

Prefacio

Maduración de la Fruta y Manejo del Etileno es un taller del Centro de Tecnología Poscosecha de UC Davis, que se lleva a cabo durante la primavera en colaboración con la División de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California.

Dado que los consumidores se han acostumbrado a encontrar todo el año en los supermercados productos frescos, maduros y listos para comer, este taller está dirigido a embarcadores y distribuidores, tanto mayoristas como minoristas, relacionados con la maduración de frutas y hortalizas. Nuestro objetivo es impartir conocimientos que generen ganancias y proporcionen a los consumidores deliciosas frutas y hortalizas listas para su consumo. Con este fin, se abordarán, entre otros, los siguientes temas: biología de la producción de etileno, tecnología para las condiciones óptimas de maduración de la fruta, demostraciones de equipos y explicaciones específicas acerca de determinadas frutas.

Esta publicación fue preparada para atender a las necesidades de esta clase y de la industria hortícola en general. En un futuro esperamos que el centro de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California publique las lecciones en forma de libro.

Estamos interesados en cualquier desarrollo que conduzca al mejoramiento de la maduración de los productos hortofrutícolas, por esta razón, si usted tiene conocimiento de los resultados de alguna investigación o de productos importantes que no hayamos incluido en este taller, o bien, si encuentra algún error en el texto, le rogamos, por favor, se comuniquen con el autor principal del capítulo correspondiente. A continuación, se ofrece la lista de autores y su información de contacto.

Asimismo, queremos agradecer a Emma Lee Branch su ayuda en la actualización del Directorio de Recursos.

Carlos Crisosto & Irvin Donis-Gonzales, Editores Técnicos
Susana Pinar García, Editora
chcrisosto@ucdavis.edu

Autores

Mary Lu Arpaia
Subtropical Fruits
(559) 646-6561
mlarpaia@ucdavis.edu

Elizabeth (Beth) Mitcham
Fruits & Nuts
(530) 752-7512
ejmitcham@ucdavis.edu

Marita Cantwell de Trejo
Vegetables
(530) 752-7305
micantwell@ucdavis.edu

Michael Reid
Ornamentals
(530) 867-3684
msreid@ucdavis.edu

Carlos Crisosto
Fruits & Nuts
(530) 752-75496
chcrisosto@ucdavis.edu

Trevor Suslow
Vegetables
(530) 754-8313
tvsuslow@ucdavis.edu

Adel Kader
(posthumously)
Fruits & Nuts
aakader@ucdavis.edu

Jim Thompson
Fruits & Nuts, Facilities
(916) 213-7821
jthompson@ucdavis.edu

POSTHARVEST TECHNOLOGY CENTER
University of California, Davis
<http://postharvest.ucdavis.edu>

Madurez, maduración y relaciones de calidad de la fruta

por Adel A. Kader

Introducción

La calidad, o el grado de excelencia o superioridad de las frutas frescas y sus productos, es la combinación de atributos, propiedades y características que dan valor a cada producto básico como alimento humano. La importancia relativa de cada uno de los elementos que componen la calidad depende del producto y uso al que esté dirigido (uso fresco o procesado), y varía en función de los productores, distribuidores y consumidores. En el caso de los productores, cada producto dado debe poseer un alto rendimiento y una buena apariencia, ser de fácil cosecha y ha de soportar su envío a mercados situados a grandes distancias. La calidad de la apariencia, firmeza y duración en almacenamiento son importantes desde la perspectiva de los vendedores mayoristas y minoristas. Los consumidores juzgan la calidad de las frutas frescas basándose en su apariencia (incluida su “frescura”) y firmeza en el momento de la compra, y su nueva adquisición dependerá de la satisfacción inicial del consumidor en términos de su calidad gustativa. Las frutas frescas dan mucho más que color y sabor a nuestra dieta, son una importante fuente de energía, vitaminas, minerales, fibra y otros muchos fitonutrientes que mejoran la salud humana, razón por la que los consumidores se muestran igualmente interesados en su calidad nutricional.

Los índices de madurez son importantes para indicar el momento en que debe cosecharse determinado producto a fin de proporcionar cierta flexibilidad comercial y garantizar una calidad de consumo aceptable. Sin embargo, estos dos objetivos no siempre son compatibles. La necesidad de enviar la fruta a larga distancia hace a menudo que se coseche cuando aún no ha adquirido el grado de madurez fisiológica ideal, lo que resulta a su vez en una calidad inferior a la óptima para el consumidor. La mayoría de los índices de madurez son también factores de calidad, si bien hay muchos índices de calidad importantes que no son utilizados para determinar la etapa óptima de cosecha. La calidad gustativa de las frutas no puede determinarse con precisión haciendo uso únicamente de factores relacionados con su apariencia. Más aún, la vida poscosecha de la fruta basada en su sabor es habitualmen-

te más corta que aquella establecida sobre factores de apariencia tales como el color y la ausencia de defectos o deterioro.

Las tendencias futuras en el consumo de frutas frescas dependerán del esfuerzo continuado por parte de productores y distribuidores para proporcionar durante todo el año un producto fresco de buena calidad tanto a los consumidores de los mercados domésticos como a los de exportación.

Madurez

La maduración es aquella etapa del desarrollo conducente a la madurez fisiológica u hortícola. A su vez, la madurez fisiológica es la etapa del desarrollo en que una planta, o parte de la misma, continúa su ontogenia incluso una vez separada de esta. La madurez hortícola es la etapa del desarrollo en que una planta, o parte de la misma, reúne los requisitos para su uso por el consumidor con un fin determinado.

El factor de mayor importancia en la determinación de la duración en almacenamiento de la fruta y su calidad final es la madurez fisiológica en el momento de la cosecha. Las frutas inmaduras son más propensas al marchitamiento y al daño mecánico, y presentan menor calidad cuando adquieren su madurez de consumo. Por su parte, las frutas demasiado maduras tienen mayor probabilidad de ablandarse, volverse harinosas e insípidas poco tiempo después de cosechadas. Cualquier fruta recogida, bien sea muy pronto o muy tarde en la temporada, es más susceptible a sufrir trastornos fisiológicos y tiene una duración en almacenamiento más corta que la fruta recogida con la madurez adecuada.

Todas las frutas alcanzan una mayor calidad comestible cuando se les permite adquirir la madurez de consumo en el árbol o planta, a excepción de unas pocas, como son las peras europeas, los aguacates y las bananas. Algunas frutas, sin embargo, se recogen fisiológicamente maduras aunque estén verdes, de manera que puedan soportar los sistemas de manipulación poscosecha que deben aplicarse si han de enviarse a larga distancia. La mayoría de los índices de madurez utili-

zados actualmente se basan en un equilibrio entre aquellos índices que garantizan al consumidor la mayor calidad comestible y aquellos que proporcionan la flexibilidad necesaria para su comercialización.

Los estándares de calidad obligatorios de California

(Código de Alimentos y Agricultura de California) para la mayoría de las frutas frescas, incluyen índices objetivos de madurez a fin de garantizar al consumidor un mínimo aceptable de calidad gustativa (Tabla 1). Ejemplos de este tipo de índices son las concentraciones de sólidos totales (aguacate), concen-

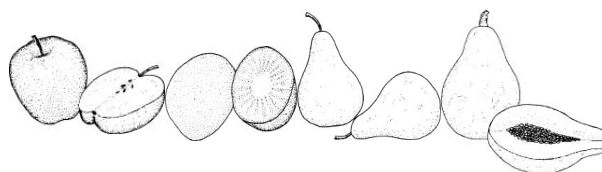


Tabla 1. Índices de madurez mínima en California para las frutas seleccionadas.

Fruta	Índices de madurez mínima
Manzana	Patrón de almidón, SS mayor de 10,5 y hasta un 12,5 % y firmeza entre 80 y 102,3 N (18-23 lb) (dependiendo del cultivar)
Albaricoque	Color del área de la superficie externa: > 3/4 verde amarillento o > 1/2 amarillo
Aguacate	18,5-25,9 % peso seco (dependiendo del cultivar o 19,9 % para el cultivar Fuerte y 21,6 % para Hass)
Cereza	Toda la superficie de un rojo claro uniforme y un 14-16% SS (dependiendo del cultivar)
Uva	14-17,5 % SS (dependiendo del cultivar y área de producción) o una proporción de SS/A igual a 20 o mayor
Toronja	Proporción SS/A de 5,5 o 6,0 (áreas de desierto), color amarillo en 2/3 de la superficie de la fruta
Kiwi	6,5 % SS
Limón	30 % jugo por volumen
Nectarina y durazno	El color de fondo de la superficie cambia de verde a amarillo, forma (llenado de hombros y sutura)
Naranja	Proporción SS/A igual a 8,0 (y el 25 % de la superficie de la fruta de color anaranjado), o a 10,0 (y color anaranjado menos intenso)
Pera (cv. Bartlett)	Color verde amarillento y/o firmeza inferior a 102,3 N (23 lb) y/o más del 13 % SS
Caqui	Color de verde amarillento a anaranjado (dependiendo del cultivar)
Ciruela	Color de la superficie y firmeza de la pulpa (dependiendo del cultivar)
Granada	Jugo de color rojo y acidez < 1,85 %
Fresa	Más de 2/3 de la superficie de la fruta de color rosado o rojo
Tangerina	Proporción SS/A de 6,5 y color amarillo, anaranjado o rojo en el 75 % de la superficie de la fruta

SS=sólidos solubles; A= acidez

tración de sólidos solubles (cerezas, uvas, toronja, kiwi, mandarina, naranja y pera), concentración de acidez titulable (granada), relación entre sólidos solubles y acidez titulable (frutas cítricas, uva) y firmeza de la pulpa (manzana, pera). Los productores de frutas tienen la responsabilidad de cumplir con dichos estándares bajo la supervisión del Comisionado de Agricultura que en cada condado representa al Departamento de Alimentos y Agricultura de California (en inglés, CDFA).

