

Evolución colorimétrica de los frutos del tomate contenidos en atmósfera ozonificada.

Autores: Pablo Amigo Martín (*) y Alejandro Palacios Valencia ()**
pablo.amigo@upm.es

* **Doctor Ingeniero Agrónomo. Catedrático de Tecnología de Alimentos (E.U.I.T.A. Madrid).**

** **Ingeniero Técnico Agrícola.**

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) es la hortaliza más importante, desde el punto de vista de su producción y distribución, en nuestro país. Según datos de la FAO (2002), España ocupaba el séptimo lugar en la producción mundial, con 3.600.000 t. de las que un 30% se destinaron a la transformación industrial y el 70% restante se utilizó para consumo en fresco. Ello ha propiciado la generación de una preocupación constante, como lo demuestra la abundante bibliografía existente, referida tanto al empleo de nuevas técnicas de cultivo, como a la mejora genética y comercialización de esta solanácea. No obstante, se detecta un cierto vacío de información en relación con algunas técnicas poscosecha que, aunque limitadas legalmente en su aplicación, pueden tener importancia en cuanto a su incidencia en la comercialización de nuevas variedades, así como en la revisión de las concentraciones contempladas en la normativa, a la luz del perfeccionamiento de la tecnología de generación y de los equipos de medida de las concentraciones.

Existen referencias bibliográficas relativas a la utilización del ozono en la conservación de varias frutas: fresas y uvas, manzanas (4), plátanos, patatas, pero no hemos podido encontrarlas en relación con el tomate.

Para nuestro estudio, enfocado a la evolución poscosecha, es conveniente tener presente que el tomate es un fruto incluido dentro del grupo de los productos climatéricos, habiéndose encontrado que es capaz de generar concentraciones de etileno en la atmósfera circundante de 0,584 nmoles/g.h en el máximo climatérico (1). Asimismo, el tomate constituye un caso extremo de tolerancia al etileno (5).

Por otra parte, se sabe que el ozono (O₃) es una forma alotrópica del oxígeno cuya molécula puede obtenerse artificialmente, entre otros procedimientos, mediante reacciones endotérmicas a partir del oxígeno contenido en el aire. Uno de los métodos más difundidos consiste en la aplicación de descargas eléctricas entre dos electrodos cilíndricos coaxiales haciendo pasar, simultáneamente, una corriente de aire u oxígeno por la corona circular que queda entre ambos.

Como se deduce del esquema representado en la Fig nº 1, la formación de dos moléculas de ozono requiere el concurso de tres de oxígeno.

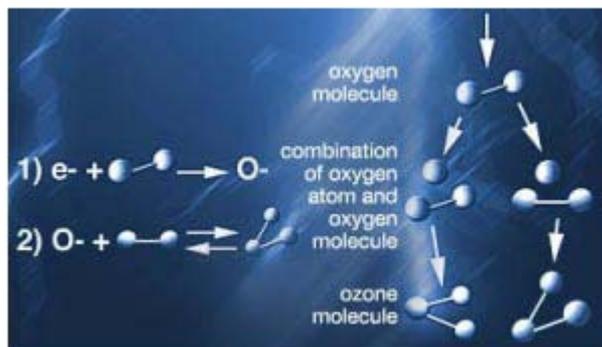


Fig nº 1. Formación de la molécula de ozono (WEDECO AG).

En condiciones ordinarias, es un gas inestable, siendo su inestabilidad creciente con el aumento de temperatura y la humedad atmosférica. Tiene un potencial redox de 2,07 V, lo que le confiere un poder oxidante muy alto (superior al del ión permanganato) que constituye la base de su poder biocida, desodorante y destructor del etileno. Además, presenta la ventaja de que tras su descomposición no deja residuos, ni comunica gusto alguno a los productos tratados; ni reacciona con los materiales orgánicos originando compuestos tóxicos.

Las propiedades enunciadas le adecuan para su utilización en la supresión de los microorganismos existentes en el ambiente, los cerramientos y demás componentes instalados en las cámaras frigoríficas, así como para la eliminación de los que se han incorporado a la superficie de los frutos durante las operaciones de recolección, transporte y manipulación. Todo lo cual contribuirá a mejorar la conservación de los productos, siempre que no existan otros motivos de incompatibilidad que limiten o invaliden su empleo, razón por la que debe someterse a un proceso de experimentación previa.

Materiales y métodos

Para la ejecución de este trabajo se han utilizado tomates obtenidos en invernadero, mediante cultivo hidropónico, de las variedades Caramba, Tavira y Kalima. El cultivo se desarrolló en buenas condiciones sanitarias hasta el momento de su recolección escalonada. Inmediatamente después de recolectados los frutos fueron introducidos en dos cámaras de conservación de las cuales una de ellas estaba equipada con un ozonizador de atmósfera, utilizando la otra como testigo. Las condiciones de humedad y temperatura se establecieron de forma que fuesen las mismas en ambos recintos, concretándose en 12°C y 85-95% de humedad relativa.



