientes durante el engorde del fruto, al mejorar notablemente la producción y evitar retrasos en la maduración (MADRID *et al.*, 1987), es por lo que se ha procedido a una fertilización deficiente en potasio a partir del cuajado del fruto, a fin de conocer su respuesta en las situaciones indicadas.

Material y métodos

La experiencia se llevó a cabo en invernadero de policarbonato de 8 x 12 m en la parcela experimental de la Universidad de Murcia, utilizando información de un ensayo preliminar realizado con el mismo cultivo (MADRID *et al.*, 1991). En el interior del invernadero fueron controlados parámetros ambientales tales como la humedad relativa y la temperatura a lo largo del ciclo de cultivo mediante ventilación con apertura cenital, refrigeración con termostato regulable (cooling) y humificación con fog-sys-

tem, calefacción de los sustratos (baño termostático con recirculación de agua) y riego localizado automatizado. La humedad relativa se mantuvo entre 60-75 % y el intervalo de temperatura entre 20-30 ºC durante el día y por encima de 14 ºC durante la noche.

Diseño del experimento

El experimento dentro del invernadero consistió en 5 sectores con 2 filas por sector y 8 plantas por fila. El sector 1 se utilizó de pantalla (P) ya que sufre una alta irradiación solar de poniente respondiendo irregularmente a las condiciones ambientales del invernadero; en los sectores 2 y 3 se cultivaron 32 plantas testigo (T) tratadas con disolución nutritiva estándar durante todo su desarrollo y en los sectores 4 y 5 las 32 plantas tratadas inicialmente con la misma disolución nutritiva estándar y con posterioridad con disolución nutritiva deficiente en potasio (DK) a partir de los 10 días del cuajado de los frutos; distribuidas en ambos casos a razón de 16 plantas por sustrato.

Plantación y toma de muestras

Las plántulas permanecieron en el semillero hasta el estado de cotiledones con dos o tres hojas verdaderas, siendo transplantadas a las bandejas con los sustratos ensayados el 20 de marzo. El cuajado del fruto ocurrió a los 70 días después del transplante. La cosecha final fue obtenida el 20 de agosto. Las plantas fueron puestas directamente en las bandejas (8 x 16 x 34 cm) con dos sustratos diferentes arena y perlita.

En cuanto a la toma de muestra, la recogida de los frutos comenzó a los 50 días después del cuajado de los mismos, efectuándose 4 muestreos (uno cada 10 días durante la maduración), tomando 1 fruto al azar de tamaño uniforme por planta, a una altura de 2/3 de la misma.

Disoluciones nutritivas

Las disoluciones nutritivas estándar y deficiente en potasio, utilizadas en los sectores T y DK respectivamente, se describen en el cuadro 1; la deficiencia en potasio se provoca con cierto retraso, de forma paulatina a partir de los 80 días del transplante con ánimo de permitir una adecuada fructificación y cuajado de los frutos. Cada sector (bancadas de 0,5 x 0,8 x 6,7 m y 8 bandejas) recibe de forma independiente disolución nutritiva procedente de depósito de 60 l con agitación programable, a través de instalación con filtros, electroválvulas, conducciones de polietileno (Ø=25 mm), líneas portaemisores (Ø=14 mm), emisores autocompensantes (2 $l \cdot h^{-1}$), bandejas portasustratos con salida de drenaje y una piqueta de goteo por planta (2 $l \cdot h^{-1}$). Es necesario medir a diario la C.E. y el pH en las disoluciones nutritivas y de drenaje y el porcentaje de drenaje.

Métodos analíticos

Las muestras de fruto fueron procesadas, para realizar las posteriores determinaciones de color extraíble. Inicialmente se procede a la limpieza del material vegetal con agua y a continuación secado en estufa a 65 ºC durante 24 horas y a 105 ºC durante 2 horas, procediendo antes y después de los secados, a su molienda, finalmente se conserva en frascos en zona seca preservados de la humedad.

