

Tecnología para regular el proceso de maduración en tomate

Jessie E. Inestroza

Colonia Primavera 1107, Calle Principal, Tegucigalpa, Fancisco Mrazan, Honduras

Resumen

La captación de divisas a través de la exportación representa un objetivo permanente por parte de los productores frutihortícolas. Tratándose el tomate de un producto altamente perecedero, el mayor obstáculo enfrentado es el alto costo de transporte, generalmente aéreo. La calidad comercial de todo producto vegetal almacenado depende de factores externos como la temperatura, humedad relativa, contenido de oxígeno, anhídrido carbónico y etileno, y de otros propios del producto (madurez, sanidad, tamaño). La implementación de nuevas tecnologías para regular los procesos de maduración y senescencia permitiría

incrementar el período de vida comercial del tomate, logrando de esta forma aprovechar las ventajas comerciales de la contra estación.

En el presente trabajo se describe el manejo apropiado de los factores mencionados, como también el uso de atmósfera modificada y la aplicación de tratamientos químicos: etanol, etileno y ácido giberélico, para regular la maduración y optimizar la vida comercial del tomate en fresco.

Palabras claves: Poscosecha - Almacenamiento - Etileno - Ácido giberélico - Atmósfera modificada

Technological advances contributing to delay of the ripening process in tomato

Summary

One of the main objects of fruit and vegetable producers is to be able to venture into export markets. The feasibility of their goal relays on reducing transportation costs, essentially by air, due to the short storage potential of the commodity.

Several factors contribute to the postharvest quality of tomatoes. among these are temperature, relative humidity, maturity at harvest, ethylene concentrations, rate of respiration, storage conditions and postharvest treatments.

This paper deals with correct management of the parameters mentioned before and the inclusion of modified atmospheres or the application of chemical treatments such as ethanol, ethylene and gibberellic acid in order to help prolong the storage life and maintain quality of highly perishable products making possible sea freightage.

Key Words: Postharvest - Storage - Modified Atmosphere - Ethanol - Gibberellic Acid - Ethylene

1. Introducción

El comercio internacional de tomate en fresco es difícil debido a la alta perecibilidad del producto, la superposición en las épocas de cosecha de los importadores y exportadores, alta oscilación de precios en la estación y gran variación en la calidad (2).

La maduración de tomates involucra alteraciones en el metabolismo y la composición celular. La degradación de clorofila y almidón en los cloroplastos, y la síntesis de licopeno y β -caroteno, transforman a estos orgánulos en cromoplastos. La vacuola sufre cambios en los ácidos orgánicos y se producen alteraciones en la actividad

respiratoria de las mitocondrias. La síntesis de enzimas involucradas en la solubilización parcial de los componentes de las paredes celulares resulta en un ablandamiento (28, 16) (Figura 1).

En el siguiente trabajo se describen factores intrínsecos del tomate (calidad inicial, estado de madurez, tasa de respiración), y externos (temperatura y humedad relativa), que inciden en el proceso de maduración. como también tecnologías adecuadas para optimizar la vida comercial (uso de atmósfera modificada y tratamientos químicos de poscosecha como etanol, ácido giberélico y etileno).

2. Factores involucrados en el almacenamiento frigorífico

2.1. Calidad inicial y estado de madurez

El correcto manejo poscosecha de los productos frutihortícolas no mejora sino que mantiene la calidad inicial de los mismos. Por esta razón se debe contar con tomates sin rajaduras superficiales, magulladuras, golpes y cualquier otro deterioro. Los daños mecánicos disminuyen la calidad visual incrementan la pérdida de agua y sirven como vía de entrada de organismos detrimentales (18).