Propongo que las industrias que producen y comercializan estas frutas, soliciten al CDFA que agregue como índices de madurez para cada uno de estos productos la concentración mínima de sólidos solubles, la concentración máxima de ácidos o la proporción mínima de sólidos solubles/ácidos. En el caso de la nectarina, el durazno y la ciruela podría ser necesario especificar valores distintos para cada grupo de cultivos. Es muy probable que la aplicación de esta propuesta elimine la mayoría de las frutas de mala calidad gustativa del mercado, aumente las ventas y ganancias de productores y distribuidores, y contribuya a crear mayor confianza en la buena calidad de las frutas frescas de California entre los consumidores.

Maduración

La maduración es el conjunto de procesos que acontecen desde las últimas etapas de crecimiento y desarrollo de una fruta hasta las primeras etapas de la senescencia, que resultan en su calidad estética o alimentaria característica y se manifiestan por cambios en la composición, color, textura y demás propiedades organolépticas.

Las frutas pueden dividirse en dos grupos: 1) frutas que no pueden continuar su proceso de maduración una vez separadas de la planta, y 2) frutas que pueden cosecharse en estado de madurez fisiológica y adquirir su madurez de consumo después de separadas de la planta. A continuación se facilitan ejemplos de cada grupo:

- | | |
|----------|--|
| Grupo 1: | Bayas (tales como moras, frambuesas, fresas), cerezas, cítricos (toronja, lima, limón, naranja, mandarina y tangerina), uva, lichi, piña, granada, tomate de árbol. |
| Grupo 2: | Manzana, pera, membrillo, caqui, albaricoque, nectarina, durazno (melocotón), ciruela, kiwi, aguacate, banana, mango, papaya, chirimoya, chicozapote, zapote, guayaba, maracuyá. |

Las frutas del primer grupo producen cantidades muy pequeñas de etileno y no responden a tratamientos con este gas excepto en términos de desverdización (eliminación de la clorofila); por tanto, para garantizar una buena calidad gustativa, estas frutas deben recogerse cuando estén completamente maduras. Las frutas del grupo 2 producen una mayor cantidad de etileno durante su maduración y la exposición a un tratamiento con este gas no producirá una maduración más rápida o uniforme. Para que se inicie la maduración, las bananas deben ser tratadas con concentraciones de etileno de entre 10 y 100 ppm mientras son transportadas a las instalaciones finales de distribución o una vez en las mismas. Con mayor frecuencia se recurre a la maduración del aguacate, kiwi, mango y pera antes de su comercialización a fin de darle al consumidor la oportunidad de escoger entre una fruta lista para su consumo o una fruta madura fisiológicamente que pueden continuar madurando en casa. En muchas ocasiones, el resultado es un aumento tanto de las ventas como de las ganancias.

Una vez las frutas han adquirido la madurez de consumo necesario, hay que comercializarlas rápidamente y manipularlas con cuidado para minimizar daños. Si no se pueden evitar las demoras, las frutas maduras deben ser enfriadas hasta su temperatura mínima de seguridad y mantenerlas luego a esa temperatura hasta que estén listas para su exposición en el mostrador de venta. Las frutas sensibles al daño por frío toleran temperaturas más bajas cuando han adquirido el estado de madurez de consumo que cuando están aún verdes. La retirada del etileno y la disminución de la concentración de oxígeno hasta un 3 o 5%, pueden ser medidas complementarias útiles para mantener una temperatura y humedad relativa óptima que retarde la maduración adicional de la fruta y el deterioro de la que está parcialmente madura.

Calidad gustativa

El aroma característico de las frutas viene dado por compuestos volátiles presentes en concentraciones extremadamente bajas ($< 100 \mu\text{g/g}$ peso fresco). La cantidad total de carbono implicada en la síntesis de compuestos volátiles es inferior al 1 % de lo que la fruta expulsa como CO_2 . El etileno es el principal compuesto volátil que producen las frutas climatéricas y supone entre el 50-75 % del contenido total de carbono de todos los compuestos volátiles. El etileno no posee un olor fuerte y, por tanto, no contribuye al aroma típico de la fruta.

Los compuestos volátiles son en su gran mayoría ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas de bajo peso mo-

lecular. Se han identificado muchos compuestos volátiles en las frutas y a medida que se avanza en la técnicas de separación y detección, y en los métodos de cromatografía de gases se siguen identificando muchos más. Sin embargo, como se ha dicho, solo unos pocos compuestos volátiles juegan un papel de importancia en el aroma particular de una determinada fruta. Su importancia relativa depende de su umbral de concentración, que puede llegar a ser tan bajo como 0,001 ppm (1 ppb), y de la interacción con otros compuestos.

Se han tratado de desarrollar instrumentos portátiles con sensores para la detección de los compuestos volátiles que producen las frutas y la determinación de su estado de madurez y calidad. Otras estrategias incluyen la extracción de una cantidad muy pequeña de tejido de la fruta para medir el contenido total de azúcares o de sólidos solubles. Los detectores de infrarrojo cercano presentan un gran potencial a la hora de calcular el contenido de azúcares en la fruta sin tener que destruirla. Aun así, hasta que estos métodos no sean de uso generalizado, continuaremos dependiendo de técnicas destructivas, tales como la determinación de sólidos solubles con un refractómetro y la medición de la acidez titulable mediante valoración para evaluar la calidad gustativa de las frutas. La Tabla 2 muestra un resumen del contenido mínimo de sólidos solubles y la acidez titulable máxima propuestos para obtener una calidad gustativa aceptable en diversas frutas. Estos valores no garantizarán una calidad gustativa óptima para cada consumidor, pero sí un nivel mínimo de aceptabilidad para la mayoría de los consumidores. Investigaciones ulteriores probablemente generen algunas modificaciones en los valores de la Tabla 2. El uso de estos índices en un programa de control de calidad debe ir acompañado de las desviaciones toleradas a los promedios propuestos, consecuencia de las grandes variaciones que existen entre cultivares, áreas de producción y estaciones, madurez a la cosecha y etapa de maduración en que se encuentra la fruta en el momento de la evaluación.

Líneas de investigación futura

- Identificación de los componentes principales de la calidad y las interrelaciones entre dichos factores en frutas destinadas al consumo fresco o procesado.

Tabla 2. Propuesta de un contenido mínimo de sólidos solubles (CSS) y una acidez titulable (AT) máxima para una calidad gustativa aceptable en las siguientes frutas

Fruta	CSS mínimo (%)	AT máxima (%)
Manzana	10,5-12,5 (según cultivar)	
Albaricoque	10	0,8
Arándano azul	10	
Cereza	10-12 (según cultivar)	
Uva	14-17,5 (según cultivar) o CSS/AT > 20	
Toronja	CSS/AT > 8	
Kiwi	14	
Mandarina	CSS/AT > 10	
Mango	12-14 (según cultivar)	
Melón fragante (<i>cantaloupe</i>)	10	
Nectarina	10	0,6
Naranja	CSS/AT > 12	
Papaya	11,5	
Durazno	10	0,6
Pera	13	
Caqui	18	
Piña	12	1,0
Ciruela	12	0,8
Granada	17	1,4
Frambuesa	8	0,8
Fresa	7	0,8
Melón	10	

- Desarrollo de métodos objetivos y no destructivos para la determinación de los atributos de calidad, en especial de aquellos relacionados con el sabor y la calidad nutricional de las frutas frescas.
- Efectuar una investigación sobre la aceptación de la fruta por parte del consumidor, con el objeto de relacionar sus índices de madurez en el momento de la cosecha con la aceptación final de su sabor por parte del consumidor.
- Aunar esfuerzos con los obtentores de variedades vegetales a fin de obtener, para las principales frutas, genotipos nuevos de mayor calidad gustativa y nutricional.
- Estudiar los efectos de los factores precosecha (condiciones climáticas, prácticas agrícolas, etc.), sobre los atributos de la calidad gustativa de las frutas fresca.

Referencias

Eskin, N.A.M. (ed.). 1991. Quality and Preservation of Fruits. CRC Press, Boca Raton, FL, 212 pp.

Kader, A.A. (ed.). 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Third edition, Univ. Calif., Div. of Agr. and Nat. Resources, Publ. 3311, 535 pp.

Nagy, S. and Shaw, P.E. (eds.). 1980. Tropical and Subtropical Fruits: Composition, Properties, and Uses. AVI Publ. Co., Inc., Westport, CT, 570 pp.

