

## INFLUENCIA DEL TIPO DE CULTIVO EN EL COLOR Y EL CONTENIDO EN PIGMENTOS DE DIFERENTES VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Eva Borghesi<sup>1</sup>, M. Lourdes González-Miret<sup>2</sup>, M. Luisa Escudero-Gilete<sup>2</sup>, Antonio J. Meléndez-Martínez<sup>2</sup>, Fernando Malorgio<sup>1</sup>, Francisco J. Heredia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Universidad de Pisa.

<sup>2</sup> Laboratorio de Color y Calidad de Alimentos, Universidad de Sevilla  
www.color.us.es; evaborghesi@libero.it

### Resumen:

En este trabajo se evalúa el color y la composición en pigmentos (carotenoides y antocianinas) de diferentes variedades de tomates (domésticos y especies de alto contenido antociánico) cultivados en invernaderos por medio de técnicas hidropónicas, tratando de establecer diferencias en función de sus características colorimétricas, tanto de la superficie (externo) como de la pulpa (interior).

**Palabras clave:** tomate, color, pigmentos, carotenoides, antocianos

### INTRODUCCIÓN

La coloración roja de la mayoría de las variedades de tomate es debida a la presencia de licopeno, pigmento carotenoides presente tanto en la piel como en la pulpa. Algunas variedades de tomate tienen coloración negra en la superficie expuesta al sol, debido a la presencia de antocianos. En estos frutos existe un gen dominante *anthocyanin fruit* (*Aft*) que induce esta pigmentación por estimulación tras la exposición al sol. Este gen se ha introducido en tomates domesticados, por hibridación inespecífica con *Solanum chilense* [1]. Asimismo, el gen *atrorosea* (*Atv*), que incrementa el nivel de antocianos en tejidos vegetativos, deriva de la introgresión desde *Solanum cheesmaniae*. Del cruce *Atv x Aft* se obtiene un fenotipo, *Sun Black*, con pigmentación del pericarpio púrpura oscuro debido al gran incremento de antocianos en la epidermis del fruto.

El cultivo hidropónico en invernadero es muy útil en la mejora de la producción de frutos como el tomate, ya que el tipo de disolución nutritiva utilizada en el cultivo puede inducir modificaciones en su composición. En este estudio se usa el cultivo hidropónico para evaluar los cambios de color y de pigmentos de diferentes variedades de tomate, debido al estrés salino.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestras:** El estudio se ha llevado a cabo sobre cuatro variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.): *Ailsa Craig* (Ag), y otras tres con antocianos en la superficie (piel), *Anthocyanin fruit type* (*Aft*), *Atrorosea tomato* (*Atv*) y *Sun Black* (Sb). Los tomates crecieron en cultivos hidropónicos, y el experimento consistió en evaluar los efectos de dos niveles de salinidad de la disolución nutritiva: un cultivo control (C) (3.5 mS/cm) y otro con tratamiento salino (S) (5.5 mS/cm), utilizando tres replicados (tres plantas) de cada uno de ellos. Los frutos se recolectaron cuando presentaron color rojo (estado de madurez comercial), en el que habitualmente son consumidos.

**Métodos.** Los pigmentos del tomate se extrajeron siguiendo los métodos de Mes [2] para los antocianos y Fraser *et al.* [3] para los carotenoides. Los carotenoides se analizaron mediante HPLC-PDA y los antocianos por HPLC-MS. Previamente, se realizó la medida del color y la captura de la imagen de cada fruto mediante el sistema DigiEye [4], consistente en una cámara

digital (Nikon D80) acoplada a una cabina de iluminación cerrada, con un emulador del iluminante D65, todo ello gobernado por software específico. Se tomaron imágenes del exterior y del interior de cada fruto, previa homogeneización (o trituración) de la pulpa y la piel. A partir de la imagen, se calcularon las variables de color del espacio CIELAB (CIE, 1978) mediante el software CromaLab® [5]. Se tomaron imágenes de 3 frutos de cada variedad de tomate. El tratamiento estadístico de los datos se realizó con Statistica 8.0.