Fig. n°2.- Planta de tomate obtenida por hidroponía.

Con objeto de seguir la evolución de los frutos durante el proceso de maduración, se partió de tomates “pintones” en los que entre el 50 y el 60% de su superficie presentaba color rojo anaranjado.

La cámara dotada de atmósfera ozonizada se mantuvo herméticamente cerrada durante los ensayos, con el fin de evitar que la apertura de la puerta pudiese modificar las concentraciones de ozono previstas en cada caso. Para poder observar las muestras, se instalaron cámaras (webcam) en su interior, mediante las cuales se tomaron imágenes periódicas con las que analizar su evolución colorimétrica.



Fig. n°3.- Generador de ozono en el interior de la cámara



Fig. n°4.- Situación del distribuidor del ozono, para facilitar la homogeneización de la atmósfera interior.



Fig. n°5.- Webcam instalada en el interior de la cámara.

Los efectos sinérgicos que producen la ralentización de la fisiología de los frutos por aplicación de las bajas temperaturas junto con la supresión del etileno exógeno, como consecuencia de su inmediata oxidación por la presencia del ozono, potenciada con unas condiciones higiénicas óptimas, permitían presuponer la prolongación del periodo de conservación, así como mejoras durante la fase de distribución comercial, que son del máximo interés económico y que pretendíamos poner en evidencia. Ello exigía la determinación exacta de ciertos parámetros inherentes a la gestión y manejo de la atmósfera de la cámara, como las concentraciones de ozono y el mantenimiento de las mismas en el transcurso del tiempo, habida cuenta de que la labilidad de la molécula triatómica solamente le confiere una vida muy corta (evaluada en 30 minutos, aproximadamente), lo que determinaba la periodicidad de puesta en funcionamiento de ozonizador. Además, fue preciso cuantificar la masa de ozono generada por el equipo para conseguir las concentraciones que habíamos preestablecido en el proyecto.

Solventadas estas dificultades de calibrado, tras los correspondientes ensayos de prueba, se procedió a la introducción de la mercancía, simultaneando las mismas cantidades aproximadamente de las tres variedades en los distintos ensayos ejecutados.

Tanto al principio de cada ensayo como al final del mismo, se realizaron análisis de muestras para evaluar la calidad de los productos. A tal efecto, se determinaron los parámetros habituales: peso, pH, grados Brix, color, dureza y daños superficiales aparentes, mediante inspección visual.

En concreto, para la determinación del color se utilizó un colorímetro Minolta CR200, que fue calibrado previamente. Dado que el color es una propiedad de los objetos en cuya percepción influye fuertemente la subjetividad, intentamos soslayar dicho factor recurriendo a un equipo de medida que nos permitiera objetivar los datos: claridad (L), tono (b) y croma (a), que introducidos en el diagrama correspondiente se traducen en la concreción de un color. Ignoramos incluso el empleo de las cartas colorimétricas, a pesar de existir algunas diseñadas especialmente para su uso en esta especie.

Hemos otorgado una especial relevancia al color porque, junto con el aspecto general y la consistencia, son los dos parámetros organolépticos más asequibles para el consumidor, a los que concede una importancia primordial a la hora de tomar sus decisiones para la compra del producto.

Resultados

Como hemos dicho, al inicio y fin de cada experiencia, se midieron los parámetros determinantes del color, mencionados anteriormente, hallándose, para cada uno de ellos, las diferencias entre la muestra y el testigo. Los resultados de estas diferencias se recogen en las figuras 6 a 8.