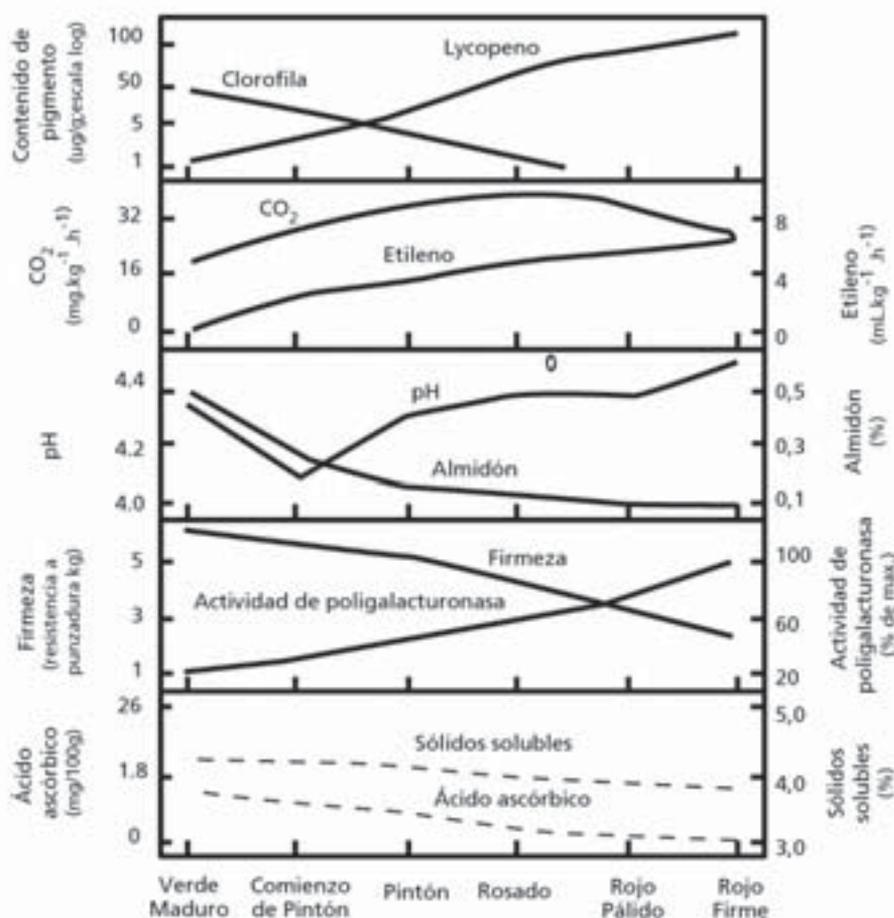


Figura 1. Algunos cambios físico-químicos producidos durante la maduración de frutos de tomate. (Adaptado de Wills, R.B.H.; W.B. McGlasson, D. Graham; T.H. Lee and E.G. Hall. 1988. Postharvest. BSPProfessional Books. Oxford. p.21

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa recomendada en la conservación convencional de frutos de tomate

Estado de madurez	Temperatura (°C)	H.R. (%)
Verde maduro (100% verde)	12,5-15	90-95
Rojo pálido (60-90 % rojo)	10-12,5	90-95
Firme maduro (90 % rojo)	7-10	90-95

(Adaptado de: Suslow, T.V. and M. Cantwell. 1997. Tomato: Recommendations for maintaining Postharvest quality.: Produce Facts. U. of Davis, CA. 4 p.)

El grado de madurez a la cosecha es otro factor que incide sobre la calidad final de producto y el período de almacenamiento. Frutos cosechados con menor grado de madurez son más firmes y por lo tanto se minimiza el daño mecánico durante todas las etapas poscosecha que involucre su manipulación.

En general, el momento oportuno de cosecha se determina utilizando índices de madurez, basados en parámetros de color, tamaño, firmeza y desarrollo de ceras. Existen índices complementarios como la tasa de respiración, composición química, producción de volátiles y gravedad específica (20, 7).

En términos generales los frutos de tomate cosechados en estado verde maduro, en condiciones de refrigeración se conservan cerca de un tercio más de tiempo que los grados más avanzados (13).

El mínimo estado de madurez aceptable al cual se puede cosechar el tomate está definido por índices concernientes a la estructura interna: las semillas están completamente desarrolladas y no son dañadas al cortar el fruto; la formación avanzada de mucílago en por lo menos un lóculo y la formación de material de aspecto gelatinoso en los lóculos restantes (30).

2.2. Temperatura y humedad relativa

Las bajas temperaturas solas o combinadas con alta humedad relativa, son la herramienta más tradicional y efectiva para frenar el proceso de maduración y la actividad microbiana (12).

Kader *et al.* (19) diferencia a los vegetales por su adaptación a la temperatura en el campo, en dos grupos generales: los que crecen bien bajo temperaturas en un rango de moderado a bajo y que pueden soportar heladas ligeras, y los que solo crecen bien a temperaturas relativamente altas y no toleran heladas (32).