## RESULTADOS

Los mayores valores de licopeno se dieron para la variedad Atv ( $748.7 \pm 68.41 \mu\text{g/g}$  de liofilizado) y los menores en Aft ( $252.6 \pm 39.46 \mu\text{g/g}$  de liofilizado), encontrándose, en la mayoría de los casos, un aumento de la concentración de este pigmento en los frutos de plantas cultivadas en estrés salino. El tratamiento salino también incrementó el contenido en antocianos en la piel de los frutos de la variedad Sun Black, siendo el contenido medio, expresado como malvidina 3-glucósido, el doble que en el caso del cultivo control ( $479.35 \pm 15.77$  y  $298.57 \pm 12.36 \mu\text{g/g}$  de liofilizado).

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de las variables colorimétricas CIELAB de la piel (e) y del homogeneizado (i), obtenidos para las cuatro variedades de tomate estudiadas, y en los dos sistemas de cultivo.

**Tabla 1.** Valores medios de las variables CIELAB para cada variedad de tomate, en los dos tipos de cultivo, tanto de la superficie (e) y como del interior (i) del fruto.

Color	Ag		Aft		Atv		Sb	
	C	S	C	S	C	S	C	S
$L^*_{(e)}$	36.61±0.51	36.64±0.66	50.70±0.57	48.67±0.62	33.18±3.77	35.85±1.51	37.58±9.22	31.31±2.76
$a^*_{(e)}$	38.10±0.41	39.15±2.26	47.55±0.69	46.58±0.50	36.79±5.10	43.15±0.98	31.41±13.68	15.83±5.61
$b^*_{(e)}$	29.34±0.26	28.90±1.31	38.37±0.75	36.33±1.60	34.69±4.20	37.90±1.08	24.80±10.65	13.07±2.95
$C^*_{ab(e)}$	48.18±0.16	48.71±2.57	61.14±0.06	59.11±0.60	50.65±6.55	57.48±1.32	40.06±17.32	20.68±6.17
$h_{ab(e)}$	37.45±0.53	36.34±0.35	38.86±0.92	37.87±1.53	43.57±1.01	41.32±0.64	38.32±0.26	41.83±5.65
$L^*_{(i)}$	39.28±0.03	43.62±1.56	40.79±0.04	41.05±0.13	41.68±0.36	36.95±1.36	36.93±0.31	45.68±0.30
$a^*_{(i)}$	43.08±0.13	40.37±0.46	44.85±0.16	45.18±0.30	42.72±0.10	45.39±0.74	40.18±0.11	34.92±0.18
$b^*_{(i)}$	40.06±0.07	39.21±0.15	36.80±0.07	37.71±0.03	40.77±0.05	37.32±0.38	33.48±0.10	33.58±0.12
$C^*_{ab(i)}$	58.90±0.13	56.37±0.25	58.04±0.07	58.90±0.24	59.10±0.11	58.80±0.80	52.30±0.15	48.49±0.20
$h_{ab(i)}$	42.88±0.06	43.91±0.30	39.27±0.02	39.80±0.13	43.63±0.08	39.32±0.10	39.72±0.05	43.80±0.08

