

# **TRATAMIENTOS POSTRECOLECCIÓN DEL TOMATE FRESCO. TENDENCIAS E INNOVACIONES.**

**FRANCISCO ARTÉS CALERO y FRANCISCO ARTÉS HERNÁNDEZ**

**Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de  
Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena.  
Pº. Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, Murcia. España.  
Tel.: 34+968-325510. Fax: 34+968-325433. E-mail: fr.artes@upct.es**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Los órganos vegetales están constituidos por tejidos vivos que evolucionan tras su recolección con pérdida de agua y firmeza, color verde, acidez, astringencia y aumento de azúcares, sólidos solubles y aromas, sufriendo mermas de su calidad global hasta el consumo, que pueden llegar a su pérdida total. La cuantía media de estas pérdidas depende de la especie, pero se estiman entre el 5 y 25 % en países industrializados y entre el 20 y 50 % en países en desarrollo. El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es un producto con muy elevadas pérdidas en la postrecolección, que pueden alcanzar el 50% de la cosecha incluso en países industrializados. Ello se debe a su intensa actividad respiratoria y sensibilidad a la deshidratación (por las características de sus tejidos y el 94% de contenido en agua), a la acción del etileno, a las podredumbres, a los daños mecánicos y fisiológicos e incluso a la congelación accidental, ya que su punto de congelación (-0,5 °C) es muy elevado (Artés, 1999; Ulrich, 1995).

Para satisfacer las crecientes necesidades humanas de alimentos es preciso dedicar más esfuerzos a reducir dichas pérdidas, con preferencia a los dedicados a aumentar la producción. Con este objetivo, todos los integrantes de la cadena de producción, almacenamiento, transporte y distribución comercial, deben conocer los factores biológicos, tecnológicos y ambientales que evitan el deterioro de los productos vegetales y aplicar las técnicas postrecolección que mejor preserven la calidad y retrasen la senescencia. Cuando el desarrollo vegetal llega a esta fase final, suceden alteraciones irreversibles de células y

tejidos que conducen a su muerte, seguida de ataques microbianos que los descomponen (Artés, 1995a, 1999). A éste respecto, la refrigeración es la única técnica de conservación capaz de mantener un cierto tiempo las características del estado fresco de las especies vegetales, preservando sus cualidades sensoriales, higiénicas y nutritivas atractivas para el consumo directo o para el procesado mínimo en fresco. El papel del frío es decisivo en la postrecolección, al evitar pérdidas ligadas a daños mecánicos en la manipulación, a la elevada temperatura y a una excesiva duración del transporte y comercialización (Artés, 1997; IIR, 1996).

El tomate español es un buen ejemplo de producto cuya calidad, reducción de pérdidas y disponibilidad para el consumo podrá incrementarse sin aumentar los *inputs* de producción (superficies, semillas, riegos, fertilizantes, fitosanitarios, etc.). Para ello deberá transferirse al sector la tecnología disponible sobre material vegetal, condiciones de cultivo y, en particular, sobre la tecnología postrecolección, que es trascendental en el tomate por la magnitud de su producción (unos 3,5 MTn en 2000, basadas en más de 60.000 has cultivadas solo en invernaderos) y exportación, con frecuencia a mercados europeos situados a 2.000 km. Por esto, el desarrollo de su exportación está basado en la creatividad, capacidad de innovación, introducción de nuevas variedades de larga duración y elevada calidad, así como en su producción siguiendo planes de lucha integrada, que deben extenderse (Aguayo *et al.*, 2001; Artés, 1998, 1999).

Para optimizar la calidad y la seguridad alimentaria del tomate, se deberían integrar mejor los aspectos botánicos, genéticos, fisiológicos, bioquímicos, microbiológicos y tecnológicos de la producción, recolección y manipulación postrecolección que las condicionan. Ello se está consiguiendo con un gran esfuerzo interdisciplinar de los productores, exportadores, científicos, técnicos y responsables comerciales, teniendo muy presente la opinión de los consumidores. De hecho, gracias a los progresos biotecnológicos se están introduciendo continuamente en el mercado nuevas variedades de este fruto, con una creciente calidad global (Ulrich, 1995; Artés, 1998 y 1999).

## **2.- LA MADURACIÓN DEL TOMATE, FACTORES DE CALIDAD Y MOMENTO ÓPTIMO DE RECOLECCIÓN.**

El tomate es un fruto cuyo comportamiento respiratorio es de tipo climatérico, con una intensidad relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y 43 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 5, 10, 15, 20 y 25°C respectivamente) y una emisión de etileno moderada de unos 5 a 8 µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 12 °C en frutos pintones (algo inferior en frutos verdes y superior en los maduros) y de unos

10  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  a 20 °C, con un máximo de emisión etilénica coincidente o algo retrasada respecto al pico respiratorio. El tomate es muy sensible al efecto de esta fitohormona, con un umbral de 0,5 ppm  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Los considerables cambios físicos y químicos que suceden en la maduración del tomate durante el climaterio se manifiestan en una rápida evolución del color verde, con degradación de clorofilas), hacia tonos anaranjados y rojos, acompañado de un descenso de la firmeza, una ligera disminución de la acidez y un pequeño aumento (con frecuencia no significativo) de los sólidos solubles, tanto en frutos convencionales como de larga duración (Artés, 1999; Artés y Escriche, 1994; Artés *et al.* 1998a,b; Escriche *et al.* 1988 y 1991; Casas *et al.* 1994; Gross *et al.*, 2003; Kader, 2000).

El tomate es un fruto carotenogénico, con una síntesis masiva de carotenoides durante su maduración, habitualmente acompañada por un cambio en su perfil de carotenoides. En los cromoplastos, los carotenoides habitualmente se acumulan en estructuras lipídicas, aunque en el tomate se han encontrado también cristales de carotenoides, principalmente carotenos, inmersos en el espacio estromático (Artés *et al.*, 2002). El color rojo del tomate resulta del reemplazo de las clorofilas degradadas por los pigmentos carotenoides, con aumento de licopeno, su caroteno específico y más abundante (con frecuencia de 4 a 7 mg/100 g) en las variedades rojas, anaranjadas y amarillas, y de xantofilas, cuando los cloroplastos se convierten en cromoplastos. Inicialmente se sintetiza fitoeno (incolore), para posteriormente convertirse en  $\zeta$ -caroteno (amarillo pálido),  $\beta$ -caroteno (anaranjado) y xantofila (amarilla). La síntesis de pigmentos amarillentos precede a la de los rojizos (licopeno y  $\beta$ -caroteno), pero la masiva acumulación de éstos termina enmascarando a aquellos. Pero si la maduración sucede a temperaturas inferiores a 12°C, subóptimas para la síntesis de licopeno, en los cromoplastos se acumula  $\beta$ -caroteno, cuya síntesis progresa a esas temperaturas, dando lugar a frutos anaranjados o amarillentos (López-Camelo *et al.*, 2003; Shewfelt *et al.*, 1988).