Pattee, H.E. (ed.). 1985. Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables. AVI Publ. Co., Inc., Westport, CT, 410 pp.

Seymour, G.G., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. (eds.). 1993. Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman & Hall, London, 454 pp.

Watada, A.E., R.C. Hener, A.A. Kader, R.J. Romani, and G.L. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. HortScience 19: 20-21.

Biología de la producción de etileno y sus efectos sobre la fruta

por Michael S. Reid

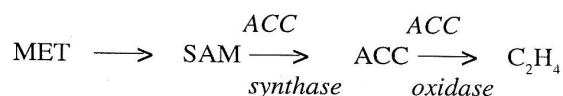
El etileno es un gas simple, compuesto por dos átomos de carbono y cuatro de hidrógeno (C_2H_4), que tiene un importante papel en las plantas al afectar a su crecimiento, desarrollo, maduración y senescencia a concentraciones tan bajas como $0,01 \mu\text{l/l}$ (ppm). Los efectos del etileno se conocen desde hace siglos, sin embargo, debido a la dificultad existente para medir las bajas concentraciones que requiere su actividad, no se determinó su importancia real hasta hace veinte años. Hagamos primeramente una breve revisión de su descubrimiento para poder entender el importante papel que juega el etileno en la maduración de la fruta y las estrategias que deben seguirse para manipular su actividad, en especial cuando sus efectos no son deseados.

La maduración de las frutas produce etileno

Las primeras evidencias del poderoso efecto del etileno sobre las plantas fueron el resultado de accidentes durante la experimentación. El gas utilizado en el siglo XIX para iluminar las casas y cocinar, contenía grandes concentraciones de etileno y cuando sucedían escapes de gas con frecuencia se observaban patrones extraños en el crecimiento de las plantas: estas envejecían prematuramente o perdían las hojas y flores. Dimitri Neljubow, un estudiante ruso de posgrado, fue quien demostró por vez primera que el etileno era el causante del inusual patrón de crecimiento que se observaba en las plántulas de la arveja o guisante, expuestas al gas utilizado en la iluminación de las casas. Luego, a comienzo de la década de los años treinta, un investigador británico observó deformidades similares en brotes de papas (patatas) almacenadas junto a manzanas maduras, concluyendo que las manzanas producían etileno a medida que maduraban. Poco después, se demostró que la fruta genera una enorme cantidad de etileno al madurar y que el aumento en la producción de este gas va acompañado de un aumento similar en la tasa de respiración de la fruta (medido como la cantidad de CO_2 expulsado). A este fenómeno se denominó climaterio.

Sesenta años más tarde se consiguió establecer la secuencia por la que la planta produce etileno. Dicha secuencia comienza con el aminoácido metionina (MET), que gracias a la energía de un ATP se transforma en S-adenosil metionina (SAM). La enzima clave en esta secuencia, la ACC sintasa, convierte a

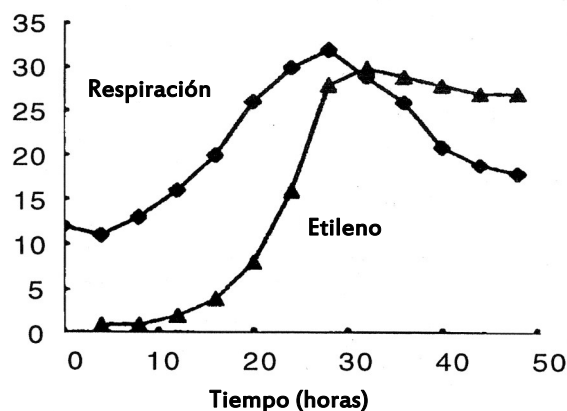
SAM en 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), precursor inmediato del etileno. Recientemente se ha logrado purificar la enzima final de esta secuencia que transforma el ACC en etileno, a la que se ha venido a llamar ACC oxidasa. La determinación de esta secuencia ha sido crucial porque ha permitido asimismo identificar las secuencias de ADN, es decir, los genes que dirigen la síntesis de las enzimas claves del proceso: la ACC sintasa y la ACC oxidasa.



El etileno controla la maduración

Desde hace mucho tiempo se sabe que el tratamiento con etileno de fruta inmadura estimula su maduración; sin embargo, hasta el desarrollo de instrumentos de medición lo suficientemente sensibles como para medir la concentración presente de etileno, no se pudo demostrar que la maduración natural era inducida por un aumento en la producción de este gas por parte de la propia fruta. La demostración más elegante de la importancia del etileno en la maduración procede de la ingeniería genética del tomate. Cuando mediante técnicas moleculares se retiró del fruto del tomate la enzima clave en la síntesis del etileno o ACC sintasa, los tomates dejaron de madurar y no eran capaces de retomar la maduración a menos que se los

Figura 1. La maduración de frutas climatéricas va acompañada de un aumento en la respiración y en la producción de etileno.



tratarla con gas etileno.

En la actualidad, los investigadores reconocen dos categorías generales de fruta: aquellas en las que el etileno controla la maduración o fruta climatérica, tales como las bananas, los aguacates, las manzanas, las peras y los tomates, y la fruta no climatérica, cuya maduración no está controlada por el etileno, como ocurre con las uvas, las fresas, los cítricos, las sandías y las aceitunas. En la fruta climatérica, la maduración conlleva un aumento en la producción de etileno y su tratamiento con etileno puede acelerarla. En la fruta no climatérica, no hay incremento de producción de etileno relacionado con la maduración y este gas no acelera dicho proceso. En ocasiones, sin embargo, es útil tratar con etileno a la fruta no climatérica. Así, por ejemplo, la corteza verde de algunas frutas cítricas maduras puede ser desverdizada gracias a este tipo de tratamiento.

El etileno actúa uniéndose a un receptor

Durante mucho tiempo, los investigadores se han visto intrigados por el hecho de que una molécula tan simple como el etileno tuviera efectos tan poderosos y específicos sobre las plantas. Los primeros experimentos efectuados sugerían que el etileno se unía a alguna molécula de grandes dimensiones en la planta y que dicha unión no ocurría en presencia de concentraciones elevadas de CO_2 (>1 %), o cuando la concentración de O_2 era reducida (< 8 %). A continuación se muestra un sencillo esquema que explica la secuencia de acción del etileno sobre las plantas.

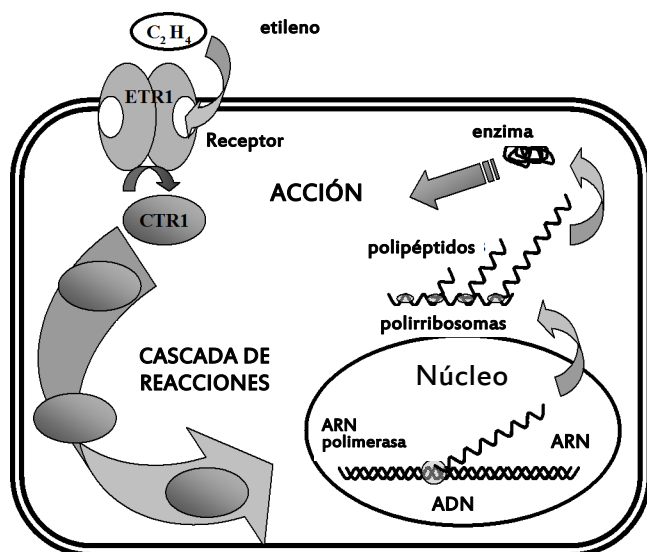


Figura 2. El etileno actúa uniéndose a un "receptor" de la membrana celular.

El etileno se une al receptor de membrana ETR1, una molécula cuya actividad normal interfiere con una "cascada de reacciones" que tiene como producto final la producción de etileno. Cuando el etileno se une a este receptor, la acción de la ETR1 es inhibida y se desencadena otra cascada de reacciones que conduce a la lectura de las porciones del mapa genético de la célula, o ADN cromosómico, responsables en último término de la acción del etileno. Las nuevas moléculas de ARN mensajero sintetizadas se unen a "polirribosomas" para crear polipéptidos, que se ensamblan para formar las enzimas que intervendrán en respuesta inducida por el etileno, incluida la maduración.

En los últimos años, se han desarrollado formas de manipular la secuencia de acción del etileno bloqueando el sitio de enlace. El almacenamiento en una atmósfera controlada con una baja concentración de O_2 y una alta concentración de CO_2 , inhibe el enlace del etileno con el receptor ETR1. Concentraciones bajas de plata iónica, aplicada habitualmente como tiosulfato de plata (STS), evitan que el etileno se una al sitio de enlace del receptor. El compuesto volátil, 1-metilciclopropeno (1-MCP), actúa de la misma manera que la plata, si bien requiere únicamente cantidades traza (0,001 ppm) para bloquear completamente la acción del etileno.