CUADRO 1
DISOLUCIONES NUTRITIVAS: MACRONUTRIENTES (meq(l^{-1}) Y MICRONUTRIENTES (mg(l^{-1})
TABLE 1
NUTRIENT SOLUTIONS: MACRONUTRIENTS (meq(l^{-1}) AND OLIGOELEMENTS (mg(l^{-1})

Estándar	$NH_4Ca(NO_3)_3$	KNO_3	H_2KPO_4	H_2NaPO_4	$MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	K_2SO_4
	9	4	1	1	1,5	1
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,06
Deficiente en	$NH_4Ca(NO_3)_3$	KNO_3	H_2KPO_4	H_2NaPO_4	$MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	K_2SO_4
Potasio	10	3	0	2	1,5	0
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,06

Las clorofilas se extraen a partir del fruto fresco libre de semillas y pedúnculo, con acetona al 80 % (en agua) en homogeneizador durante 10 minutos en baño de hielo; se filtra a vacío a través de un embudo de placa porosa n.º 4, repitiendo la operación hasta que el material quede incoloro. Las medidas se realizaron con un espectrofotómetro de doble haz VIS-UV a las longitudes de onda 663 nm (clorofila "a") y 645 nm (clorofila "b"), utilizando las ecuaciones de ARNON, D.I. (1949) y VERNON, L.P. (1960). Las clorofilas totales se obtienen al sumar "a" y "b".

El contenido de pigmentos carotenoides, expresado como xantofilas "rojas" y "amarillas" se determina previa separación cromatográfica en columna (Ø= 15 mm) rellena de óxido de aluminio 90 estandarizado con un grado de actividad II-III y granulometría 0,063-0,200 mm y adición de Na_2SO_4 anhidro para retener restos de agua. Las eluciones se hacen con Xaro (95 % éter de petróleo y 5 % etanol) y Xama (99 % éter de petróleo y 1 % acetona) para xantofilas "rojas" y "amarillas" respectivamente, y posterior análisis espectrofotométrico a las longitudes de onda 468 nm (rojas) y 448 nm (amarillas). Los carotenoides "totales" se extraen también con éter de petróleo y se determinan en espectrofotómetro a λ = 449 nm.

El método ASTA 20,0 se basa en la extracción de los pigmentos carotenoides (xantofilas "rojas" y "amarillas") con acetona, seguido de cuantificación espectrofotométrica a (= 460 nm , usando coeficiente corrector según la expresión dada a continuación: Unidad de color (ASTA-20) = Absorbancia x 16,4 x If/g de muestra, siendo If un factor de corrección para el aparato.

El análisis estadístico se realizó con el programa Statgraphics 7.0, que aplica según variedad, sustrato y momento de desarrollo letras diferentes que indican diferencias significativas con P≤0,05.

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra la evolución de los niveles de clorofilas "a" y "b" para los