El desarrollo del color del tomate también está influenciado por la composición de la atmósfera de conservación y se han definido modelos empíricos para predecir los parámetros de color de tomates almacenados bajo concentraciones gaseosas constantes o variables, atendiendo a su madurez inicial, temperatura y cultivar (Artés y Gómez, 2003). Se ha demostrado que los cambios en las concentraciones de  $\text{O}_2$  tienen mayor efecto que las de  $\text{CO}_2$ , aunque con 3-5 kPa  $\text{CO}_2$  se retrasa la maduración del tomate, en parte porque inhibe la biosíntesis de etileno (Yang y Chinnan, 1987). Más recientemente, Kader y Ben-Yehoshua (2000) han expuesto que entre 40 y 50 kPa de  $\text{O}_2$  aceleran la maduración del tomate, y que entre 60 y 100 kPa de  $\text{O}_2$  estimulan la biosíntesis de licopeno en las

variedades con genes mutantes de la maduración (“rin” o “ripening inhibitor” y “nor” o “nonripening”).

El ablandamiento en la maduración del tomate se debe a la despolimerización de las pectinas de la pared celular y de la lámina media en los tejidos del parenquima, producida en buena parte por la acción de las enzimas polisacárido hidrolasas, entre las cuales la poligalacturonasa (EC 3.2.1.15; poli [1,4-alpha-D-galactouronido] glucanohidrolasa) o PG, es una de las más abundantes y la mayor responsable de dicha despolimerización. Sin embargo, la actividad PG sola no basta para producir el ablandamiento y, si bien se conoce que la pectin metil esterasa y las celulasas no lo afectan y que la expansina (LeExp1) y una  $\beta$ -galactosidasa (TBG4) sí podrían tener un cierto impacto, las bases moleculares de este proceso aún no se conocen bien en el tomate (Giovannoni, 2004; Powell *et al.*, 2003).

Aunque el tomate sigue madurando después de recolectado, solo alcanza su calidad óptima para el consumo cuando madura unido a la planta madre. El estado de madurez en la recolección es seguramente el factor más determinante de su vida comercial y calidad de consumo. Los frutos recolectados verdes, cuando maduran tras la recolección son más sensibles a la deshidratación, marchitamiento y daños mecánicos y de inferior calidad y con menor valor nutritivo (vitamina C) que los recolectados plenamente maduros. Por su parte los frutos recolectados maduros son menos sensibles a los daños por el frío que los inmaduros, aunque se ablandan más fácilmente y suelen ser más insípidos (Kader, 1993).

Para determinar el momento óptimo de recolección y evaluar la calidad en el tomate, algo difícil de realizar porque implica juicios subjetivos, se han desarrollado diversos criterios que permiten objetivar algunas características. Habitualmente incluyen factores de apariencia, como el estado de madurez (muy asociado al color de la epidermis), el tamaño, la forma, la firmeza, y la ausencia de podredumbres, de defectos fisiológicos (marchitamiento general o peripeduncular con pardeamiento, arrugamiento, rajado o “cracking” de la epidermis, golpe o quemadura de sol, desarrollo anormal del color de la epidermis o de la pulpa, inexistencia de tejido placentario, deformaciones, etc.), y de daños mecánicos (heridas, cicatrices, golpes, rozaduras, etc.) o por heladas, granizo, insectos o parásitos. Otros son muy importantes, como el aroma y el sabor (sobre el que tiene una influencia decisiva la acidez, el pH y el contenido en sólidos solubles, ya que la aceptación del zumo de tomate por los consumidores depende del ratio azúcares/acidez). También se consideran la formación de abundante tejido placentario en el interior del fruto y el valor nutritivo (Artés, 1999; Artés *et al.* 1998a). Conviene tener presente que el tomate contiene abundante vitamina C y  $\beta$ -caroteno (provitamina A), y que sus contenidos en un solo fruto

suministra una cuarta parte de las necesidades diarias de esas sustancias en la dieta humana (Beecher, 1998), por lo que se debe atender también este aspecto en la recolección y conservación del tomate fresco.

Estos factores de calidad dependen básicamente del genotipo, de la madurez en la recolección, de las condiciones de cultivo y de los tratamientos postrecolección, teniendo en cuenta que durante esta última fase la calidad no podrá mejorar, sino a lo sumo preservarse en cierto grado. De entre todos ellos consideramos que la apariencia visual externa, un tamaño apropiado, color rojo uniforme, ausencia de defectos, buena firmeza, sabor y aroma característicos y adecuada vida útil, son los más importantes para la decisión de compra de tomates por los consumidores.

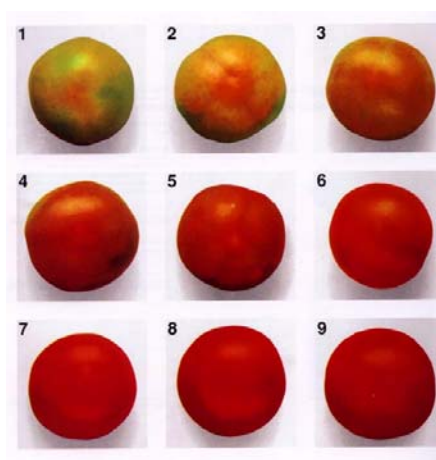
Se ha publicado que el 1-methylcyclopropeno (1-MCP), un inhibidor competitivo de la acción del etileno, a solo 100 nL/L, inhibe la producción de etileno, retrasa el pico climatérico y el de emisión de etileno, frena la respiración, la degradación de clorofila, la pérdida de vit. C y de acidez, la actividad PG y el ablandamiento y la velocidad de acumulación de licopeno con desarrollo del color rojo externo (pero en escasa medida el interno) y altera algo el perfil aromático del tomate. La deshidratación y el contenido en sólidos solubles no parece verse afectada por el 1-MCP, que puede prolongar la vida comercial hasta 10 días a 20-22°C y hasta 15 días a 9-11°C, reduciendo las podredumbres respecto al testigo, por lo que su aplicación comercial se considera factible (Colelli *et al.*, 2003; Mir *et al.*, 2004; Sun *et al.*, 2003), aunque su uso aún no está autorizado en España.

El color de la epidermis es un buen indicador del estado de madurez del tomate y de la mayoría de productos hortícolas. Existen cartas de colores para dar objetividad a los valores de este atributo que, ligado el calibre, suelen constituir índices de madurez y de calidad específicos de los importadores, cadenas comerciales, y/o de los exportadores. Así, en EEUU se emplea la del California Tomato Board desde 1975, que establece seis categorías referidas exclusivamente al color de la epidermis (web site, 2004), mientras en Europa está muy extendida la holandesa Kleur-Stadia Tomaten del Dutch Central Bureau for Horticultural Auctions (Fotografía 1), la de la empresa Sainsbury en Inglaterra y para los suministradores de esta cadena, y en España la de Difrusa Export S.A. (Fotografía 2). Cantwell y Kasmire (2002) han descrito la apariencia interna del tomate considerando el estado de las semillas y del tejido placentario, así como el color interno y externo, para establecer nueve diferentes estados de maduración, desde inmaduro hasta completamente rojo. En EEUU el tomate suele recolectarse para fresco en estado de inicio del envero (pintón inicial o "breaker"), con la primera manifestación de color rosa de la epidermis,

mientras en Europa se recolecta habitualmente en un estado algo más avanzado, con el enviro desarrollado.



Fotografía 1. Carta de colores del tomate del Dutch Central Bureau for Horticultural Auctions (Holanda).



Fotografía 2. Carta de colores del tomate de Difrusa Export S.A. (Cartagena, Murcia, España).

Igualmente la firmeza es un atributo de primer orden en el tomate al estudiar las preferencias de los operadores comerciales (exportadores, importadores, distribuidores, mayoristas y minoristas), así como de los consumidores. Fundamentalmente depende de la variedad, estado de madurez, temperatura y daños mecánicos. En EEUU se utiliza una escala (Tabla 1) que establece seis categorías, en función de la fuerza de compresión requerida para producir una deformación de 5 mm en la superficie del fruto (Cantwell, 2004).