Referencias

- Abeles, F.B., P.W. Morgan, and M.E. Saltveit, Jr. 1992. Ethylene in plant biology. second edition. Academic Press, San Diego, 414 pp.
- Kende, H. 1993. Ethylene biosynthesis. Annu. Rev. Plant Physiol. & Plant Mol. Biol. 44: 283-308.
- Mattoo, A.K. and J.C. Suttle (eds.) 1991. The plant hormone ethylene. CRC Press, Boca Raton, FL, 337 pp.
- Reid, M.S. (editor). 1987. Manipulation of ethylene responses in horticulture. Acta Hort. 201:1-230.
- Reid, M.S. 1992. Ethylene in postharvest technology. p. 97-108. In: A.A. Kader (editor) Postharvest technology of horticultural crops. Univ. Calif. Div. Agr. Nat. Resources Publ. 3311, ANR Publications, Oakland, CA.
- Yang, S.F. and N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 35: 155-189.

Efecto de la temperatura sobre la maduración de los productos perecederos

por Carlos H. Crisosto y Beth Mitcham

El éxito en el uso de las tecnologías de maduración, cuando se aplican y se comercializan de manera adecuada, puede redundar en un aumento de las ventas de frutas y hortalizas, una reducción de pérdidas por deterioro y un aumento de las ganancias. Cuando las frutas y hortalizas son comercializadas listas para su consumo y con una buena calidad gustativa, tanto el consumo como la salida de los productos aumentan. Asimismo, el aumento del consumo de frutas y hortalizas es bueno para la salud y la nutrición humana y, por supuesto, para la generación de ganancias.

Actualmente se acepta que las pérdidas poscosecha pueden alcanzar del 5 al 25 % en países desarrollados y del 20 al 50 % en países en vías de desarrollo, dependiendo del producto. Una encuesta reciente realizada en el Reino Unido afirma que debido a problemas de deterioro se tiran a la basura unos 4,4 millones de manzanas al día, 5,5 millones de papas, 2,8 millones de tomates, 1,6 millones de bananas y 1,2 millones de naranjas. Basándonos en esas estimaciones, solo esos cuatro productos suman ya un total de 525.000 toneladas de alimentos desperdiciados al año (véase www.lovefoodhatewaste.com). El Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de Estados Unidos estima que en el año 2005 se dejaron de consumir el 57 % en peso de la fruta fresca producida y el 51 % en peso de las hortalizas frescas.

El control de la temperatura durante el manejo poscosecha de frutas y hortalizas es esencial para el mantenimiento de la calidad y la reducción de las pérdidas. El control de la temperatura antes, durante y después de la maduración, determinará el éxito del programa de maduración y, por tanto, la calidad final del producto.

Las frutas se cosechan en estado de madurez fisiológica o de madurez de consumo, mientras que las hortalizas y ornamentales se cosechan en un intervalo amplio de edades fisiológicas. La calabacita y los pepinos pueden cosecharse inclusive antes de que la maduración haya comenzado. La maduración de las frutas es un evento dramático que transforma un órgano

de una planta fisiológicamente maduro, pero no comestible, en una fruta atractiva a la vista con muy buena acogida por parte del consumidor. Todo ello es resultado de cambios bioquímicos y anatómicos complejos, probablemente muchos de ellos independientes unos de otros, que comienzan en las etapas finales del crecimiento y desarrollo, y continúan a lo largo de las etapas iniciales de la senescencia. Estos cambios generan la calidad estética o comestible característica de la fruta, observable por cambios en su composición, color, textura y demás atributos organolépticos. Durante el proceso de maduración, la fruta pasa por muchos cambios fisicoquímicos que determinan la calidad del producto final que adquirirá el consumidor. La maduración marca la conclusión del desarrollo de la fruta y el comienzo de su senescencia, y es normalmente un proceso irreversible.

Las frutas pueden ser clasificadas en dos grupos conforme a su capacidad de maduración. El primer grupo incluye aquellas frutas que no son capaces de continuar la maduración una vez separadas de la planta, tales como son las bayas (mora, frambuesa, fresa), las cerezas, los cítricos (toronja, lima, limón, naranja, mandarina y tangerina), la uva, el lichi, la piña, la granada y el tomate de árbol. El segundo grupo incluye aquellas frutas que pueden ser cosechadas en estado de madurez fisiológica y completar el proceso de maduración separadas de la planta, tales como la manzana, la pera, el membrillo, el caqui, el albaricoque, la nectarina, el durazno, la ciruela, el kiwi, el aguacate, la banana, el mango, la papaya, la chirimoya, el chichazapote, el zapote, la guayaba y el maracuyá.

Las frutas del primer grupo producen cantidades muy pequeñas de etileno y no responden a los tratamientos con este gas, excepto en términos de desverdecimiento (eliminación de la clorofila); estas frutas deben recogerse cuando están completamente maduras para garantizar su buena calidad gustativa. Las frutas del grupo 2 producen cantidades mucho mayores de etileno durante su maduración y, en algunos casos, la exposición a un tratamiento con este gas redundará en una maduración más rápida y uniforme. En la actualidad,

Tabla 1. Clasificación de productos de acuerdo con su susceptibilidad al daño por frío.

No susceptible		Susceptible	
Frutas	Hortalizas	Frutas	Hortalizas
Manzana*	Alcachofa	Aguacate	Ejote/habichuela
Albaricoque	Espárragos	Banana	Casava o yuca
Zarzamora	Poroto	Frutipan	Pepino
Arándano azul	Remolacha	Carambola	Berenjena
Cereza	Brócoli	Chirimoya	Jengibre
Grosella	Repollitas de Bruselas	Cítricos	Melón fragante
Dátiles	Repollo	Arándano agrio	Oca
Higo	Zanahoria	Durián	Pimiento
Uva	Coliflor	Feijoa	Papa
Kiwi	Apio	Guayaba	Calabaza
Níspero japonés	Maíz dulce/elote	Jaca	Calabacita
Nectarina*	Escarola/endivia	Jujube o azufaifo	Camote
Durazno*	Ajo	Longan u ojo de dragón	Malanga
Pera	Lechuga	Lichi	Tomate
Caqui*	Champiñones	Mango	Sandía
Ciruela*	Cebolla	Mangostán	Ñame
Ciruela pasa	Perejil	Aceituna	
Frambuesa	Chirivía	Papaya	
Fresa	Arvejas/guisantes	Maracuyá	
	Rábano	Pepino	
	Espinaca	Piña	
	Nabo	Plátano	
		Granada	
		Tuna	
		Rambután	
		Chicozapote	
		Zapote	
		Tomate de árbol	

Nota: *Algunos cultivares son susceptibles al frío.

Adaptado de Kader, 2002.

cada vez se recurre con mayor frecuencia a la maduración controlada del durazno, la nectarina, la ciruela, el aguacate, el kiwi, el mango y la pera, para darle al consumidor la oportunidad de comprar frutas maduras, listas para su consumo o bien frutas en estado de madurez fisiológica que puedan ser maduras en sus casas.

Síntomas de daño por frío y maduración

Uno de los retos para el establecimiento de programas de maduración exitosos y de confianza es la calidad inicial de las frutas y hortalizas. Muchos productos de origen tropical o subtropical son sensibles al daño por baja temperatura. El daño por frío ocurre cuando los productos de origen tropical o subtropical, tales como las ponsetias, las bananas y los tomates, se mantienen a temperaturas por encima de su punto de congelación. Asimismo, algunos productos importantes de

zonas templadas, o bien cultivares de un determinado producto, pueden ser susceptibles al daño por frío (Tabla 1). Por ejemplo, el daño por frío o la descomposición interna de algunos duraznos, ciruelas y nectarinas ocurre a temperaturas inferiores a 10 °C (50 °F), y es más intenso en torno a los 5 °C (41 °F).

Desafortunadamente, en algunos productos el efecto del frío es acumulativo. La temperatura de transporte o en el campo antes de la cosecha se suman al efecto total del enfriamiento que acontece al ser almacenados en frío. En algunos casos, productos que están refrigerados pueden seguir pareciendo buenos mientras permanezcan a baja temperatura. Sin embargo, los síntomas de daño por frío se apreciarán mejor cuando los productos sean trasladados a una temperatura más elevada, o bien durante o después del proceso de maduración. Es importante darse cuenta que la

Tabla 2. Umbrales de temperaturas de almacenamiento en frío y principales síntomas del daño por frío en productos.