El tomate, al ser de origen tropical, presenta su límite de temperaturas de conservación en el rango de 7 a 12 °C. El uso de temperaturas inadecuadas en tomate causa lesiones superficiales deprimidas, amarronamiento de semillas, coloración despereja, susceptibilidad a enfermedades, incremento en la tasa respiratoria y producción de etileno (31). Las temperaturas y humedad recomendadas para el almacenamiento se describen en la Tabla 1.

2.3. Tasa de respiración

La posible vida comercial de un producto hortifrutícola es inversamente proporcional a su tasa respiratoria (7). La respiración es un proceso bioquímico complejo en el cual los carbohidratos, polisacáridos, ácidos orgánicos y otras fuentes energéticas se metabolizan a moléculas más simples generando calor, anhídrido carbónico, agua y energía (24).

La pérdida de sustancias de reservas después de la cosecha resulta en una aceleración del proceso de senescencia. La utilización de esqueletos carbonados durante la respiración representa una disminución en el precio del producto por utilizarse un sistema de mercadeo basado en peso (3, 21).

3. Tecnologías para regular el proceso de maduración

3.1. Tratamientos químicos

Ácido Giberélico

El ácido giberélico no reduce la síntesis de etileno sin embargo influye regulando su actividad y su producción bajo condiciones de estrés, asimismo retrasa la degradación de las paredes celulares. Este ácido a diferencia del etileno disminuye la degradación catabólica de la clorofila (24).

El ablandamiento en frutos de tomate es atribuido al incremento en los niveles de celulasa y poligalacturonasa. La aplicación exógena de ácido giberélico causa una reducción en la actividad de la celulasa y bloquea, casi totalmente, el incremento en la actividad de la poligalacturonasa. La tasa de ablandamiento en frutos de tomate se ve disminuida por este efecto en casi la mitad en comparación con frutos no tratados (4).

Etanol

El etanol es un compuesto natural producido por los tejidos vegetales bajo condiciones de anaerobiosis. La aplicación en concentraciones altas inhibe la maduración. En frutos de tomate la aplicación de vapores de

etanol durante 3 horas disminuyó la producción de CO_2 y C_2H_4 durante el salto climatérico, la síntesis de licopeno y la pérdida de clorofila, demostrando que este alcohol inhibe la acción y síntesis de etileno (27).

Las propiedades antimicrobianas del etanol son ampliamente conocidas y se ha utilizado en la conservación de productos de panadería, quesos y pescado semi-seco (6).

Etileno

La falta de sincronización del proceso de maduración presenta serios problemas logísticos y económicos para la agroindustria, aún contando con el mejoramiento genético y las más avanzadas prácticas agronómicas (22).

El C_2H_4 es una hormona que regula aspectos relacionados con el crecimiento, la maduración y la senescencia, especialmente de frutos climatéricos (34). En estos frutos la manipulación del C_2H_4 puede promover o inhibir la maduración.

El aumento en la concentración de C_2H_4 , en frutos climatéricos, como el tomate, es autocatalítico por lo tanto una adición exógena de etileno sirve de mecanismo de disparo para el proceso de maduración (3, 1). En frutos preclimatéricos la aplicación exógena de concentraciones bajas ($0,1-1 \mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ C_2H_4) son eficaces acelerando el proceso de maduración (Figura 2)