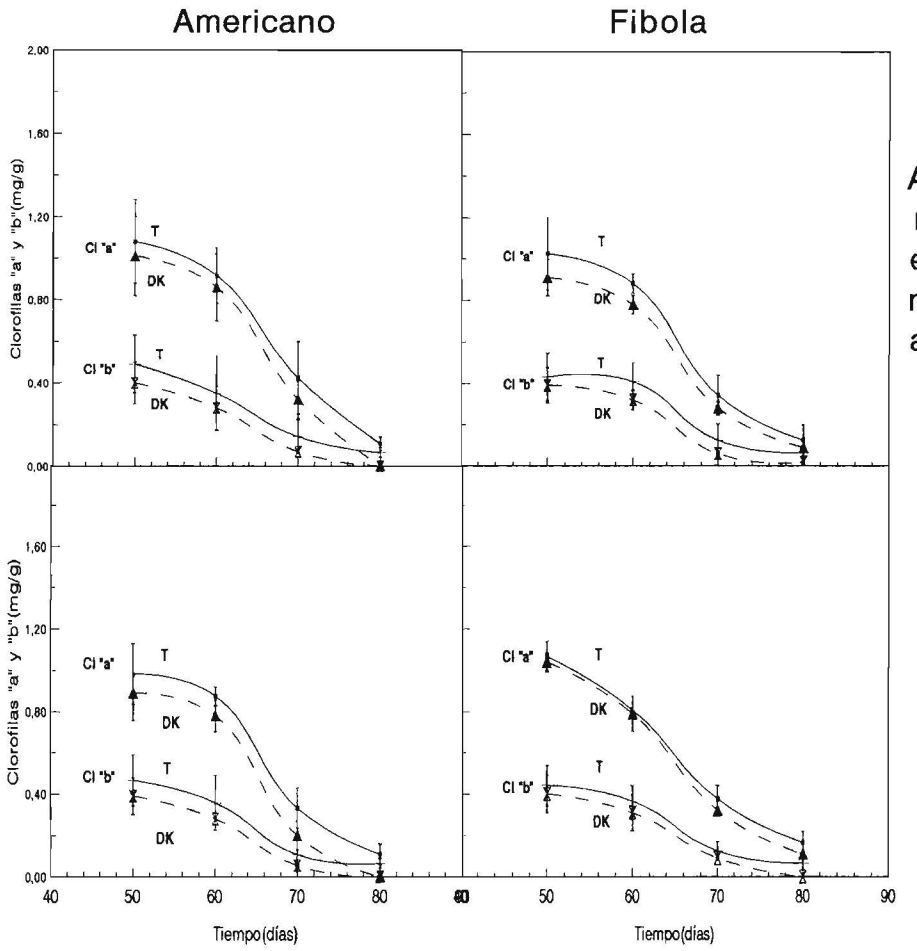


Figura 1. Evolución de clorofilas "a" y "b" en frutos de variedades de pimiento (tesigo-T y deficientes en potasio-DK) sobre los sustratos arena y perlita

Figure 1. Development of "a" and "b" chlorophylls of red pepper fruits (Control-T and deficient in potassium-DK) on sand and perlite substrates

frutos de pimiento testigo y deficientes en potasio de las variedades 'Americano' y 'Fibola', en los sustratos ensayados.

Los contenidos en clorofilas "a" y "b" en frutos de pimiento de ambas variedades, disminuyen fuertemente con su desarrollo, hasta anularse prácticamente en la etapa final de maduración, en todos los tratamientos y sustratos ensayados; en todo momento son mayores los niveles de clorofila "a"; siendo inicialmente la degradación de dicha clorofila más acentuada que para la "b". El establecimiento de las deficien-

cias en las variedades ensayadas provoca una disminución de los niveles de acumulación de clorofilas en los frutos frente al testigo.

En todos los casos, los niveles de acumulación de clorofilas "totales" (figura 2) en frutos de pimiento pimentonero de las variedades 'Americano' y 'Fibola' disminuyen con la maduración, siendo más acusada la degradación en el intervalo de tiempo que va de los 60-70 días, coincidiendo con la formación y acumulación de los pigmentos carotenoides, con niveles mayores para el testigo frente a los deficientes en potasio.

En los sectores deficientes en potasio, los niveles de acumulación de clorofilas "totales" presentan un comportamiento similar al testigo, con respecto a las variedades y sustratos ensayados. Las diferencias más acentuadas entre T y DK corresponden a la variedad 'Americano' en perlita y 'Fibola' en arena.

Los niveles de acumulación de carotenoides "totales" (figura 2), en frutos de pimiento de las variedades ensayadas, crecen rápidamente con la maduración del fruto, al contrario de lo que sucede con las clorofilas "totales", siendo la síntesis y acumulación de estos pigmentos predominante en las últimas etapas de desarrollo del fruto (maduración) correspondiente a los 70-80 días desde el cuajado del mismo; con diferencias más marcadas para ambas variedades en el sustrato arena superiores en 'Fibola'.

En los frutos de pimiento testigo, para ambas variedades 'Americano' y 'Fibola' se presentan los niveles máximos de carotenoides "totales" en el sustrato perlita, y en ambos sustratos ensayados se obtienen los contenidos de carotenoides más altos para la variedad 'Fibola', estimándose un retraso en el tránsito del color verde a pintón de 3 días para la variedad 'Americano' con relación a 'Fibola'. En los sectores deficientes en potasio, la acumulación de carotenoides "totales" es menor que en el testigo para ambas variedades y sustratos ensayados.

En el cuadro 2 se muestran los contenidos en pigmentos carotenoides "rojos" y "amarillos" durante la etapa de maduración, para las variedades, los tratamientos y sustratos ensayados. Los pigmentos "rojos" se acumulan en mayor cuantía que los "amarillos" en todos los tratamientos, produciéndose un aumento considerable de los niveles de xantofilas "rojas" y "amarillas" en la etapa de maduración correspondiente a los 60-80 días desde el cuajado de los frutos; indicativos de la calidad alcanzada para cada variedad según sustratos y tratamientos ensayados.