Producto	Temperatura de seguridad mínima		Síntomas de daño por frío cuando se almacenan entre 0 °C (32 °F) y la temperatura de seguridad ¹
	°C	°F	
Manzanas-ciertos cultivares	2-32	36-38	Pardeamiento interno, centro pardo, pudrición húmeda, escaldado leve
Espárragos	0-2	32-36	Opaco, verde-grisáceo, puntas blandas
Anona	4	39	Oscurecimiento de la cáscara, incapacidad de maduración, decoloración de la pulpa
Aguacates	4,5-132	40-55	Decoloración de la cáscara a pardo-grisáceo
Bananas	11,5-132	53-56	Color opaco cuando maduran
Poroto	1-4,5	34-40	Pecas, manchas o áreas marrón-óxido
Ejote/habichuela	72	45	Picaduras y enrojecimiento
Frutipán	7-12	45-53	Maduración anormal, decoloración marrón opaco
Chayote	5-10	41-50	Decoloración marrón opaco, picaduras, oscurecimiento de la cáscara
Arándano	2	36	Textura correosa, pulpa roja
Pepino	7	45	Picaduras, áreas aguanosas, deterioro
Berenjena	7	45	Superficie escaldada, pudrición por <i>Alternaria</i> , ennegrecimiento de las semillas
Jengibre	7	45	Ablandamiento, deterioro de tejidos, pudrición
Guayaba	4,52	40	Daño de la pulpa, deterioro
Toronja	102	50	Escaldadura, picaduras, pudrición aguanosa
Jícama	13-18	55-65	Deterioro de la superficie, decoloración
Lima	11-132	52-55	Picaduras, tinción de la membrana, manchas rojas
Limón	7-9	45-48	Picaduras que se vuelven de color bronce con el tiempo
Lichi	3	38	Pardeamiento de la piel
Mango	10-132	50-55	Decoloración grisácea de la cáscara similar al escaldado, maduración dispareja
Mangostán	4-8	39-47	Endurecimiento y pardeamiento del centro
Melón			
fragante (Cantaloupe)	2-52	36-41	Picaduras, deterioro de la superficie
dulce (Honeydew)	7-10	45-50	Decoloración bronce-rojiza, picaduras, deterioro de la superficie, incapacidad de maduración
Verde	7-10	45-50	Picaduras, deterioro de la superficie, incapacidad de madurar
Crenshaw y de Persia	7-10	45-50	Picaduras, deterioro de la superficie, incapacidad de madurar
Ocra	7	45	Decoloración, áreas aguanosas, picaduras, deterioro
Aceitunas frescas	7	45	Pardeamiento interno

incapacidad para madurar apropiadamente, la falta de uniformidad en la maduración o los problemas de apariencia de la fruta en estado de madurez fisiológica, pueden deberse a un daño por frío ocasionado durante la manipulación poscosecha anterior a la maduración en los puntos de producción o distribución.

Durante el desarrollo del daño por frío, no hay formación de hielo en las células, sino ciertos cambios en la composición química de los tejidos, especialmente en

la membrana lipídica que conducen al daño que el frío produce. Muchos cambios fisiológicos y bioquímicos acontecen antes de que los síntomas de daño por frío sean aparentes, por ejemplo, el cese de la corriente protoplásmica, modificaciones en la permeabilidad de la membrana, desorganización del protoplasma, pérdida de la actividad mitocondrial y alteración del metabolismo respiratorio que culminan en disfunciones celulares. A baja temperatura los tejidos se debilitan porque son incapaces de llevar a cabo los procesos

Tabla 2. Umbrales de temperatura de almacenamiento en frío y principales síntomas del daño por frío en productos de uso común.

Producto	Temperatura de seguridad mínima		Síntomas de daño por frío cuando se almacenan entre 0 °C (32 °F) y la temperatura de seguridad ¹
	°C	°F	
Papayas	7	45	Picaduras, incapacidad de madurar, sabor raro, deterioro
Maracuyá	10	50	Decoloración de la cáscara a rojo oscuro, pérdida de sabor, deterioro
Pimientos dulces	7	45	Picaduras en la piel, pudrición por <i>Alternaria</i> de vainas y cálices, oscurecimiento de semillas
Piñas	7-102	45-50	Verde opaco al madurarse, pardeamiento interno
Granadas	4,5	40	Picaduras, pardeamiento interno y externo
Papas	32	38	Pardeamiento caoba, endulzamiento
Calabazas y calabacitas de cáscara dura	10	50	Deterioro, especialmente pudrición por <i>Alternaria</i>
Rambután	10	50	Oscurecimiento del exocarpio
Camote	13	55	Deterioro, picaduras, decoloración interna, duras en el centro cuando se cocinan
Tomate de árbol	3-4	37-40	Picaduras en la superficie, decoloración
Malanga	10	50	Pardeamiento interno, deterioro
Tomates			
maduros	7-102	45-50	Aguanosidad y ablandamiento, deterioro
verde-maduro	13	55	Mal color cuando maduran, pudrición por <i>Alternaria</i>
Berro de agua / espinaca de agua	10	50	Oscurecimiento de hojas y tallos
Sandías	4,5	40	Picaduras, sabor desagradable

¹A menudo los síntomas solo aparecen cuando se traslada la fruta a temperaturas más elevadas, como, por ejemplo, cuando se comercializan.

Adaptado de Wang, 2007.

metabólicos normales. Cuando el estrés por frío es prolongado, dichas alteraciones celulares darán lugar a los síntomas habituales del daño por frío (Tabla 2): la incapacidad de madurar en fruta en estado de madurez fisiológica, una superficie picada y con daños, decoloración (externa o interna), presencia de áreas aguanasas, desarrollo de áreas necróticas, aumento de la susceptibilidad al deterioro, menor duración en almacenamiento, detención del crecimiento, pérdida de la capacidad de brotar de los propágulos y pérdida del olor y sabor característicos. El estado de madurez fisiológica en el momento de la cosecha y su grado de maduración son factores importantes para determinar la sensibilidad al frío de frutas como el aguacate, el melón dulce (*honeydew*) y el tomate. Las frutas que se encuentran más maduras son menos susceptibles al daño por frío. En estos productos el daño se desarrollará tras un periodo de exposición a temperaturas por debajo de los 10-15 °C (50-59 °F), si bien muy por encima de su punto de congelación.

La manifestación de los síntomas de daño por frío,

incluyendo la incapacidad de madurar adecuadamente, es función de la temperatura y el tiempo. Un producto puede tener la capacidad de soportar temperaturas justo por debajo del umbral de la temperatura que causa daño por frío y, sin embargo, si las frutas y hortalizas son expuestas a temperaturas muy por debajo de ese umbral, el daño será más severo y podría afectar al proceso de maduración. Una exposición prolongada causará un daño irreversible que perturbará la eficacia del proceso de maduración y la calidad final de la fruta que le llegará al consumidor. Por todo ello, para tener éxito en la operación de maduración es indispensable conocer las temperaturas ideales de almacenamiento de los productos que maneje. Si algunos de esos problemas afectan a su operación de maduración, debe poner atención a la temperatura de la fruta y a las prácticas de manejo durante el tiempo que dure la poscosecha.

El tiempo de exposición a las temperaturas que puede provocar síntomas de daño por frío es específico para cada cultivar, grado de madurez, área de producción y

demás circunstancias. Por ejemplo, el picado de la piel, las escaldaduras y el ennegrecimiento de los aguacates verde-maduros son los síntomas principales que aparecen cuando se los mantiene a temperaturas entre 0 y 2 °C (32-35 °F), durante más de siete días antes de transferirlos a una temperatura más alta. Los aguacates expuestos a 3-5 °C (37-41 °F) durante más de dos semanas pueden presentar pardeamiento de la pulpa, incapacidad de maduración y una mayor susceptibilidad al ataque por patógenos. Cuando las bananas verde-maduras son mantenidas por una hora a 10 °C (50 °F), 5 horas a 11,7 °C (53 °F), 24 horas a 12,2 °C (54 °F) o 72 horas a 12,8 °C (55 °F), presentan incapacidad de maduración, decoloración de la superficie y vetas subepidérmicas marrón oscuras.

La exposición de mangos verde-maduros a temperaturas inferiores a 12,8 °C (55 °F), así como de mangos en estado de madurez de consumo a temperaturas por debajo de 10 °C (50 °F), puede provocar su maduración irregular. En cultivares de duraznos, muy susceptibles a la descomposición interna, la exposición durante tres días al intervalo de temperaturas “de muerte” [2,2-7,8 °C (36-46 °F)], puede causar incapacidad de maduración, sabores raros, pardeamiento de la pulpa y textura harinosa. Después de varios días de almacenamiento a 1,9 °C (35,5 °F), en el caso de los melones fragantes, y a 7,2 °C (45 °F), en el de melones dulces y sandías, estas frutas son incapaces de madurar y desarrollan áreas de la superficie hundidas y con picaduras. Los tomates almacenados por debajo de 10 °C (50 °F) durante más de dos semanas o a 5 °C (41 °F) por más de 6-8 días, presentan incapacidad para madurar, insipidez, ablandamiento prematuro y aumento del deterioro. Existen varios tratamientos que pueden reducir el daño por frío, entre ellos caben citarse: la maduración parcial del fruto después de la cosecha (algunas veces con etileno) y previa al almacenamiento en frío; la exposición tanto a altas como a bajas temperaturas que no causen daño por frío antes de su almacenamiento en frío; el almacenamiento en atmósfera controlada o modificada durante el almacenamiento en frío o los tratamientos con ácido abscísico, metil jasmonato u otros compuestos naturales.