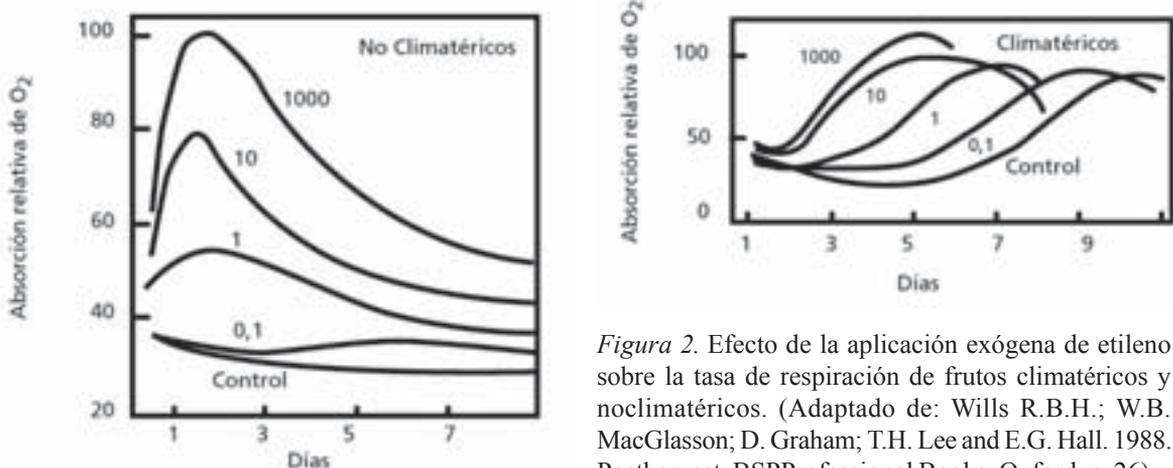


Figura 2. Efecto de la aplicación exógena de etileno sobre la tasa de respiración de frutos climatéricos y noclimatéricos. (Adaptado de: Wills R.B.H.; W.B. MacGlasson; D. Graham; T.H. Lee and E.G. Hall. 1988. Postharvest. BSPProfessional Books. Oxford. p. 26)

La aplicación exógena promueve la conversión de ácido (ACC) a ácido malonil 1-aminociclopropano 1-carboxílico (MACC) provocando un adelanto en la respiración climatérica que será proporcional a la concentración de etileno aplicada (Figura 2).

A nivel comercial el tratamiento de maduración para frutos de tomate consiste en la aplicación de 100-150 $\mu\text{l}\cdot\text{litro}^{-1}$ de C_2H_4 durante 24-48 h a 20-25 °C y 85-90 % H.R. La aplicación se efectúa dentro de una cámara hermética mediante un generador de etileno y un sistema de flujo continuo o intermitente (18).

Yang (1980) considera que existen cuatro niveles donde la regulación del etileno resulta eficiente en el control de la maduración: 1) controlando los niveles de la hormona en el tejido mediante su adición o remoción, 2) Regulando los niveles, en el tejido, mediante la inhibición o estimulación de su biosíntesis, 3) Modificando las características y número de receptores de la hormona, 4) Modificando la expresión génica del fruto (incorporación genes *rin* o *nor*).

Existen muchos compuestos que inhiben la acción o la biosíntesis de etileno como: la aminoetoxivinilglicina (AVG), el ácido aminoetoxiacético (AOA) (8), el ácido α -aminoisobutírico (AIBA), los iones de plata, libres (ioxinil, broinoxinil, 3,4,5 triclorofenol, n-propilgallate, ácido nordihidrogauaiarético, benzoato de sodio), etanol, las atmósferas con bajos niveles de oxígeno, las poliaminas (putrecina, espermidina, espermina) y los desacoplantes (29, 30, 34). La posibilidad de utilizar muchos de ellos a nivel comercial en productos comestibles es remota, por desconocerse con exactitud su implicación sobre la salud humana.

3.2. Conservación en atmósfera modificada

Los bajos niveles de oxígeno también disminuyen la velocidad de los procesos de maduración y retardan la producción de

etileno, extendiendo la vida comercial de los productos frutihortícolas (6, 7). En frutas y hortalizas cosechadas, la reducción de los niveles de oxígeno se puede lograr con embalajes plásticos, a través de la respiración del propio producto (20, 25).

El sector de frutos frescos y vegetales muestra el mayor incremento en la utilización de embalajes plásticos dentro de la industria alimenticia (6). La modificación de la atmósfera que rodea al producto vegetal dentro de un polímero plástico se puede lograr en forma pasiva o activa.

Atmósfera modificada pasiva

La permeabilidad de las películas plásticas determina la concentración de O_2 y CO_2 como el tiempo de demora en alcanzar un balance entre la tasa de respiración del producto y la selectividad de la película (9, 5).

Lograr los niveles óptimos de O_2 y CO_2 deseados suele ser un problema de difícil solución. Para que esto no ocurra, los requerimientos del producto y la selectividad CO_2/O_2 de la película plástica deben ser iguales (5), de lo contrario se debe priorizar el flujo de oxígeno, por ser éste un factor crítico en la conservación bajo atmósfera modificada (AM) (17).