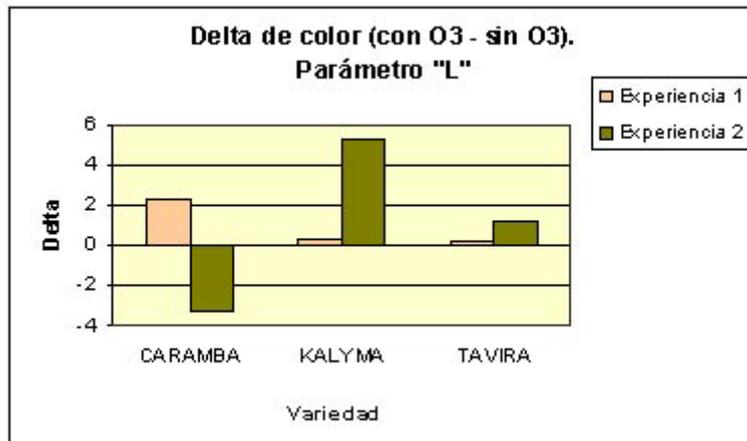


Fig. 6

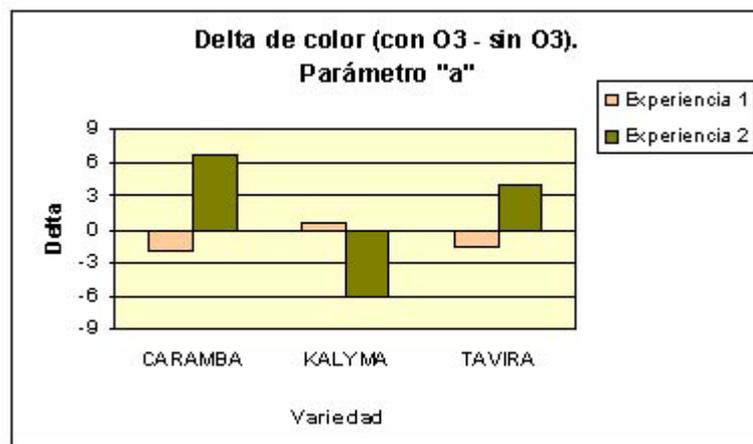


Fig. 7

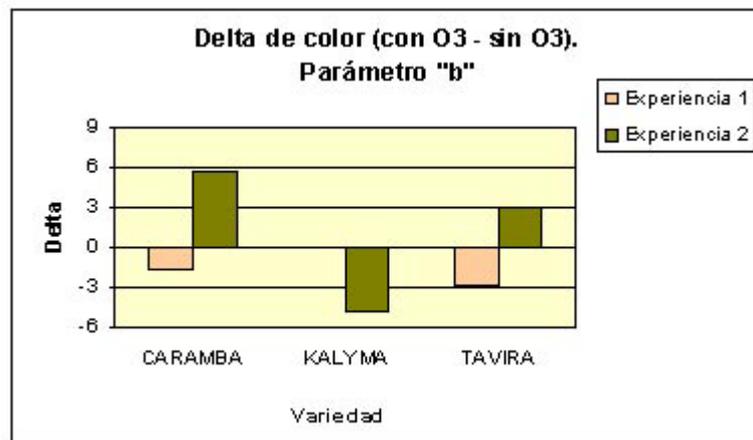


Fig. 8

Variedad	Δ de color. Experiencia 1 (conO3 - sinO3)		
	L	a	b
CARAMBA	2,3	-2,0	-1,6
KALYMA	0,3	0,6	0,0
TAVIRA	0,2	-1,7	-2,8
Variedad	Δ de color. Experiencia 2 (conO3 - sinO3)		
	L	a	b
CARAMBA	-3,2	6,6	5,7
KALYMA	5,3	-6,0	-4,7
TAVIRA	1,2	4,1	3,0

Asimismo, la evolución del color de los frutos, durante el transcurso de los días de conservación en la cámara con atmósfera ozonificada, se fue registrando periódicamente, mediante las imágenes tomadas con las webcam, siendo algunas de ellas las que se muestran en las fotografías 9 a 13.



Fig. n°9.- Color que presentaba los tomates al ser introducidos en la cámara.



Fig. n°10.- Color alcanzado el día 5° de permanencia en la cámara



Fig. n°11.- La misma muestra fotografiada el día 10°.



Fig. n° 12.- Tonalidad de la piel después de 15 días.



Fig. n° 13.- Aspecto presentado el día 20.
Fin de la experiencia.

Conclusiones

La utilización de la atmósfera ozonificada incide claramente en la sanidad del producto durante el periodo de estancia en la cámara, evitando la aparición de ataques fúngicos, que sí se detectaron en los productos no tratados al final del periodo de permanencia en la misma, debido a que deliberadamente hemos utilizado una temperatura de conservación alta.

El viraje del color, de verde a rojo, se retrasa 3-4 días en los frutos mantenidos en presencia del ozono; e incluso en alguna variedad este periodo fue más amplio, si bien al final de nuestra experiencia (20 días de duración) estas diferencias terminan siendo inapreciables.

La prolongación del tiempo de evolución colorimétrica de la piel puede revestir gran interés durante las fases de transporte y distribución del producto, además de las ventajas de tipo sanitario y de algunas otras a las que no hacemos referencia en este artículo.

Referencias bibliográficas

- 1.- Cano A. & Col. (2002).**- Ethylene and autoxidant activity during tomato ripening. Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene III. IOS. Press. Amsterdam
- 2.- Ewell. (1.950).**-Ozono and its application in food preservation.
- 3.-Perez-Calvo, M.M.- (2005).**- El ozono en el tratamiento de ambientes interiores. Montajes e Instalaciones. Madrid.
- 4.-Schemer, H.A.-** Ozone in relation to storage of apples. U.S Department of Agriculture. Circular nº765
- 5.- Wills y col. (1.984).**- Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Ed. Acribia.