En todos los casos, los niveles de xantofilas "rojas" en 'Fibola' son superiores a los de 'Americano', excepto en el testigo a los 80 días, que presenta el valor máximo la variedad 'Americano' para el sustrato perlita. Un comportamiento similar muestra la evolución de las xantofilas "amarillas", alcanzando contenidos más elevados al final de la maduración para la variedad 'Fibola' y en el sustrato perlita.

En general, para el testigo los contenidos más altos de carotenoides "totales" (R + Y) son ligeramente superiores para las variedades cultivadas en arena, excepto al final del proceso de maduración (80 días desde el cuajado), mientras que en los sectores deficientes, suelen ser algo mayores para las variedades cultivadas en perlita excepto, para ambas variedades, a los 60 días.

La evolución de la relación R/Y (cuadro 2) muestra un crecimiento, en todos los casos, con la maduración de los frutos, encontrándose diferencias significativas entre variedades, siendo superiores para

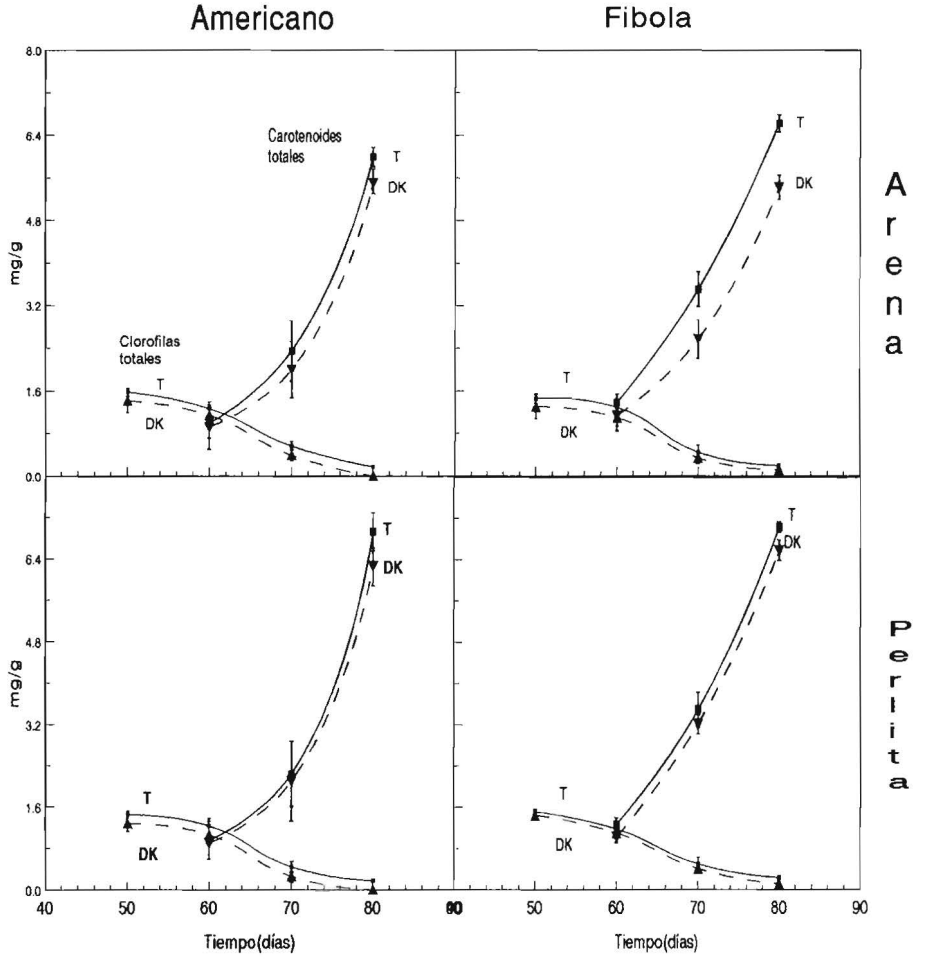


Figura 2. Evolución de clorofilas y carotenoides "totales" en frutos de variedades de pimiento (tesitgo-T y deficientes en potasio-DK) sobre los sustratos arena y perlita

Figure 2. Development of total chlorophylls and carotenoids in red pepper fruits varieties (control-T and deficient in potassium-DK) on sand and perlite substrates

'Fibola' en el intervalo de tiempo de los 60-70 días en todos los casos, exceptuando la etapa final de maduración (80 días) donde la variedad 'Americano' presenta niveles más elevados para el testigo en perlita (10,09-12,31) y para los deficientes en potasio en arena (10,38-11,50).