Efecto de la temperatura de premaduración sobre la maduración

En ciertos productos la temperatura de premaduración de la fruta ejerce un importante efecto sobre el rendimiento del proceso de maduración. La pera europea y el kiwi Hayward no madurarán de manera adecuada sin un periodo bien sea de almacenamiento en frío o de tratamiento con etileno para acondicionar la fruta a que madure adecuadamente. Esto es aplicable al kiwi Hayward y a la pera Bartlett, que se cose-

chan temprano en la temporada, así como a otras variedades de peras europeas. Este tipo de fruta no produce el suficiente etileno como para madurar hasta alcanzar una buena calidad, madurando, por tanto, más lentamente y con menos uniformidad. A ello hay que añadir una mala textura y un peor sabor, cuando se la compara con la fruta acondicionada gracias a un periodo de almacenamiento en frío. Durante el almacenamiento en frío se forman precursores del etileno en los tejidos de la pera, de tal manera que la producción de etileno y su maduración uniforme acontecen cuando se expone la fruta a la temperatura de maduración. La pera Bartlett requiere de 2 a 3 semanas para madurar y la pera D’Anjou puede permanecer dura y sin madurar durante más de un mes cuando se coloca en el ambiente de maduración sin previo almacenamiento en frío. El kiwi Hayward recién cosechado responde al preacondicionamiento con etileno [100 µl/l, a 0°C (a 32°F) durante 24 horas], ablandándose más rápida y uniformemente que la fruta de control, si después de la maduración comercial se lo mantiene en almacenamiento durante menos de 2 semanas. En contraste, el kiwi cosechado en estado de madurez comercial y almacenado un mínimo de 2 semanas a 0 °C (32 °F), no necesita de tratamiento con etileno para madurar normalmente.

Hemos observado que durante la maduración controlada [48 horas a 20 °C (68 °F)] en el punto de embarque antes de su almacenamiento en frío, la temperatura de la pulpa de la fruta en el momento del traslado al cuarto de maduración puede afectar al rendimiento de su maduración durante o después de dicho proceso. Se puede formar condensación sobre la fruta si su temperatura al ingresar en el cuarto de maduración es menor que la temperatura en su interior. La exposición prolongada de la fruta al agua a la temperatura de maduración puede provocar deterioro en los lotes más susceptibles. Si la temperatura de la fruta al ingresar en el cuarto de maduración es mayor que la del aire en el recinto, puede que la fruta requiera de más tiempo para alcanzar la temperatura ambiente, si es que finalmente lo hace. La temperatura de la fruta no se distribuirá uniformemente dentro del pallet y el ablandamiento será, por tanto, irregular. Además, en algunas situaciones el arrugamiento de la fruta por pérdida de agua puede ser un problema. En la ciruela se ha observado que las altas temperaturas durante su “maduración separada del árbol” o un retraso prolongado en su enfriamiento, inducen “sabores raros” y la deshidratación de la fruta madura. El control de la temperatura de premaduración de la fruta es esencial para retardar con éxito los síntomas de daño por frío en el durazno y la nectarina. Cuando se establece un programa de maduración deben considerarse aquellos

Tabla 3. Condiciones de maduración para algunas frutas a las que habitualmente se maduran.

Producto	Lugar del tratamiento de maduración	Concentración de etileno (ppm)	Tiempo de exposición al etileno	Temperatura de maduración	Almacenamiento previsto después del tratamiento
Aguacate	Punto de embarque [desde la cosecha hasta 2 semanas de almacenamiento a 5 °C (41 °F)]	10-100 ppm	8-48 h, hasta que el botón se desprende del pedúnculo	16-20 °C (60-68 °F)	Menos de 7 días a 5 °C (41 °F)
Manzana 'Granny Smith'	Punto de embarque (desde cosecha temprana o a mitad de la estación, hasta 170 días después de la floración)	10 ppm	6 días	25 °C (77 °F)	Menos de 4 meses a 0 °C (32 °F)
Banana	Centro de distribución	100-150 ppm	24-48 h, luego esperar a que adquiera el color deseado	14-18 °C (58-65 °F)	Menos de 7 días a 14 °C (58 °F)
Kiwi	Punto de embarque (acondicionamiento)	100-200 ppm	1-2 h	0-5 °C (32-41 °F)	De 3 a 6 semanas a 0 °C (32 °F), según firmeza
	Centro de distribución (fruta sin acondicionamiento almacenada menos de 4 semanas o con firmeza > 8-10 lb)	100 ppm	12-24 h	12-25 °C (54-77 °F)	4 días a 20 °C (68 °F) 12 días a 5 °C (41 °F)
	Centro de distribución (fruta sin acondicionamiento almacenada más de 4 semanas o firmeza < 8-10 lb)	No se necesita	Periodo de maduración según temperatura de transferencia o embarque y firmeza	12-25 °C (54-77 °F)	3 días a 20 °C (68 °F), 8 días a 5 °C (41 °F)
Mango	Centro de distribución	100 ppm	12-24 h	16-25 °C (60-77 °F)	Menos de 7 días a 10-13 °C (50-55 °F) y 95 % HR
Pera	Punto de embarque. Es necesario el "acondicionamiento de calidad" si las peras han sido almacenadas menos de 2 semanas	100 ppm	20-24 h	20-25 °C (68-77 °F)	La duración en almacenamiento no se ve afectada si se enfrían a 0 °C (32 °F) justo después del acondicionamiento
	Centro de distribución	100 ppm Ninguna con "acondicionamiento de calidad" previo	3-4 días o hasta que la fruta alcance una firmeza de 10-12 lb	13-22 °C (55-72 °F) y 90 % HR	Aprox. 7 días a 0-2 °C (32-36 °F)
Frutas de hueso	Punto de embarque (el tratamiento limita el deterioro interno)	Para California sin madurez fisiológica (CA WELL MAT)	48 h	20 °C (68 °F)	Hasta 6 semanas a 0 °C (32 °F), según cultivar y firmeza de la pulpa
	Centro de distribución	Para California sin madurez fisiológica (CA WELL MAT)	Hasta 6-8 lb de firmeza, 5-7 días a 13 °C (55 °F), 2-4 días a 20 °C (68 °F)	13-25 °C (55-77 °F) y 85-90 % HR	3 días en mostrador no refrigerado, 6 días en mostrador refrigerado
Tomate	Punto de embarque o centro de distribución				
	Etapa verde-maduro	100 ppm	3-3,5 días para alcanzar la etapa de "rompimiento de color", 5-16 días, según temperatura para rojo pleno	18-20 °C (65-68 °F) y 90-95 % HR	7 días después de alcanzar la etapa de rojo
	Etapa de rompimiento de color	No se necesita	5-16 días para alcanzar la etapa de rojo pleno (según temperatura)	15-20 °C (59-68 °F)	2 semanas si se almacenan y maduran a temperatura constante de 15 °C (59 °F)

métodos que garanticen una temperatura de premaduración correcta y uniforme.

Temperatura durante la maduración

La temperatura es el factor ambiental de mayor importancia en el control de los cambios que acontecen durante la maduración. La temperatura ideal de maduración es aquella que va a producir la máxima expresión potencial de las cualidades sensoriales y nutritivas de la fruta con el mínimo impacto en su vida poscosecha. Por tanto, hacer uso de la temperatura correcta de maduración es una poderosa herramienta poscosecha para controlar y garantizar una maduración adecuada. La temperatura ideal varía de acuerdo con el producto y la situación específica. Para algunos productos el intervalo de temperaturas adecuado es muy estrecho y para otros es menos importante. Por ejemplo, el intervalo de temperaturas de maduración de las bananas es muy estrecho debido a su sensibilidad a la misma.

Si se exponen bananas a temperaturas inferiores a 13,3 °C (56 °F) por varias horas durante el periodo de maduración, pueden sufrir daños por frío. En cambio, cuando la fruta se expone a 35 °C (95 °F), la cáscara puede tornarse de color entre marrón y naranja, ablandarse y durar menos en almacenamiento. Los tomates pueden madurar en un intervalo amplio de temperaturas [entre 12,8 y 25 °C (55-77 °F)], pero para que puedan desarrollar su color característico y retener vitamina C, la temperatura de maduración óptima debe ser de 20 °C (68 °F). Los aguacates pueden madurar más rápidamente entre 20 y 30 °C (68 y 86 °F), si bien existe el riesgo de que puedan ablandarse rápidamente y por ello es preferible para su maduración una temperatura de entre 16 y 20 °C (60 y 68 °F). La temperatura, las condiciones ambientales (presencia y concentración de etileno y otros gases), el lugar de maduración y el almacenamiento previsto después del tratamiento de maduración, varían para cada producto (véase

Tabla 3). De este modo, a la hora de tomar una decisión respecto al lugar adecuado para madurar la fruta, deben tenerse en consideración varios factores.

Para garantizar el establecimiento de un programa adecuado de maduración, se deben priorizar los equipos que climatizan la fruta templándola antes de la maduración, mantienen la temperatura durante la misma y enfrían la fruta al finalizar el proceso.

Daño por temperatura elevada durante la maduración

La actividad de las enzimas que participan en los cambios que tienen lugar durante el proceso de maduración de la fruta disminuye a temperaturas por encima de 30 °C (86 °F). Cada enzima se inactiva (desnaturaliza) a una temperatura determinada y aunque la mayoría continúa en actividad a 35,6 °C (96 °F), cuando la temperatura alcanza los 40 °C (104 °F) casi todas las enzimas se inactivan. En general, cuando las frutas y hortalizas se mantienen a más de 35,6 °C (96 °F), su metabolismo se ve afectado; se produce la ruptura de la integridad y estructura de la membrana, se altera la organización celular y, por consiguiente, el producto se deteriora rápidamente. Este tipo de daño por alta temperatura se caracteriza por una pérdida generalizada de los pigmentos y los tejidos pueden desarrollar una apariencia aguanosa o traslúcida. Así, por ejemplo, la cáscara de algunos cultivares de banana Cavendish permanecen verdes y la acumulación de pigmento rojo (licopenos) en los tomates se ve inhibida durante la maduración y el almacenamiento a alta temperatura. En las frutas de hueso, las temperaturas superiores a 25 °C (77 °F) reducen la tasa de maduración, inducen sabores raros y una textura irregular en la fruta, y favorecen la maduración irregular.