Los límites de tolerancia a niveles bajos de O_2 y altos de CO_2 , están sometidos a variables como: tipo de producto, cultivar, temperatura, condición fisiológica, madurez, tratamientos preventivos y duración de la exposición a estas condiciones (35, 20).

En general se apunta a alcanzar la concentración de oxígeno en la cual la producción de anhídrido carbónico es mínima. El límite mínimo tolerable de O_2 es de 2-3 % para frutos de tomate bajo condiciones de atmósfera modificada, niveles inferiores resultan en anaerobiosis y en consecuencia desarrollo de olores y sabores indeseables. Asimismo concentraciones de CO_2 superiores a 5 % producen lesiones deprimidas de color

oscuro (*pitting*) que se intensifican con el daño por frío (20, 27,31).

Geeson *et al.* (1985) y Nakhasi *et al.* (1991) utilizando diferentes materiales de empaque fabricados con polímeros plásticos, PVC (0,025 mm) y polietileno (0,044 mm) respectivamente, obtuvieron concentraciones de CO₂ (5.14-8 %) que superan las recomendadas para la conservación de tomate bajo AM.

Atmósfera modificada activa

El uso de adsorbentes de CO₂ y de etileno representa una herramienta más para posibilitar el desarrollo de atmósferas adecuadas dentro del embalaje plástico. La selección del compuesto adsorbente difiere según el producto y su tasa respiratoria, temperatura y período de conservación (10).

Adicionalmente los adsorbentes de etileno pueden utilizarse para demorar el tiempo hasta el salto respiratorio que en tomate coincide con la máxima concentración de etileno. Los adsorbentes de anhídrido carbónico previenen la generación de niveles fisiológicamente detrimentales durante la conservación de productos altamente sensibles a este gas.

4. Consideraciones finales

El correcto manejo poscosecha del tomate u otros productos frutihortícolas no mejora, solo mantiene la calidad inicial de los mismos. La vida comercial depende, además de una selección adecuada del producto, de la disminución rápida de la temperatura de almacenamiento hasta el nivel deseado, procurando la menor variación a lo largo de la conservación, y del mantenimiento de la humedad relativa evitando la deshidratación del fruto.

El sistema de conservación en atmósfera modificada con niveles inadecuados de O₂, y CO, y el uso de tratamientos químicos en dosis no apropiadas, pueden disminuir el período

de almacenamiento. Por lo tanto es imprescindible la aplicación adecuada de estas técnicas.

Algunos de los beneficios logrados con su implementación son: mayor flexibilidad en la comercialización de productos frescos, factibilidad del transporte marítimo lo cual disminuye los costos de comercialización, y la disminución de las pérdidas durante el almacenamiento permitiendo el acceso a nuevos mercados.

Bibliografía

1. ABELES, F.B.; MORGAN, P.W. & M.E. SALVEIT. 1992. Ethylene in plant biology 2° ed. San Diego, Academic Press. Calif. p. 182-210.
2. MERCADO de exportación para el tomate en fresco 1993. Agroeconómico. Fundación Chile. p.10-16.
3. BRADY, C.J. 1987. Fruit ripening. Ann. rev. Plant Physiol. 38:155-179.
4. BABBIT, J.; POWERS, M. & M. PATTERSON. 1973. Effect of growth regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color and texture of ripening tomatoes. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 98(1):77-81.
5. CHRISTIE, G.B.Y.; MACDIARMID, J.I.; SCHLIEPHAKE, K. & R.B. TOMPKIN. 1995. Determination of film requirements and respiratory behaviour of fresh produce in modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Technol. 6(1/2):41-54.
6. CHURCH, N. 1994. Development in modified atmosphere packaging and relative technologies. Trends Food Sd. Technol. 5(11):345-352.
7. DAY, B.P.F. 1994. Modified atmosphere and active packaging of fruits and vegetables. In: Int. Symnp. Minimal Proc. of Foods. Majvik, Kirkkonumi. Finland (14-15 April, 1994).
8. EDWARDS, J.I.; SALVEIT, M.E. & W.R. HENDERSON. 1983. Inhibitions of lycopene synthesis in tomato pericarp tissue by inhibitors of ethylene biosynthesis and reversal with applied ethylene. J. Arner.Soc. Hort. Sci. 108(3):512-514.
9. EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R.W.; LEE, L.Z. & C. TOUPIN. 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruit and vegetable. J. Food Sci. 58(6):1365-1370.
10. FURLANI, M.R. 1992. Chemical inserts for improving atmosphere packaging technology of fruits and vegetables. M. Sci. Thesis. Ont. Canada. Univ. of Guelph.