Para todos los tratamientos ensayados, las unidades ASTA (Cuadro 2) se incre-

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DE CAROTENOIDES (PIGMENTOS ROJO-R, AMARILLOS-Y Y EL COCIENTE ROJOS/AMARILLOS-R/Y) Y UNIDADES ASTA EN FRUTOS DE PIMIENTO, PARA LAS VARIEDADES AMERICANO Y FIBOLA, EN ARENA Y PERLITA (TESIGO-T Y DEFICIENTES EN POTASIO-DK)

TABLE 2
DEVELOPMENT OF CAROTENOIDS (RED-R AND YELLOW-Y PIGMEN CONTENTS, AND THE R/Y RATIO) AND ASTA UNITS IN PEPPER FRUITS AMERICANO AND FIBOLA VARIETIES ON SAND AND PERLITE (CONTROL-T AND POTASSIUM DEFICIENTS-DK)

Días después del cuajado	Cultivar	Sustrato	Carotenoides (mg/g)			ASTA
			R	Y	R/Y	
* Testigo (T)	Americano	Arena	0,82 a	0,17 b	4,82 a	39,10 b
		Perlita	0,81 a	0,15 b	5,40 a	43,20 a
60	Fibola	Arena	1,26 c	0,12 c	10,50 c	42,36 a
		Perlita	1,12 b	0,14 b	8,00 b	45,73 b
	Americano	Arena	2,04 a	0,31 b	6,58 a	97,10 a
		Perlita	1,93 a	0,31 b	6,23 a	98,19 a
70	Fibola	Arena	3,24 b	0,27 a	12,00 b	118,30 b
		Perlita	3,22 b	0,27 a	11,93 b	144,97 c
	Americano	Arena	5,44 a	0,54 a	10,09 b	174,40 a
		Perlita	6,40 b	0,71 b	8,90 a	230,20 d
*Def. K (DK)	Americano	Arena	0,80 a	0,12 a	6,67 b	33,70 a
		Perlita	0,77 a	0,13 a	5,92 a	39,30 b
60	Fibola	Arena	0,98 c	0,15 c	6,54 b	38,20 b
		Perlita	0,89 b	0,13 b	6,85 b	35,60 a
	Americano	Arena	1,80 a	0,20 a	9,00 b	94,60 a
		Perlita	1,84 a	0,26 b	7,08 a	95,20 a
	Americano	Arena	5,06 a	0,44 a	11,50 b	164,00 a
		Perlita	5,71 b	0,55 b	10,38 b	164,60 a
80	Fibola	Arena	4,84 a	0,58 b	7,72 a	159,10 a
		Perlita	5,91 b	0,66 b	8,95 a	214,10 c

Letras diferentes indican diferencias significativas al $P \leq 0,05$, al utilizar el test de rango múltiple Ducan, aplicado por variedad y sutrato.

Mean separation within each columns aplicated per substrate and varietie by Duncan's multiple range test at P = 0,05.

mentan con el proceso de la maduración, donde la variedad 'Fibola' presenta valores más altos que 'Americano' en todas las fechas muestreadas, encontrándose para ambas variedades unidades ASTA más elevadas en el sustrato perlita. Las unidades

ASTA al final del proceso de maduración (80 días desde el cuajado) para los diferentes tratamientos ensayados son por orden decreciente: testigo (174,40-230,20) > deficientes en potasio (159,10-214,10).

Conclusiones

Los contenidos en clorofilas "a", "b" y "totales" decrecen rápidamente con el desarrollo del fruto en todos los tratamientos, siendo más acentuada su degradación entre los 60 y 70 días desde el cuajado del fruto y con niveles de acumulación más bajos para los sectores deficientes frente al testigo.

Los niveles de acumulación de carotenoides "amarillos", "rojos" y "totales" crecen rápidamente con la maduración del fruto en todos los casos, más acentuada en la etapa final de maduración. Los máximos niveles de carotenoides "totales" para ambas variedades se presentan en el sustrato perlita; más elevados en cualquier caso para la variedad 'Fibola'. Estimándose para la variedad 'Americano' un retraso en el viraje del verde a pintón de 3 días con respecto a 'Fibola'.