**Tabla 1. Clasificación del tomate por su firmeza.**

<b>Categoría</b>	<b>Firmeza (N) expresada como fuerza a la compresión (5 mm)</b>
Muy firme	30-50
Firme	20-30
Moderadamente firme	15-20
Moderadamente blando	10-15
Blando	10
Muy blando	5

**Fuente:** Cantwell, 2004.

El tomate presenta características viscoelásticas y su ablandamiento se produce, como hemos dicho, por la degradación y solubilización de las pectinas de las paredes celulares, básicamente por la acción de las exo y endo PG (en especial ésta última). La velocidad con que evoluciona el color y la pérdida de firmeza del tomate recolectado debe frenarse en lo posible para prolongar su supervivencia comercial. Como datos orientativos de ambos parámetros consideramos que, tras la conservación y/o transporte frigorífico, el tomate convencional debe mantener un color de 6 a 7 en la carta del Central Bureau for Horticultural Auctions, correspondiente a un valor del ángulo Hue (matiz del color) entre 55 y 60, y una firmeza de entre 15 y 30 N en el penetrómetro Fruit Pressure Tester. Igualmente consideramos que unos 8 a 10 N es el límite mínimo aceptable de firmeza para la comercialización al por menor y el consumo (Artés, 1999; Artés *et al*, 1998a). En tomate "Durinta", de larga duración, recolectado en estado 2 ó pintón del California Tomato Board y mantenido a 20°C y 95% HR, a los 9 días se produjo el momento óptimo de consumo, con unos 20 N de firmeza y una luminosidad (L\*) de 46, presentando el máximo color sensorial (Fernández-Trujillo *et al.*, 2001).

En cuanto al aroma de los tomates, los compuestos más significativos son los aldehídos volátiles, que derivan de la degradación oxidativa de los ácidos grasos, destacando el *cis*-3-hexenal, derivado del ácido linolénico (Buttery, 1987).

Algunos índices de calidad y madurez del tomate incluyen combinaciones de los parámetros de color del sistema CIELab, expresado como color sensorial (Shewfelt *et al.*, 1987) o de los sólidos solubles, la acidez y la firmeza (Alique, 1994).

### **3.- ETAPAS EN LA MANIPULACIÓN POSTRECOLECCIÓN DEL TOMATE**

A continuación se recogen las etapas más significativas de la postrecolección del tomate y los progresos más destacados en España (Artés, 1999; Riquelme, 1995).

#### **3.1.- RECOLECCIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y PRERREFRIGERACIÓN**

La recolección se efectúa de forma manual y escalonadamente, preservando o no el cáliz según los mercados, facilitándose las operaciones inmediatas y complementarias, como por ejemplo, disponer de cajas en carros que se desplazan por raíles en las calles de los invernaderos. Hay que considerar que las variedades están seleccionadas para adaptarse a un tipo preciso de recolección, según su estado de madurez, y se distinguen las de fruto liso con recolección en rojo y en racimo (Daniela, Durinta, Mónica, Thomas, Pitenza,

o Atlético), las de epidermis lisa para recolección en frutos individuales (Radja, Yaiza, Izabella, Brillante, Gabriela, Abigail, Numath o Habana) y para calibres grandes con recolección en pintón (Rambo, Sinatra, Victorio, Alcudia, Salvador, Radja, Kastalia, Noelia, Jaguar, Fanny, FA-154, Xenón, Vicar Tovi o los tipo RAF), por citar las más destacadas en los invernaderos de la Región de Murcia (González, 2004).

En el campo o invernadero, se eliminan los frutos muy inmaduros o sobremaduros, deformes, con daños fisiológicos, mecánicos o parasitarios, etc. Se está extendiendo el acondicionamiento y envasado en el invernadero de los tomates de larga duración o vida comercial en racimos (Thomas, Durinta, Pitenza, AR-298, ...), con seis u ocho frutos unidos al tallo. Esta presentación, que exige una maduración uniforme de los frutos y que prolonga ligeramente la vida comercial, reduce notablemente el costo de acondicionamiento.

El transporte al almacén se realiza habitualmente en cajas de plástico, que se paletizan, evitando en todo lo posible el sobrellenado, los daños mecánicos, a los que el tomate es muy sensible, la insolación directa y la permanencia a elevadas temperaturas, porque favorecen la sobremaduración y las podredumbres posteriores.

Consideramos esencial que se prerrefrigere el tomate hasta las temperaturas de conservación o de transporte idóneas. Se emplea normalmente la técnica de aire forzado húmedo (95-98% HR, con nebulización) y, en escasa medida, la refrigeración indirecta, con acumulación de hielo y circulación de agua fría. Las nuevas tendencias procuran una circulación del aire más eficaz para que mejore el coeficiente de conductividad, por un mayor contacto con los frutos, y un estricto control de la velocidad del aire para evitar que sea mayor de 4 m/s y aumente la deshidratación de los frutos y el coste energético.

### **3.2.- PREVIA TRÍA Y LIMPIEZA**

La alimentación a la línea de manipulación se efectúa automáticamente, mediante despaletizador y volteador de cajas evitando también los daños mecánicos. Inmediatamente los frutos pasan por un precalibrador que elimina los calibres muy pequeños, no comerciales, y por un transportador de rodillos donde se preseleccionan para descartar los frutos no comercializables, los restos de material vegetal y posibles elementos extraños.

La limpieza se efectúa mediante un cepillado suave (tanto más cuanto más avanzada es la madurez) y extractor de polvo y residuos, y/o por lavado, generalmente en duchas de agua clorada (unas 100 ppm de cloro libre) a presión. El lavado facilita además la



eliminación de residuos de tratamientos fitosanitarios precosecha (como mancozeb, metalaxyl, etilen-tiourea, etc). Se ha aconsejado que la temperatura del agua de lavado sea unos 5°C más elevada que la de los frutos para prevenir que el agua y microorganismos patógenos penetren en los frutos, realizándose esta operación en dos tanques, separados por una ducha de agua limpia (Cantwell y Kasmire, 2002). A continuación, el secado se efectúa por rodillos absorbentes y a continuación, junto a cepillos suaves se inyecta aire a temperatura ambiente, o a unos 40 a 50 °C como máximo, lo que facilita la fijación sobre la epidermis de las ceras naturales añadidas, cuando muy ocasionalmente se emplean y, sobre todo, evita riesgos de proliferación de microorganismos sobre los frutos mojados.

### **3.3.- INSPECCIÓN, SELECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CALIBRADO**

Las líneas que realizan estas operaciones disponen de mesas de inspección de rodillos giratorios y mecanización electrónica integrada del color, peso y calibre, para establecer hasta más de una veintena de categorías diferentes, con precisión superior al 95%, aunque en la práctica no se alcanza normalmente la decena. Los frutos se colocan sobre diabólos, cazoletas o tazas que los transportan a través del sistema, que determina automáticamente varios parámetros cuyos valores se comparan con datos prefijados. Para el peso se basan en su determinación mediante balanzas electrónicas, para el calibre, en el análisis de imagen por visión artificial y para el color, en el análisis por colorimetría de reflexión, con un analizador triestímulo.