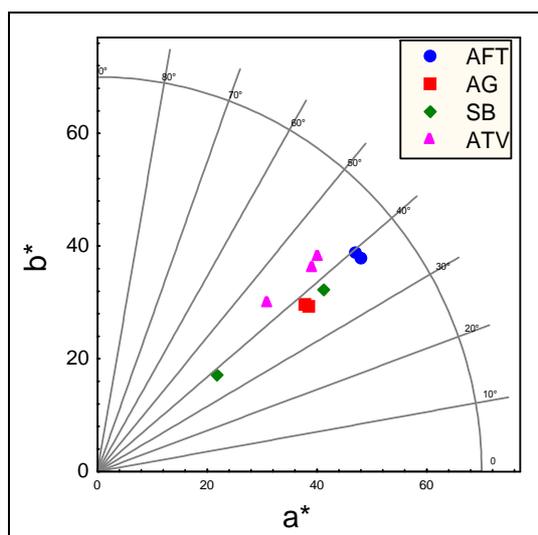
**Color exterior.** En el diagrama  $a^*b^*$  (Figura 1) se observa una cierta separación en el color de las muestras en función de la variedad de tomate. Las mayores diferencias de color para una misma variedad se observan en Sun Black, lo que podría ser atribuible a la importante acumulación de antocianos que posee esta variedad. Los valores más altos de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $C^*_{ab}$  se observaron en la variedad Aft. Respecto a  $h_{ab}$ , la variedad Atv mostró una importante desviación sobre el resto de las variedades, que presentaron, en general, valores similares de tono.

El tipo de tratamiento no parece ejercer influencia importante en el color externo de los tomates, a excepción de la variedad Sb, donde se observó una clara disminución de todos los parámetros colorimétricos, salvo del tono, como consecuencia del tratamiento salino, aunque se dieron pequeñas diferencias en algunas variedades.

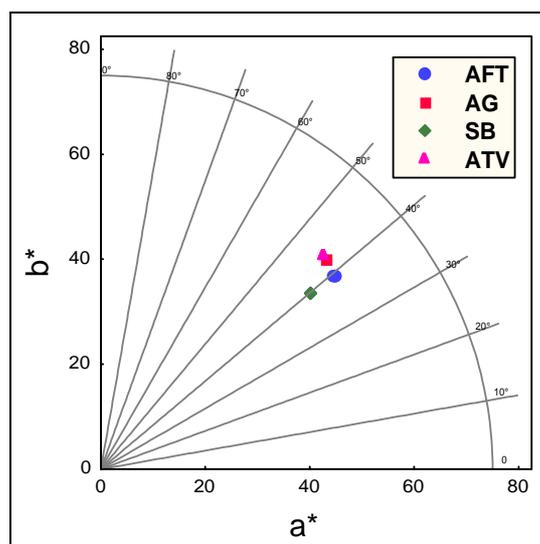
**Color del homogeneizado:** El color del homogeneizado podría considerarse el color global del fruto ya que incluye tanto la piel como la pulpa. Las muestras de las variedades Sb y Aft muestran una clara diferencia en el diagrama  $a^*b^*$  (Figura 2) con las variedades Ag y Atv, las cuales presentan valores similares de las coordenadas de color  $a^*$  y  $b^*$ . Estas diferencias fueron

significativas ( $p < 0.001$ ) respecto a la variedad y al tratamiento, así como la interacción de ambos factores (variedad y tratamiento) ( $p < 0.001$ ).

El homogeneizado de frutos de Sun Black presentó valores similares de tono  $h_{ab}$  y menores valores de croma  $C^*_{ab}$  y de claridad  $L^*$  que la variedad Aft. Las variedades Ag y Atv mostraron valores similares de croma, con valores de  $h_{ab}$  correspondiente a un tono amarillo-anaranjado. Por otro lado, la variedad Sun Black presentó mayores valores de claridad  $L^*$  en las plantas cultivadas en condiciones de estrés salino, y menores en los de cultivo control.



**Figura 1** Color del exterior de los frutos de las cuatro variedades de tomate.



**Figura 2.** Color del homogeneizado de pulpa y piel de las cuatro variedades de tomate.

El tratamiento nutritivo (control y salino) no produjo diferencias para la claridad  $L^*$  y la coordenada  $a^*$  en la variedad Aft, mientras que sí se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto al croma  $C^*_{ab}$ , el tono  $h_{ab}$ , y la coordenada  $b^*$ , siendo mayores en las frutas cultivadas con disolución salina.