La razón correspondiente a los carotenoides "rojos" y "amarillos" (R/Y) aumenta con la maduración del fruto estabilizándose en la etapa final; con niveles más altos inicialmente para la variedad 'Fibola', modificando su comportamiento en la etapa final de la maduración, con niveles mayores para la variedad 'Americano' en el sustrato perlita. Lo que indica una anticipación en la maduración para 'Fibola', que es alcanzada y superada en el momento del corte del fruto por 'Americano'.

Las unidades de color ASTA aumentan con la maduración, presentando valores más altos la variedad 'Fibola' en todos los sectores y fechas muestreadas. Para ambas variedades la respuesta en el sustrato perlita es significativamente superior a la encontrada en arena.

La fertilización deficiente en potasio ejerce respecto a la solución nutritiva optimizada efectos negativos en la etapa de fructificación, viéndose afectados la precocidad y la calidad comercial esperada en el momento del corte del fruto, al disminuir la síntesis y acumulación de los pigmentos carotenoides.

Bibliografía

ALEMÁN J.; NAVARRO, F., 1973. Estudio químico físico de las variedades de pimentón *Capsicum annuum* cultivadas en Murcia. Ed. CEBAS, Murcia, 100 pp.

ALMELA, L., LÓPEZ-ROCA J. M., MADRID R., 1984. Fertigation localisée en prunus. II. Evolution saisonnière des nutrients et pigments photosyntetic en feuille et fruits. Optimisation de la nutrition des plantes. 3, 713-720.

ALMELA L., LÓPEZ-ROCA J.M., CANDELA M.E., ALCÁZAR M.D., 1991. Carotenoid composition of new cultivars of red pepper for paprika. J. Agric. Food Chem. 39, 1606-1609.

ARNON D.I., 1949. Copper enzymes isolated chloroplast. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24, 1-6.

ASTA, 1968. Official analytical method of the American Spice Trade Association. 2nd ed., Englewood Cliffs, New Jersey: ASTA.

CANDELA M.E., LÓPEZ M., SABATER F., 1984. Carotenoids from *Capsicum annuum* fruits: Changes during ripening and storage. Biol. Plant. 26, 410-414.

COSTA J.C., 1991. Pimiento pimentonero. Estado actual y perspectiva de futuro en la Región de Murcia. Agrícola Vergel / Abril, 232-235.

DE LA TORRE M.C., FERRE R. 1975. Carotenoides del pimentón. An. Bromatol. 28 (2), 149-195.

FERNÁNDEZ J.A., 1991. Determinación de pigmentos fotosintéticos y caracterización del enzima clorofilasa de hojas de *Citrus Limon* deficientes en hierro. Evolución con el grado de clorosis Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 222 pp.

MADRID R., GALLEGO J.M., COSTA F.C., GALLEGO J., 1987. Niveles de elementos minerales en hoja, cáscara y semilla de variedades de pimiento para pimentón, desarrolladas en invernadero y campo. VII Congreso Nacional de Química (Química Agrícola y Alimentación), Sevilla. Vol. III, 181-187.

MADRID R., FERRER C., COSTA J., MARÍN A.J., 1991. Evolución de la concentración de elementos minerales durante el desarrollo y maduración de pimiento (Capsicum annuum, L.) bajo fertirrigación. Proceedings II Congreso Nacional de Fertirrigación, I, 307-312.

MÍNGUEZ M.I., GARRIDO J., 1984. Pepper for paprika (Capsicum annuum). Ratio between the red and yelow carotenoid pigments. Grasas y aceites 35, 4-10.

MÍNGUEZ M.I., JARÈN M., GARRIDO F., 1992. Color Quality in Paprika. J. Agric. Food Chem. 40 (12), 2384-2388.

NAVARRO F., COSTA J., 1993. Nota. Evolución del color de pimentón por colorimetría de triestímulos. Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment. 33 (4), 427-434.

SORIANO M.C., NAVARRO F., COSTA J., 1990. Caracterización de nuevos cultivares de pimiento para pimentón. Agric. Vergel. Aug, 630-632.

VERNON L.P., 1960. Spectrophotometric determination of chlorophyll and pheophytins in plants extracts. Anal. Chem. 32, 1144-1150.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)