### **3.4.- ENVASADO, EMPAQUETADO Y EMPAQUETADO**

Estos tres procesos cumplen funciones básicas de protección mecánica y constituyen las unidades de comercialización del tomate. Bajo condiciones adecuadas, el envasado permite mantener un microambiente favorable para la vida del tomate, al aumentar el nivel de vapor de agua y, en su caso, generar una atmósfera modificada respecto del aire.

El envasado y empaquetado en cajas de transporte y distribución, tanto de frutos a granel como pre-ensados, se realiza tradicionalmente de forma manual, para 6 a 12 kg por caja. Es preferible efectuarlo sobre bandejas de alvéolos alojadas en cajas de cartón ondulado, para proteger mejor a los frutos en el transporte y la distribución, aunque se está extendiendo la disposición mecanizada de los tomates en otros envases paletizables, mediante pequeñas ventosas de caucho con vacío, atendiendo exigencias comerciales.

Se va extendiendo el envasado del tomate en bolsas de polipropileno o polietileno termoselladas, perforadas o no, para adaptarse a las demandas del consumidor europeo, basadas en razones de higiene, seguridad e individualización de productos. Para este fin, las líneas disponen de envasadoras de flujo horizontal con bandejas de poliestireno o tarrinas de polietileno, polipropileno o polietileno tereftalato, envueltas con películas perforadas o de cierre no hermético, que mantienen una atmósfera de aire enriquecida en vapor de agua, facilitan la refrigeración del producto después de envasado, amortiguan las fluctuaciones de temperatura y los daños mecánicos durante la comercialización y reducen las condensaciones de agua y sus consiguientes riesgos de desarrollo microbiano (Fotografía 3).



**Fotografía 3. Envasado del tomate en bandeja de poliestireno y envoltura autoadhesible de polietileno de baja densidad.**

Sin embargo, las películas perforadas no permiten aprovechar todas las posibilidades que ofrecen los materiales plásticos de envasado, ya que no modifican la atmósfera, posibilitan la recontaminación y no facilitan un óptimo nivel de vapor de agua que evite la deshidratación y el marchitamiento, frene el deterioro celular y la senescencia y retrase el ablandamiento. Por ello, las tendencias de esta técnica en el tomate tratan de optimizar el diseño y rendimiento del envasado en atmósfera modificada, incluso con envolturas

individuales y polímeros más permeables que los usuales, para evitar riesgos de anoxia, y hacia desarrollos comerciales de envasado automatizado en atmósfera modificada.

### **3.5.- PALETIZACIÓN**

Para el transporte y la distribución comercial del tomate de exportación a Alemania y Austria se emplea el europalet (80 x 120 cm), y coexiste con el palet tradicional (100 x 120 cm) en el resto de mercados europeos. Es habitual utilizar cajas de transporte y distribución de cartón ondulado, montadas en el propio almacén, para 6, 10 y 12 kg, de dimensiones 40 x 30 x 14 cm, 50 x 30 x 15,5 cm ó 60 x 40 x 15 cm respectivamente, que se pueden usar en ambos palets. Sin embargo, la caja de cartón presenta el problema de su difícil utilización para el acondicionamiento del producto en el campo por los riesgos de que se moje.

Ante las exigencias iniciales de los importadores alemanes para evitar las tasas ecológicas sobre los envases reciclables, se ha impuesto la utilización en arrendamiento de las cajas tipo "International Fruit Container", "pull", "steco" u otras similares, para la exportación a países de Europa Central (sobre todo a Alemania, Austria, Suiza y Holanda). Frente a las ventajas de ser lavables, plegables, apilables, recuperables y reutilizables, además de ecológicas, sus inconvenientes derivan de que aún resultan caras.

La formación de palets, el enmallado y la disposición de flejes, son operaciones que están mecanizadas en la práctica totalidad de almacenes españoles de tomate fresco.

### **3.6.- MADURACIÓN ACELERADA**

Las situaciones del mercado o la climatología pueden requerir una recolección precoz del tomate y efectuar su maduración acelerada postcosecha. Se ha recomendado en Norte y Centro América realizarla entre 20 y 25° C, con el 90% HR, e inyectar 100 ppm de etileno en flujo continuo a la cámara de maduración hasta 3 días (Cantwell y Kasmire, 2002; Báez, *et al.* 1998). Esta práctica acorta la duración de la maduración en 2 a 3 días, según el estado inicial del fruto, respecto a si permaneciera en la planta. Las temperaturas más elevadas favorecen el ablandamiento. El tratamiento se efectúa en el almacén de expedición antes o después de embalados, aunque si se efectúa antes se asegura una coloración más uniforme, o en el lugar de recepción. Como la temperatura optima para la biosíntesis del licopeno en el tomate es de 16 a 21 °C y a partir de 30 °C se inhibe (Artés *et al.*, 2002), consideramos que 20-21°C, 90-95% HR y entre 10 y 30 ppm de etileno en continuo en la

atmósfera, evitando que el CO<sub>2</sub> supere los 0,5 kPa, son unas condiciones idóneas para efectuar la maduración acelerada del tomate pintón en España.

Con frecuencia, los tomates madurados aceleradamente presentan una coloración más uniforme y acumulan más vitamina C que en ausencia de etileno. Una vez madurados los frutos se deben prerrefrigerar como se ha indicado antes, inspeccionar para eliminar los que muestren ataques fúngicos y expedir como los frutos de recolección normal.

### **3.7.- CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA**

#### **3.7.1.- ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA**

El tomate no suele requerir una conservación frigorífica prolongada, pero a veces es necesario almacenarlo para regular el mercado. En este proceso hay que tener presente que el tomate es muy sensible a los daños por el frío, según el estado de madurez y la duración. El frío moderado en el tomate (menos de 10°C) produce unos efectos directos y rápidos sobre las membranas, con daños a la célula, cuya gravedad depende de la intensidad y duración de la baja temperatura. También puede tener una acción más gradual y duradera, que altera irreversiblemente el metabolismo del fruto tras unas 2 semanas. A partir de unos 6 días a temperaturas subóptimas, los daños se manifiestan como depresiones de la epidermis (picado o “pitting”), ablandamiento, infiltración acuosa en los tejidos del mesocarpo, incapacidad para alcanzar la plena madurez, pérdida de aroma y aumento de la susceptibilidad a los ataques fúngicos (en particular *Alternaria sp.*). Un estrés severo por frío, que produce daños en pocos días, ejerce una acción irremediable, incluso letal. Pero si es limitado, puede tener consecuencias reparables, dependiendo del estado fisiológico, ya que los frutos inmaduros o precoces son más sensibles que los maduros o tardíos de la misma cosecha y que, con frecuencia, la sensibilidad al frío es inversamente proporcional al estado de madurez (Artés y Artés-Hernández, 2004, Marcellin, 1992). Por ello, los tomates se pueden almacenar hasta 2 semanas en aire entre 5 y 12°C y 90% HR, según variedad, adoptándose las temperaturas más elevadas para los más inmaduros (Báez *et al*, 1998). Por su parte, el Instituto Internacional del Frío (1994) recomienda entre 10 y 16 °C, 90% HR y unas 3 semanas de conservación para el tomate verde e inicio de pintón, y un rango de 7 a 10°C y unas 2 semanas de conservación para frutos maduros-firmes. Nuestra recomendación en tomate verde a pintón, es 11 a 13 °C para 2 a 4 semanas y en tomate rosado a rojo 9 a 10°C para 1 a 3 semanas, según variedades (Artés, 2004b).