La tasa de ablandamiento y el cambio de color de la fruta varían entre especies y cultivares, estando ambas controladas por la temperatura. De este modo, la maduración de la banana queda evidenciada por el cam-

Tabla 4. Efecto de la temperatura sobre las tasas de respiración y deterioro.

Temperatura		Asumido Q10	Velocidad relativa de deterioro o respiración	Duración relativa en almacenamiento	Pérdida por día
°F	°C				
32	0		1,0	100	1
50	10	3,0	3,0	33	3
68	20	2,5	7,5	13	8
86	30	2,0	15,0	7	14
104	40	1,5	22,0	4	25

Adapted from Kader, 2002.

bio de color de su cáscara, mientras los cambios en la firmeza se utilizan para comprobar la maduración de las frutas de hueso. En la mayoría de los casos, la temperatura de la fruta es la mejor herramienta para manejar su maduración. En las frutas de hueso, entre los 20 y 25 °C (68 y 77 °F) se alcanza una tasa de maduración rápida, mientras que a temperaturas bajas se consigue una tasa de maduración lenta. En general, las ciruelas tienen la tasa más baja de ablandamiento mientras que los duraznos y las nectarinas de pulpa blanca tienen una tasa más alta de ablandamiento que los de pulpa amarilla. Para la mayoría de las frutas, la firmeza de la pulpa es el mejor indicador de los cambios que se producen en la maduración y predice su duración potencial en almacenamiento. En general, cuando las frutas de hueso alcanzan una firmeza de 6 u 8 lb se consideran “listas para su comercialización”. En esta etapa, la fruta está todavía lo suficientemente firme como para soportar la manipulación poscosecha del minorista, pero muestra ya los primeros indicios de maduración. Las frutas de hueso que alcanzan una firmeza de entre 2 y 4 lb se consideran maduras (“listas para consumo”). En esta etapa, la fruta expresa su máximo potencial de sabor y, por tanto, su mayor aceptación por parte del consumidor. No obstante, a algunos consumidores les gusta la fruta que esté todavía un poco firme (crujiente), especialmente en el caso de cultivares de fruta de hueso de poca acidez y pulpa blanca. Así, el final de la maduración queda determinado por la firmeza de la pulpa y los requerimientos del consumidor.

Manejo de la temperatura de posmaduración

Inmediatamente después de la recolección y la maduración, las frutas y hortalizas inician la senescencia, se deterioran y puede acontecer pérdidas poscosecha. Como parte del proceso de senescencia, las frutas y hortalizas pierden peso, firmeza, intensidad de color, sabor y se vuelven más susceptibles a sufrir problemas fisiológicos y de deterioro. El ritmo de las pérdidas está relacionado principalmente con la temperatura, el tiempo de exposición a la misma y la estructura genética del producto. La temperatura controla los procesos biológicos que causan deterioro en las frutas y hortalizas; sin embargo, la relación entre la temperatura y el deterioro no es lineal. Así, la tasa de deterioro es 3, 7,5, 15 y 22 veces más rápida a 10, 20, 30 y 40 °C (50, 68, 86 y 104 °F) que a 0 °C (32 °F) (Tabla 4). Durante la manipulación poscosecha es importante considerar las diferencias en la tasa de deterioro existentes a distintas temperaturas. En circunstancias especiales donde no se puede alcanzar la temperatura ideal de almacenamiento, se recomienda mantener a la fruta a una temperatura cercana a la óptima pero

lejos de la exposición a temperaturas indeseables.

La fruta madura es altamente susceptible al deterioro y requiere una comercialización rápida y un manejo cuidadoso y delicado para minimizar los golpes y el deterioro. La fruta madura se debe enfriar rápidamente hasta su temperatura mínima de almacenamiento para retrasar el deterioro y maximizar la vida poscosecha. Tras ello, la fruta madura debe ser almacenada a la temperatura de seguridad mínima hasta que esté lista para su exhibición a la venta. Los aguacates maduros, por ejemplo, deben ser refrigerados a 5 °C (41 °F) antes de ser comercializados, los mangos deben ser almacenados entre 10 y 12,8 °C (50 y 55 °F), mientras que las peras maduras y las frutas de hueso lo deben ser en torno a 0 °C (32 °F).

Además de la temperatura ideal de almacenamiento, la velocidad de enfriamiento es también un factor decisivo en el desarrollo de políticas de control de la temperatura para las operaciones de maduración de la fruta en poscosecha. El tiempo que pasa entre la maduración y el enfriamiento de la fruta (enfriamiento retardado), puede tener un efecto muy importante en su vida poscosecha, y debe ser evaluado para cada programa de forma específica. En los lugares en los que la fruta no puede ser enfriada después de la maduración, la fruta templada debe venderse tan pronto como sea posible para reducir las pérdidas. El mantenimiento de una comunicación y coordinación excelente entre los centros de maduración y los departamentos de ventas es vital en el programa de maduración. Esa comunicación para coordinar los tiempos de maduración y ventas es aún más vital cuando el producto templado debe ser comercializado sin que se enfríe después de la maduración.

La distancia, el tiempo y las condiciones de transporte desde el centro de maduración hasta la tienda son factores importantes que se han de considerar en el establecimiento y desarrollo del programa de maduración. Por ejemplo, los programas de maduración llevados a cabo en el lugar de producción deben poder entregar la fruta enfriada de manera uniforme y ya madura a los centros de distribución; esta fruta tendrá unos tiempos de vida poscosecha más largos que la fruta de programas de maduración que se llevan a cabo en los puntos de consumo, donde no existe la capacidad de enfriamiento después de la maduración. Por tanto, cuando se toma la decisión de dónde madurar la fruta (en el lugar de producción o en el de consumo), es importante considerar si hay disponibles equipos para enfriar la fruta después de su maduración.

Tabla 5. Frutas y hortalizas frescas compatibles 7 días en almacenamiento. La concentración de etileno debe mantenerse por debajo de 1 µl/l (1 ppm) en el área de almacenamiento.

	Grupos 1A y 1B 0-2 °C (32-35,6 °F), 1A: HR 90 a 98 %, 1B: HR 85 a 95 %				Grupo 2 10 °C (44,6-50 °F) HR 85 a 95 %	Grupo 3 13-18 °C (55,4-64,4 °F) HR 85 a 95 %		
Hortalizas	brotos de alfalfa	repollo chino*	menta*	1B	albahaca*	melón amargo		
	amaranto*	nabo chino	champiñón		Frijoles, habichuelas, ejotes, alubias	boniato*		
	anís*	berza*	hoja de mostaza*		nopales*	casava o yuca		
	alcachofa	maíz; dulce, baby	perejil*		calabaza	cebolla seca		
	arúgula* o rúcula	hortalizas cortadas	chirivía		chayote*	jengibre		
	espárragos*	rábano de daikon*	radicchio		caupí (arveja sureña)	jícama		
	poroto	radicheta*	rábano		pepino*	papa		
	brotos de frijol	escarola*	rutabaga		berenjena*	calabaza		
	remolacha	hinojo*	ruibarbo		kiwano (melón de cuernos)	calabacita; de invierno (cáscara dura)*		
	achicoria*	ajo	salsifi		frijol largo	camote*		
	col china*	cebolla larga*	escorzonera		malanga*	taro (dasheen)		
	brócoli*	hierbas* (no albahaca)	cebolla escalonia*		okra*	tomate; maduro, parcialmente maduro y verde maduro		
	broccoflower*	rábano picante	arveja con vaina*		pimientos; dulce, chile			
	repollitas de bruselas*	alcachofa de Jerusalén	espinaca*		calabacita; de verano, (cáscara suave)*	ñame*		
	repollo*	kailón*	arveja dulce*		tomatillo			
	zanahoria*	col*	acelga suiza*		frijol alado			
	coliflor*	colirrábano	nabo					
	apio nabo	puerro*	hojas de nabo*					
	apio*	lechuga*	castaña de agua					
	acelga*		berro de agua*					
Frutas y melones	manzana ^e	saucó	ciruela pasa*	1B	aguacate no maduro ^e	lima*	anona ^e	sapodilla ^e
	albaricoque ^e	higo	membrillo*		babaco	limequat	banana ^e	zapote ^e
	aguacate maduro ^e	grosella espinosa	frambuesa		pera de cactus, tuna	mandarina	frutipan ^e	guanábano ^e
	cereza de barba-dos/acerola	uva	fresa		calamondín	mango, maduro ^e	canistel	sandía
	mora	kiwi* ^e			carambola	aceituna	melón casaba	
	arándano azul	mora roja			arándano	naranja	chirimiyá ^e	
	zarza-frambuesa	longan			chirimoya ^e	maracuyá	melón crenshaw ^e	
	caimito	níspero			durian, maduro ^e	pepino	melón dulce ^e	
	cantalupo ^e	lichi			feijoa	piña	jaboticaba	
	marañón	nectarina			granadilla ^e	pomelo	yacae ^e	
	cereza	durazno			toronja*	anón de azúcar	mamey ^e	
	coco	pera (asiática y europea)			guayaba ^e	pepino de árbol	mangostán ^e	
	grosella	caqui*			melón canario ^e	tamarindo	papaya ^e	
	frutas de corte fresco ^e	ciruela madura*			kumquat	tangelo	melón de Persia ^e	
	dátiles	ciruela damasco madura*			limón*	tangerina	plátano	
	zarzamora	granada				ugli fruit	rambután	

*susceptibles a daño por etileno; ^e producen buena cantidad de etileno.