11. FURLANI, MR. 1993. Conservación de vegetales en atmósfera modificada. Informe Frutihortícola. Bs. As. n° 102. oct. p. 2.
12. FURLANI, M.R. 1995. Seminario sobre el uso del frío en la comercialización de frutas y hortalizas (Nov. 1995. Mendoza). Mendoza, Argentina. p.77.
13. FURLANI, M.R. & M.L. RIVERO. 1995. Desarrollo de tecnología de poscosecha de tomate y durazno. Informe Anual Proyecto Estratégico de Investigación (80-027). INTA.. Argentina.
14. GEESON, J.D.; BROWNE, K.M. & F. GUARALDI. 1986. The effects of ethylene concentration in controlled atmosphere storage of tomatoes. *Ann. Appi. Biol.* 108:605-610.
15. GEESON, J.D.; BROWNE, KM.; MADISON, K.; SHEPHERD. J. & F. GUARAICH. 1985. Modified atmosphere packaging to extend the shelf life of tomatoes. *J. Food Technol.* 20:339-349.
16. GRIERSON, D. 1987. Senescence in Fruits. *Hort Science.* 22(5):859-862.
17. FLINTLIAN, C.B. & J.H. HOTCHKISS. 1986. The safety of modified atmosphere packaging a review. *Food technol.* 40(12):47.
18. HAMDENHURG, R.E.; WATADA, A.E. & C.Y. WANG. 1986. The comercial storage of fruits, vegetables and florist nursery stock. *Agriculture Handbook N° 66.* 130 p.
19. KADER, A.A.; LYONS. J.M. & L.L. MORRIS. 1974. Postharvest responses to preharvest field temperature. *Hort. Sci.* 9(6):523-527.
20. KACLER, A.A.; ZAGORY, D. & E.L. KERBEL. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28:1-30.
21. KAYS. S.T. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. N.Y Van Nostrand Reinhold, p.532.
22. MC.GLASSON. W.B. 1985. Ethylene and fruit ripening. *Hort. Sci.* 20(1):51-54.
23. NAKHASI. S.; SCHLIMRNE, D. & T. SOLOINOS. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. *J. Food Sci.* 56(1):55-59.
24. SALISBURY, F.B. & C.W. ROSS. 1992. *Plant Physiology.*
25. SALVEIT, M.E. 1989. A summary of requirements and recommendations for the controlled and modified atmosphere storage of harvested vegetables. In: *Proc. 5th Int. Conf. (June, 1989). Wenatchee, Wash. (2):329-352.*
26. SALVEIT, M.E. & F. MENCARELLI. 1988. Inhibition of ethylene synthesis and action in ripening tomato fruit by ethanol vapours. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(4):572-576.
27. SALVEIT, M.E. & A.R. SHAROF. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5):793-798.
28. SALUNKE. D.K. & M.T. WU. 1973. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes of tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(1):12-14.
29. SHERMAN, M. 1985. Control of ethylene in postharvest environment. *Hort. Sci.* 20(1):57-59.
30. SUSLOW. T.V. y M. CANTWELL. 1997. *Tomato: Recomendations for maintaining Postharvest quality. Produce Facts. U. of Davis. CA.* 4 p.
31. WANG, C.Y. 1987. Use of ethylene biosynthesis inhibitors in horticulture. *Acta Horticulturae* 201:187-192.
32. WANG, C.Y. 1990. *Chilling injury of horticultural crops. Press. Boca Raton, Fla. CRC.* 313 p.
33. WILLS, R.B.H.; MCGLASSON. W.B.; GRAHAM, D.; LEE, T.H. & E.C. HALL. 1989. *Postharvest. Oxford. BSP Professional Books.* 174 p.
34. YANG, S.F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. *Hort. Sci* 15(3):238-243.
35. YANG, S.F. 1987. Regulation of biosynthesis and action of ethylene. *Acta Horticulturae* 201:53-59.
36. ZAGORY, D. & A.A. KREDER. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42(9):70-77.