Mención aparte merecen los tomates de larga vida comercial o larga duración (Daniela, Durinta, Habana, Cristina, Sinatra, Abigail, Calvi, AR-168, ARTH-3, etc), que no exigen la aplicación de bajas temperaturas, y cuya emisión de etileno y sensibilidad a su efecto es inferior al que presentan los convencionales. Por ejemplo, la variedad Daniela recolectada pintón (100° Hue y 60 N en el penetrómetro Fruit Tester) tratada con 1 g/L de iprodiona, se conservó 3 semanas en aire a 12°C y 90-95% HR y mostró una adecuada calidad de consumo tras 3 días complementarios a 20°C y 75-80% HR, con un valor final de 50° Hue y 15 N de firmeza (Artés *et al.* 1998a). Esta misma variedad en estados pintón y maduro tuvo una supervivencia comercial superior a 14 días a 12°C y 80% HR y a 8 días a 24 °C y 80% HR, frente a una duración de 4 a 6 días a 24°C en Recento (de invernadero) o Ferline (de pleno campo), según Moras *et al.* (1994). Por ello estos autores recomiendan unos 12°C para la mayoría de variedades convencionales y 8 días de almacenamiento para estabilizar los frutos. Otras variedades son mucho más resistentes, como la ARTH-3 recolectada pintón, que se puede almacenar hasta 10 días a 25 ó 35°C, aunque no es recomendable esta práctica porque se ha demostrado que los tomates, de larga duración o no, sometidos a elevadas temperaturas, sufren severos daños en las membranas celulares ocasionados por la acción de las enzimas lipoxigenasa, malon-dialdehído oxidasa y peroxidasa, con pérdida de la estructura de los tejidos (Mondal *et al.*, 2003).

### **3.7.2.- LA ATMÓSFERA MODIFICADA EN LA CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE**

El empleo de la técnica de atmósfera modificada continúa incipiente a escala comercial en el tomate. Sin embargo, para mejorar su calidad y la supervivencia comercial son muy adecuados los envases plásticos de cierre hermético, que generen alrededor de los tomates refrigerados una atmósfera enriquecida en CO<sub>2</sub> y en vapor de agua y empobrecida en O<sub>2</sub> respecto del aire. Las ventajas de utilizar ésta técnica en el tomate consisten en retrasar la maduración (al inhibir la acción del etileno y frenar el metabolismo) y evitar en algún caso los daños por el frío, aunque como inconveniente pueden producir una maduración irregular si se generan concentraciones inferiores a 3 kPa de O<sub>2</sub> y/o superiores a 5 kPa de CO<sub>2</sub> (Artés, 1974, 2000; Kader, 2000). Además, existen riesgos ciertos de que tengan lugar condensaciones de agua sobre los tomates dentro de los envases de atmósfera modificada por las fluctuaciones de temperatura (Artés, 1974), hecho frecuente durante el transporte y distribución, lo que frena considerablemente su expansión comercial.

Las concentraciones gaseosas idóneas pueden generarse pasivamente por la interacción de la actividad respiratoria de los tomates con la permeabilidad a los gases de

los polímeros plásticos con los que se fabrica el envase (Fotografía 4), o bien de manera activa. En este último caso, previo al sellado hermético se efectúa un vacío parcial y se inyecta al envase que contiene los frutos una mezcla gaseosa idónea, o bien se aplica un barrido de nitrógeno para eliminar el aire (Artés, 2000).



**Fotografía 4. Envasado del tomate en tarrina de polipropileno alojada en una bolsa hermética termosellada de polipropileno.**

El tomate suele tolerar bien un mínimo de 3 kPa de  $O_2$  y, como máximo, 5 kPa de  $CO_2$ , con ligeras variaciones según el estado de madurez, la temperatura, la duración del almacenamiento (su prolongación disminuye las tolerancias) y las presiones parciales de ambos gases, ya que una disminución del  $O_2$  reduce la tolerancia al  $CO_2$ . Por ello, para conservar el tomate durante 2 a 3 semanas en atmósfera modificada se han propuesto para frutos verdes a pintones  $12^\circ C$ , de 3 a 5 kPa  $O_2$  y de 1 a 3 kPa  $CO_2$ , para 14 a 30 días y para frutos rosados a rojos de  $9$  a  $10^\circ C$ , de 3 a 5 kPa  $O_2$  y de 1 a 5 kPa  $CO_2$ , para 7 a 21 días, según variedades (Artés, 2004b; IIR, 1995; Kader, 1997).

El tomate Daniela pintón tratado con 1 g/L de iprodiona, se conservó a  $9^\circ C$  en bolsas selladas de polipropileno de  $40 \mu$  (atmósfera pasiva de 10 kPa  $O_2$  y 5 kPa  $CO_2$ ) o perforadas (aire) durante 3 semanas, sin daños por frío ni ataques fúngicos y con una mínima deshidratación, incluso después de 3 días complementarios a  $20^\circ C$  y 75-80% HR de comercialización. Sin embargo, los frutos verdes fueron más sensibles a las alteraciones (Artés, 1999).

### **3.8. TRANSPORTE FRIGORÍFICO**

El transporte frigorífico desde la península ibérica se realiza sólo por carretera, por su gran flexibilidad, mientras desde Canarias se efectúa por barco y, esporádicamente, por avión. Las condiciones recomendadas para transportar el tomate verde-pintón son 12-13°C y una duración máxima de 20 días y para el tomate maduro firme 7°C y 14 días, en ambos casos con una fuerte ventilación (IIR, 1995). Habitualmente la duración máxima del transporte desde la península a los mercados europeos no excede de 4 días, por lo que pueden asumirse escasos riesgos utilizando temperaturas subóptimas para evitar la evolución del color y la pérdida de firmeza. En esas condiciones se suele aplicar 8-10°C en tomates verdes-pintones y 5-6°C en los rosados-rojos. Con relativa frecuencia suceden exigencias comerciales de transporte frigorífico de cargas mixtas por las que, junto al tomate, deben ir productos incompatibles por ser emisores de etileno, como el melón, o más exigentes en baja temperatura, como la lechuga. En ambos casos se adoptan soluciones intermedias de compromiso, cuyos efectos negativos dependerán de la duración del transporte (Artés, 1999).

Entre los progresos más destacados en las operaciones de transporte frigorífico del tomate cabe citar el acondicionamiento refrigerado de los muelles de expedición y recepción, la carga de los frutos una vez prerrefrigerados, la mejora en la disposición de las cargas para permitir una buena circulación forzada del aire (de 25 a 30 veces el volumen libre de la caja por hora), la utilización de equipos que facilitan una apropiada distribución del aire, la instalación de suficiente potencia frigorífica, la mejora en la suspensión para evitar daños mecánicos (incluyendo la suspensión neumática, relacionada a su vez con envases de cartón apropiados para evitar excesivas aceleraciones y daños mecánicos), la utilización de paredes flexibles que además de facilitar una rápida carga y descarga, posibilitan la existencia de compartimentos a varias temperaturas para resolver los problemas de las cargas mixtas, la disponibilidad de contenedores del tipo "reefer" para el transporte combinado marítimo y por carretera, que posibilitan un cierto control de la HR, la utilización excepcional de absorbedores de etileno y la sistematización de la limpieza, desinfección y desodorización (Artés, 1999).