En la variedad Atv,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $h_{ab}$  fueron mayores en el cultivo control, sin diferencias significativas en  $C^*_{ab}$ . En la variedad Ag, el homogeneizado de los frutos del cultivo salino tuvo los mayores valores de tono y claridad, pero menores valores de croma que el de cultivo control.

Para determinar la influencia global del tipo de tratamiento en el color de los frutos se han calculado las diferencias de color  $\Delta E^*_{ab}$  entre las muestras control y las cultivadas en estrés salino, así como las correspondientes contribuciones de cada componente  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*_{ab}$  y  $\Delta h_{ab}$ , en esta diferencia (Tabla 2).

**Tabla 2.** Diferencias de color debidas al tratamiento salino en el cultivo, para cada variedad de tomate.

Variedad	Exterior				Homogeneizado			
	$\Delta E^*_{ab}$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*_{ab}$	$\Delta h_{ab}$	$\Delta E^*_{ab}$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*_{ab}$	$\Delta h_{ab}$
Ag	1.13	0.03	0.53	-1.03	5.19	-4.32	2.53	1.03
Aft	3.03	2.03	2.03	0.99	1.00	-0.26	-0.86	-0.53
Atv	7.61	-2.67	-6.83	2.25	6.40	4.73	0.30	4.31
Sb	20.49	6.27	19.38	-3.51	10.2	-8.75	3.81	-4.08

Considerando el color externo, se encontraron importantes diferencias respecto a las variedades Aft, Sb y Atv. En estos casos, la principal diferencia se debió, principalmente, a modificaciones de croma ( $\Delta C^*_{ab}$ ). Para el color del homogeneizado, las diferencias de color ( $\Delta E^*_{ab}$ ) fueron en general menores que en el exterior, aunque, excepto para la variedad Aft, las diferencias observadas presentaron valores apreciables a simple vista (superiores a 3 unidades CIELAB). En este caso, las modificaciones se debieron, principalmente a cambios en la claridad ( $\Delta L^*$ ), especialmente en la variedad Sb, y del tono ( $\Delta h_{ab}$ ).

Considerando conjuntamente todas las variables de color, no se encontraron relaciones directas entre el color de la piel y del homogeneizado de la fruta.

## CONCLUSIONES

El estudio confirma la importancia del genotipo en la determinación del contenido en pigmentos y del color de las diferentes variedades de tomate. Por otro lado, se ha comprobado que cambios en la concentración salina de la disolución nutritiva pueden influenciar la concentración de compuesto fitoquímicos como carotenoides y antocianos, responsables del color de los frutos, como se pone de manifiesto con los resultados colorimétricos. Estos resultados son de interés para la mejora de la aceptabilidad y del contenido en compuestos bioactivos de tomates mediante el uso de adecuadas técnicas agronómicas.

## REFERENCIAS

- [1] S. Gonzali, A. Mazzucato, P. Perata. "Purple as a tomato: towards high anthocyanin tomatoes". *Trends in Plant Science* 14, 5, 237-241(2009)
- [2] P.J. Mes, P. Boches, J.R. Myers. "Characterization of Tomatoes Expressing Anthocyanin in the Fruit". *J. Americ. Soc. Hort. Sci.* 133, 2, 262-269 (2008).
- [3] P. Fraser, M.E.S Pinto, D.E. Holloway, P.M Bramley. "Application of high-performance liquid chromatography with photodiode array detection to the metabolic profiling of plant isoprenoids". *The Plant Journal* 24, 4, 551-558 (2000).
- [4] M.R. Luo, C.G. Cui, C. Li. (2001). British Patent (Application No. 0124683.4) entitled apparatus and method for measuring colour (DigiEye System), Derby University Enterprises Limited, 4 October.
- [5] F.J. Heredia, C. Álvarez, M.L. González-Miret, A. Ramírez. Cromalab Análisis de color. Registro General de la Propiedad Intelectual SE-1052-04, Sevilla, España (2004).