### **3.9. PLATAFORMAS LOGÍSTICAS PARA LA DISTRIBUCIÓN COMERCIAL**

En la pasada década se ha desarrollado extraordinariamente la implantación de plataformas logísticas para las grandes superficies comerciales en Europa. Se organizan para recibir y distribuir grandes cantidades de muy diversas frutas y hortalizas, para lo que

disponen de amplios volúmenes refrigerados y de las técnicas complementarias que aseguran el mantenimiento de los productos bajo condiciones idóneas (Billiard, 1995).

Por su tonelaje y valor económico, las plataformas suelen reservar para el tomate cámaras frigoríficas específicas, a temperaturas en un rango de 8 a 10°C. Aunque las condiciones térmicas son habitualmente inferiores a las óptimas, la permanencia del tomate en las plataformas no suele exceder de 3 a 4 días, por lo que generalmente no se llegan a producir daños por frío, ni siquiera en los frutos más inmaduros (Artés, 1999).

#### **4.- CONTROL DE LAS ALTERACIONES**

##### **4.1.- ASPECTOS BIOLÓGICOS**

Aún no se conocen bien los mecanismos por los que unos órganos vegetales son más sensibles que otros a determinados patógenos, pero se sabe que ciertas características genéticas han permitido que algunos se adapten mejor al medio ambiente y perfeccionen mecanismos de defensa específicos contra patógenos. Con frecuencia estos mecanismos están más desarrollados en los estados de premadurez, y consisten en barreras físicas (cutículas, ceras, carecer de discontinuidades epidérmicas, etc.) o en una mayor capacidad de biosíntesis de compuestos específicos, generalmente de naturaleza polifenólica, como las fitoalexinas, que inhiben en cierto grado el desarrollo fúngico y bacteriano (Ben-Yehoshua, 2003; Escriche *et al.*, 1993).

Los factores que más influyen en la alteración del tomate recolectado son los fisiológicos (relacionados con la madurez y la actividad respiratoria), los físicos (ligados a los daños mecánicos) y los biológicos. Estos últimos, dependen de la presencia de agentes microbianos de alteración en contacto con el producto y prosperan con facilidad a elevadas temperatura y HR, por lo que para combatirlos, debe reducirse cuanto sea posible la temperatura y gestionar bien la HR, evitando condensaciones (Artés, 1998 y 1999).

Los hongos filamentosos fitopatógenos más frecuentes en el tomate español son: *Alternaria sp.* (resiste a los fungicidas, se desarrolla hacia el mesocarpo en micelios negros, penetra por lesiones causadas por daños mecánicos y por una temperatura menor de 9°C, siendo los frutos inmaduros muy sensibles), *Rhizopus sp.* (de herida y que tiende a formar nidos grisáceos negros, identificado a temperaturas superiores a 9 °C), *Botrytis sp.* (podredumbre gris, frecuente sobre todo en rajados y en daños por el frío y cuando se



producen condensaciones de agua), *Geotrichum sp.* (o podredumbre amarga), *Phytophthora infestans* (mildiu) y *Fusarium sp.* (se originan en el invernadero o campo y se desarrollan sobre lesiones del pedúnculo y daños por el frío, en especial *Phytophthora* en frutos pintones conservados a 6°C). También, aunque con mucha menor asiduidad, se encuentran hongos de herida de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Colletotrichum* (antracnosis) y *Sclerotinia*, normalmente de desarrollo secundario. La podredumbre blanda bacteriana por *Erwinia sp.* (se suele controlar con facilidad con la cloración del agua de lavado), aparece muy ocasionalmente (Artés y Escriche, 1994; Escriche y Marín, 1995).

## **4.2. INNOVACIONES EN EL CONTROL DE LAS ALTERACIONES**

Las nuevas técnicas para controlar las alteraciones en la postcosecha del tomate utilizan tratamientos físicos, alternativos a los químicos, así como productos fitosanitarios más seguros, que protegen al fruto sin perjudicar al hombre ni al ambiente, siguiendo los criterios de buenas prácticas agrícolas y de manipulación posterior. Las ventajas de estas innovaciones en el tomate fresco, cuya intensificación se ha reiterado (Artés, 1995ab, 1997, 1998, 1999), son la reducción de costes medioambientales, productivos y financieros para productores y comercializadores (con frecuencia integrados en el proceso), mejora de la calidad sensorial, microbiológica y nutritiva, de la seguridad alimentaria (menor riesgo de intoxicaciones) y de los beneficios, así como mantener la vanguardia tecnológica española de su comercialización en la Unión Europea ampliada.

### **4.2.1. TRATAMIENTOS QUÍMICOS**

Para prevenir los ataques criptogámicos, el tomate debe tratarse, siempre que sea posible, exclusivamente mientras permanece en la planta, siguiendo los códigos de buenas práctica agrícolas, con productos autorizados y dosis mínimas adecuadas, respetando los plazos de seguridad estipulados. Para ello se han establecido sus planes específicos de producción integrada, básicamente en Cataluña, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Andalucía oriental, para controlar *Botrytis sp.* y *Alternaria sp.* (Artés, 1999), aunque su desarrollo es aún limitado, por los graves problemas sanitarios que presenta este cultivo.

En el tomate se efectúan tratamientos postrecolección por inmersión o ducha con agua clorada (unas 100 ppm de cloro activo) y/o algún fungicida (tipo bencimidazol, como iprodiona, a concentraciones de 0,5 a 1,5 g/L). Nuestros ensayos de laboratorio y en almacenes de exportación para evaluar el efecto fungicida del bicarbonato sódico, del que

destaca su inocuidad para el consumidor y el ambiente, muestran una eficacia limitada. Los efectuados *in vitro* aplicando del 1 al 2% de CO<sub>3</sub>HK a cultivos de *Rhizopus sp.* y *Alternaria sp.* sobre patata-dextrosa-agar controlaron totalmente ambos géneros, con efectos fungistático y fungicida. En ensayos *in vivo* con tomate Daniela inoculando en tres puntos equidistantes de la zona ecuatorial 10<sup>5</sup> esporas/mL de ambos hongos, se produjo una inhibición del crecimiento en un 10 al 20% en *Rhizopus*, pero solo un retraso en el desarrollo y grado de afección en *Alternaria* (Artés, 1999).

### 4.3. TRATAMIENTOS FÍSICOS

Si los daños por el frío ocurren durante el periodo de latencia o de inducción de la enfermedad pueden ser reversibles, para lo que en el tomate recolectado se han utilizado tratamientos que reducen la sensibilidad del fruto al frío y la severidad de los daños o que retrasan la aparición de los síntomas. Con este objetivo, pero también para evitar alteraciones patológicas, existen métodos físicos como los calentamientos y enfriamientos intermitentes, el enfriamiento gradual de los frutos, los pretratamientos térmicos con aire o agua a temperaturas moderadas o las atmósferas modificadas (Artés, 1995b; Artés y Escriche, 1994; Artés *et al.* 1997 y 1998ab).

Por ejemplo, un calentamiento intermitente de 4 ciclos de 6 días a 9 °C más 1 día a 20 °C, aplicado a tomates Darío F-150 (convencional) y Daniela (de larga duración), evitó los daños por frío y redujo el desarrollo fúngico respecto a los testigos conservados continuamente a 9°C, manteniéndose los límites ya citados de firmeza y color, aceptables para comercializar (Artés y Escriche, 1994; Artés *et al.* 1998a). Por su parte, un enfriamiento intermitente de 3 ciclos de 6 días a 12°C más 1 día a 2°C y una comercialización de 3 días a 20°C, frenó el ablandamiento en tomate Durinta (de larga duración), que desarrolló normalmente su color, con muy buena apariencia y calidad de consumo y escasas pérdidas fúngicas, aunque se incrementó el picado por el frío (Artés, 1999; Artés *et al.*, 1997).

Para evitar las podredumbres del tomate, en EEUU se utilizan baños en agua caliente entre 46 y 60 °C durante 45 minutos a 30 segundos respectivamente, mientras que con aire caliente se aplican entre 40 y 70 °C durante 24 a 1 horas también respectivamente, aunque el agua caliente es más eficaz. Las limitaciones de uso de estos pretratamientos residen en los riesgos de daños a los productos, la ausencia de protección residual frente a la reinfección y los costos energéticos (Mitcham y Cantwell, 1995).

Más recientemente se ha propuesto en Israel la utilización a escala industrial de agua a 52°C en ducha (durante 15 segundos) o en baño (durante 1 minuto) combinada con un cepillado con rodillos rotatorios. Este tratamiento fue eficaz para reducir los ataques de *Botrytis cinerea* e inhibir los daños por el frío en tomates pintones almacenados 15 días a 5 ó 12°C, seguidos de 3 días a 22°C y podría prolongar la vida comercial de los tomates más de 3 semanas a 5°C (Fallik *et al.*, 2002).

La aplicación de películas comestibles elaboradas con quitosano, derivado de un polímero de la pared celular fúngica, para conseguir atmósferas modificadas individuales en el tomate, se ha desarrollado con éxito en el control de hongos fitopatógenos. Su efecto se atribuye a la estimulación de mecanismos físicos y químicos de resistencia antifúngica, incluido el frenado de la maduración, puesto que con ella se pierden numerosas defensas naturales del fruto. Análogamente sucede con los tomates transgénicos de larga duración, incapaces de biosintetizar etileno, o en los que se estimula la producción de fitoalexinas, quitosano o  $\beta$ -1-3 glucanasa, o en los que se incapacita la biosíntesis de PG para que resista a *Botrytis cinerea* como un fruto verde inmaduro (Labavitch y Lange, 1995). También se ha propuesto la aplicación de películas comestibles de derivados celulósicos en tomates para inactivar la *Salmonella montevideo* (Zhaung, 1996).

## 5.- AVANCES NECESARIOS

Los tratamientos físicos citados para reducir las podredumbres y los daños por el frío en el tomate deben desarrollarse a escala comercial, lo que resulta aún complejo. La aplicación de calor mediante aire o agua, solo o combinado con reducidas dosis de fungicidas o con baja radiación UV-C, debe estar entre los prioritarios (Artés, 2004a; Ben-Yehoshua, 2003).

Actualmente la ingeniería genética permite introducir atributos deseables en frutos para mejorar el sabor, aroma o color (por ejemplo los trabajos para la mejora del color son intensos y los avances muy apreciables, según Kabelka *et al.*, 2004). De hecho, el primer producto alimentario transgénico fue el tomate FLAVr SaVR con reducida actividad PG, con cierto éxito comercial. Pero otros factores importantes para la calidad postrecolección del tomate, como la resistencia a los daños por el frío o a ciertos patógenos no han sido completamente resueltos aún y deberán ser investigados. Existe mucho por hacer en este campo, como también en el aumento del contenido en productos de tipo nutracéutico, y los

rápidos avances en la genómica funcional podrán aportar genes candidatos para ser manipulados (Artés, 2004a).

Sin embargo, la preocupación de los consumidores por los alimentos modificados genéticamente debe hacer buscar a los investigadores en este campo otras posibles alternativas para mejorar la calidad y seguridad del tomate fresco.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aguayo, E., Jiménez, J. y Artés, F. 2001. Caracterización agronómica y atributos de calidad de dieciséis variedades de tomate para procesado en fresco. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 159: 83-88.

Alique, R. 1994. Propuesta de un nuevo índice de calidad y madurez de frutos climatéricos. En: *Maduración y Postrecolección. La calidad en frutos y hortalizas*. Edits: Albi, M.A., Gutiérrez, F. y Roca, M. Edit. SEFV, SECH y CSIC. 345-350.

Artés, F. 1974. Generación y estabilización de atmósferas especiales mediante el empleo de membranas de polímeros plásticos. Aplicaciones a la conservación en atmósfera controlada de tomate. *Memorias CEBAS-CSIC*. XIV. 258: 1-12.

Artés, F. 1995a. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofrutícola en la postrecolección. I. Pretratamientos térmicos. *Revista Española Ciencia Tecnología Alimentos*. 35 (1), 45-64.

Artés, F. 1995b. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofrutícola en la postrecolección. II. Tratamientos térmicos cíclicos. *Revista Española Ciencia Tecnología Alimentos*. 35 (2) 139-149.

Artés, F. 1997. El frío y la alimentación en el mundo. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 1: 61-64.

Artés, F. 1998. Avances recientes en la postrecolección de productos hortícolas. *Phytoma*. 100: 167-176.

Artés, F. 1999. Nuevas tendencias en la postrecolección del tomate fresco. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 5: 143-151.

Artés, F. 2000. Conservación de los productos vegetales en atmósfera modificada. En: *Aplicación del frío a los alimentos*. Ed: M. Lamúa. Edit. Mundi Prensa. Cap. 4. 105-125.

Artés, F. 2004a. Refrigeration for preserving the quality and enhancing the safety of plant foods. *Bull. Inter. Inst. Refrigeration*. LXXXIV, 1: 5-25.

Artés, F. 2004b. Mejora de la calidad hortofrutícola mediante la conservación en atmósfera modificada. Innovaciones recientes y experiencia de España. *Congreso Brasileiro d'Engenharia Agrícola*. Sao Pedro. Agosto. CD rom.

Artés, F. y Artés-Hernández., F. 2004. Reducción de daños por el frío en la refrigeración hortofrutícola. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 186: 56-64.

Artés, F. y Escriche A.J. 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. *Journal of Food Science*. 59: 1053-1056.

Artés F. y Gómez, P. 2003. Packaging and colour control: the case of fruit and vegetables. In: *Novel Food Packaging Techniques*. Ed. R. Avenhainen. Edit. CRC Press and Woodhead Publishing Ltd. Chapter 20. 416-438.

Artés, F., Mínguez M.I. y Hornero, D. 2002. Analysing changes in fruit pigments. In: *Colour in Food. Improving Quality*. Ed. D. B. Mac Dougall. Edit. CRC Press and Woodhead Publishing Ltd. Chap. 10: 248-282.

Artés, F., Sánchez, E. y Tijskens, L.M.M. 1998a. Quality and shelf life of tomato improved by intermittent warming. *Lebensm. Wissenschaft und -Technology* 31, (5): 427-431.

Artés, F., Fernández-Trujillo, J.P., García, F. y Rus, A. 1997. Intermittent warming and intermittent cooling during cold storage of long life tomatoes. XIII Meeting Eucarpia Tomato Working Group. Jerusalem. Israel.

Artés, F., García, F., Marquina, J., Cano, A. y Fernández-Trujillo, J.P. 1998b. Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. *Postharvest Biol. Technol.* 14:3, 283-296.

Báez, R., Ojeda, C.J., Mercado, R.J.N., Mendoza, W.A.M. y Bringas-Taddei, E. 1998. Manejo de postcosecha del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). En: *Manejo Postcosecha de Frutas y Verduras en Iberoamérica*. Ed. CYTED. Edit: R. Báez. 15:104-109.

Beecher, G. 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proc. Soc. Experimental Biology Medicine*. 218, 98-100.

Ben-Yehoshua, S. 2003. Effects of postharvest heat and UV applications on decay, chilling injury, and resistance against pathogens of citrus and other fruits and vegetables. *Proc Int Conf Postharvest Unlimited*. B.E. Verlinden, B.M. Nicolaï and J. de Berdemaecker (Eds). *Acta Horticulturae*. 9:159-173.

Billiard, F., Letang, G. y Philippon, J. 1995. Specificities of vegetables in the chain of fresh produce. *Bull. International Institut Refrigeration*. LXXV, 1: 5-11.

Burchill, R.T. 1992. Strategies for the control of postharvest diseases of vegetables. *Postharvest News and Information*. 3, 4: 81N-83N.

Buttery, R.G., Teranishi, R. y Ling, L. C. 1987. Fresh tomato volatiles: a quantitative study. *J. Agric. Food Chem.*, 35: 540-544.

Cantwell, M. y Kasmire, R.F. 2002. Postharvest handling systems: fruit vegetables. En: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. Edit. A.A. Kader. University of California. 33: 407-421.

Casas, J.L., Moreno, A., Cuartero, J., Artés, F., Marin, J.G. y Acosta, M. 1994. Comportamiento post-cosecha de frutos de tomate de larga duración. En: *Maduración y Postrecolección. La calidad en frutos y hortalizas*. Edits: Albi, M.A., Gutiérrez, F. y Roca, M. Edit. SEFV, SECH y CSIC. 353-358.

Colelli, G., Sánchez, M.T. y Torralbo, F.J. 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato. *Alimentaria*. (342): 67-70.

Escriche, A.J. y Marín J.G. 1995. Alteraciones de origen patológico en la postrecolección. III. Tomate. *Phytoma*. 65: 26-33.

Escriche, A.J., Artés, F. y Martínez, J.A. 1993. Alteraciones de origen patológico en la postrecolección. I. Alcachofa. *Phytoma*. 53: 12-14.

Escriche, A.J., Bernal, M., Marín, J.G., Medina, F. y Artés F. 1991. Cambios químicos asociados con la conservación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv Bornia F1 en la postrecolección. *Agrochimica XXXV*: 490-501.

Escriche, A.J., Tomás, M., Artés, F., Guzmán, G. y Marín, J.G. 1988. Estudios sobre la maduración de tomate para conserva. *Aliment. Equipos Tecnol.* 6:121-129.

Fallik, E., Ilic, Z., Alkalai-Tuvia, S., Copel, A. y Plevaya, Y. 2002. A short hot water rinsing and brushing reduces chilling injury and enhances resistance against *Botrytis cinerea* in fresh harvested tomato. *Adv. Hort. Sci.* 16(1): 3-6.

Fernández-Trujillo, J.P., García, F. y Artés, F. 2001. Vida comercial e índices de calidad del tomate "Durinta" durante su maduración postcosecha. *Actas de Horticultura*. Edit. SECH. 3: 1185-1192

Giovannoni, J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell*. 16: 170-180.

González, A., López, J., Vicente, F.E. y Fernández, J.A. 2004. Panorama hortícola de la Región de Murcia. *Agrícola Vergel*, Junio, 308-317.

Gross, K.C. Wang, C. Y. y Saltveit, M. 2003. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *Agricultural Handbook 66*. USDA.

International Institute of Refrigeration. 1995. Guide to refrigerated transport. Edits: R. Heap, R. Bennahmias, A. Sharp y M. Amodio. Ed. IIR. 150 pág.

International Institute of Refrigeration. 1996. The role of refrigeration in worldwide nutrition. Paris. Nov. 2 pág.

Kabelka, E., Wencai, Y. y Francis, D.M. 2004. Improved tomato fruit color within an inbred backcross line derived from *Lycopersicon esculentum* and *L. hirsutum* involves the interaction of loci. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(2): 250-257.

Kader, A.A. 1993. Postharvest handling. En *The Biology of Horticulture*. An Introductory Textbook. J. Willey & sons, Inc. New York. Cap. 15. 352-377.

Kader, A.A. 1997. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. *Proceedings CA'97 Conference*. Davis. California. USA. 1-34.

Kader, A.A. 2000. Modified atmospheres during transport and storage. En: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. Edit. A.A. Kader. University of California. 11: 85-92.

Labavitch, J.M. y Lange, D.L. 1995. To rot or not to rot, that is the question. *Perishables Handling Newsletter*. 82: 26-28.

López-Camelo, A.L., Gómez, P. y Artés, F. 2003. Use of a\* and b\* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid biosynthesis during postharvest tomato ripening. *Acta Horticulturae*, 599: 305-308.

Marcellin, P. 1992. Les maladies physiologiques du froid. En: *Les végétaux et le froid*. Ed. D. Côme. Ed. Hermann. París. 53-105.

Mir, N., Canoles, M., Beaudry, R., Baldwin, E. y Chhatar, P.M. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(1): 112-120.

Mitcham, B. y Cantwell, M. 1995. Heat treatments for control of postharvest decay. *Perishables Handling Newsletter*. 82: 13-16.

Mondal, K., Sharma, N.S., Malhotra, S.P., Dhawan, K. y Singh, R. 2003. Oxidative stress and antioxidant systems in tomato fruits during storage. *J. Food Biochem.* 27(6): 515-527.

Moras, P., Bardet, M.C., Planton, G. y Giusfredi, L. 1994. Effets combinés du stade de récolte et de la température sur l'évolution de la qualité de la tomate. *Edit. Inst. Inter. Froid. Science et Technique du Froid*, 5: 37-45.

Nerín, C. 2004. Pros y contras de la migración. Los nuevos retos de del Siglo XXI en alimentos envasados. III Cong. Español de Ingeniería de Alimentos. Pamplona. CD rom.

Powell, A.L.T., Kalamaki, M.S., Kurien, P.A., Gurrieri, S. y Bennett, A.B. 2003. Simultaneous transgenic suppression of LePG and LeExp1 influences fruit texture and juice viscosity in a fresh market tomato variety. *J. Agric. Food Chem.* 51(25): 7450-7455.

Riquelme, F. 1995. Postcosecha del tomate para consumo en fresco. En: *El cultivo del tomate*. Ed. F. Nuez. Edit. Mundi Prensa. 15: 590-623.

Shewfelt, R.L., Thai, C.N. y Davis, J.W. 1988. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. *J Food Sci.*, 53, (5), 1433-1437.

Sun, X.S., Zhi, H.W., Zhi, Q.L., Wen, H.W. y Zhi, Y.Z. 2003. Effects of 1-MCP on post-harvest physiology of tomato. *Scientia Agricultura Sinica*. 36(11): 1337-1342.

Ulrich, R. 1995. Le froid et le bien-être de l'homme. En: *La chaîne du froid*. Edit. Hermann. París. Cap1, 1-29.

Web site, 2004. [www.tomato.org/food/color.html](http://www.tomato.org/food/color.html) consultada en septiembre.

Yang, C.C. y Chinnan, M.S. 1987. Modelling of color development of tomatoes in modified atmosphere storage. *Transactions of the ASAE*, 30, 2, 548-553.

Zhaung, R., Beuchat, L.R., Chinnan, M.S., Shewflet, R.L. y Haung, Y.W. 1996. Inactivation of *Salmonella Montevideo* on tomatoes by applying cellulose-based edible films. *J. Food Protection*, 59 (8), 808– 812.