Adaptado de Thompson et al., 1996

Tabla 6. Flores, follaje de floristería y artículos de vivero compatibles 7 días en almacenamiento. (*) Pueden ser almacenados con hortalizas de la categoría 1A en un lugar de almacenamiento para productos frescos mixtos. La concentración de etileno debe mantenerse por debajo de 1 µl/l (1 ppm) en el área de almacenamiento.

	Grupo 1*			Grupo 2	Grupo 3
	0-2 °C (32-35,6 °F) HR 85 a 95 %			7-10 °C (44,6- 50 °F) HR 85 a 95 %	13-18 °C (55,4 – 64,4 °F) HR 85 a 95 %
Flores	Acacia/mimosa	Gaillardia	Protea	Anémona	Violeta africana
	Alstroemeria	Gardenia	Ranúnculo	Ave del paraíso	Anturio
	Allium	Gerbera	Rosa	Camelia	Jengibre
	Aster	Gladiolo	Boca de dragón	Lirio del Amazonas	Heliconia
	Mirto	Gypsophlia	Campanilla de invierno	Lirio glorioso	Orquídea, cattleya, vandal
	Buddleia	Brezo	Galanto	Godetia	Ponsetia
	Caléndula	Jacinto	Clavelina de mar	Silene armeria	
	Iberis	Iris, lirio	Stephanotis		bulbos, pseudobulbos, rizomas, tubérculos y raíces
	Clavel	Alsobia	Stevia		
	Crisantemo	Lila	Alhelí		Plantas de vivero
	Godetia	Lirio	Siempreviva		
	Pajaritos	Lirio del Valle	Arveja dulce		
	Coreopsis	Lupino	Tulipán		
	Pinceles	Maravilla	Violeta		
	Mirasol	Reseda	Zinnia		
	Croco	Narciso			
	Dalia	Orquídea, Cymbidium	vástagos y esquejes		
	Margarita común	Ornithogalum			
	Margarita	Amapola			
	Delfinio	Peonia			
	Artemisa, Matricaria	Flox			
	Nomeolvides	Primavera			
	Digitalis				
	Fresia				
Follaje de floristería (hojas)	Adiantum (Culantrillo)	Galax	Pitosporo	Chamaedorea (Palmera de salón)	Dieffenbachia (Lotería, amoena)
		Pinillo	Rododendro	Cordyline	Helecho cuerno de alce
	Espuma de mar	Hiedra	Salal	Palma	
		Ilex/acebo	Retama negra	Podocarpus (Maños)	
	Setos	Junípero/ enebro	Zarzaparrilla/uva de perro		
	Camelia	Helecho cuero	Vaccinium (Arándanos)		
	Cedro	Leucothoe			
	Crotón	Magnolia	Helecho Woodwardia		
	Dracaena	Muérdago			
	Helecho, “espada” (Polystichum), helecho macho	Kalmia			
	Eucalipto	Mirto/ arrayán			
		Filodendro			

Adaptado de Thompson, J., et al., 1996.

Temperatura óptima de almacenamiento y transporte

El consumidor va a recibir frutas y hortalizas de gran calidad solamente si en cada operación de la cadena de manipulación se minimiza el deterioro causado por el daño mecánico, una temperatura y humedad relativa inadecuada, la pérdida de humedad, el daño por etileno, la contaminación por olores y un tiempo de almacenamiento excesivo. Es importante que los distribuidores de fruta reciban productos que hayan sido mantenidos a temperatura y condiciones ambientales ideales, y que los protejan hasta su entrega a los consumidores. La temperatura de almacenamiento recomendada para productos no susceptibles al daño por frío es la mínima posible si bien ligeramente superior a su punto de congelación. Por tanto, los productos deben ser almacenados a 1,1 °C (2 °F) por encima de su punto de congelación. Ciertamente, todo ello dependerá de la capacidad que se tenga para controlar la temperatura en las instalaciones de almacenamiento, al igual que de otros factores. Si la temperatura desciende por debajo del intervalo óptimo para un producto determinado, puede producirse daño por congelamiento, pero si la temperatura es demasiado elevada se acortará la vida en almacenamiento. Las temperaturas ideales y demás condiciones ambientales recomendadas para muchos productos hortícolas pueden encontrarse en el *Manual Agrícola 66* del USDA (<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/>) o en el sitio web de Tecnología Poscosecha de UC Davis, <http://postharvest.ucdavis.edu>.

Los productos frutícolas no susceptibles al frío pueden almacenarse a aproximadamente 0 °C (32 °F) después de su maduración, y su vida poscosecha puede prolongarse más que la de los productos sensibles al frío, que deben almacenarse a temperaturas más altas incluso después de su maduración. Los estudios han demostrado que se puede prolongar la vida poscosecha de la fruta de hueso preacondicionada, mientras su duración no se ve afectada en las peras, las manzanas o los kiwis maduros si se manipulan apropiadamente.

Temperatura óptima de almacenamiento en los centros de distribución

Los productos madurados deben alcanzar su temperatura apropiada de almacenamiento a largo plazo allí donde se reciban, para idealmente ser almacenados a dicha temperatura. Debido a la falta de espacio en muchas instalaciones, a la imposibilidad de dotar del ambiente ideal de almacenamiento a cada producto o a la necesidad de darles una rápida salida bajo estas condiciones, los productos pueden agruparse en tres categorías cuando se los almacena durante un periodo inferior a una semana (Tablas 5 y 6). La at-

mósfera de almacenamiento debe tener un humedad relativa de un 90-98 %, especialmente en el caso de las hortalizas de color verde. Para periodos cortos de almacenamiento a bajas temperaturas, la fruta puede almacenarse a una humedad relativa de entre un 85 y un 95 %. El intervalo de temperaturas inferior, de 0 a 2 °C (32-35,6 °F), debe utilizarse para la mayoría de las hortalizas verdes que no son frutas, así como para las frutas y melones de zonas templadas. Si hay capacidad suficiente en las instalaciones, las frutas deben ser almacenadas separadas de las hortalizas. De este modo, se pueden instalar equipos que mantengan una humedad relativa mayor (90-98 %) para las hortalizas, dado que muchas de ellas son muy susceptibles a la pérdida de agua y al marchitamiento. Las flores cortadas y los artículos de vivero se agrupan también dentro de estas tres categorías recomendadas. Si se manipulan junto con las frutas y las hortalizas, los artículos florales del Grupo 1 deben estar en la sala de hortalizas 1A para minimizar la exposición al etileno producido por muchas frutas (Tabla 6). Los dos intervalos de temperaturas más elevados se utilizan para productos sensibles al frío (Grupos 2 y 3). La sala de mayor temperatura puede ser también utilizada para madurar frutas que no requieran para ello más que un ambiente cálido. Si el espacio de refrigeración es limitado, se pueden poner frutas, hortalizas y flores no susceptibles al frío en un cuarto, y para los productos sensibles al frío (Grupo 3) se puede utilizar un espacio provisto de aire acondicionado a 20-25 °C (68-77 °F).

Temperaturas para los mostradores de venta

La mayoría de los productos maduros deben exhibirse en mostradores refrigerados. La presentación de productos parcialmente maduros en mostradores grandes abiertos al aire es una buena herramienta para atraer consumidores, pero la rotación del producto debe ser cuidadosamente vigilada. Es aceptable para ciertos productos, incluyendo aquellos que no pierden agua rápidamente y tienen una duración prolongada en almacenamiento, como son los aguacates, las peras, los kiwis y las frutas de hueso. De ese modo, los productos maduros, los que están en oferta (como las uvas y las fresas), y los que van a ser exhibidos solamente por unas cuantas horas, pueden almacenarse igualmente a temperatura ambiente. De forma ideal, el intervalo de temperaturas de exhibición debe estar de acuerdo con el intervalo recomendado para cada grupo de productos, por ejemplo, entre 0 y 2 °C (32 a 35,6 °F) para el grupo 1 que comprende todos los productos de corte frescos, y entre 7 y 10 °C (44,6 a 50 °F) para el grupo 2. Debido a que los mostradores de exhibición carecen normalmente de capacidad de refrigeración para enfriar el producto, es muy importante asegurarse de que se en-

Tabla 7. Almacenamiento de frutas y hortalizas en el hogar.

Lugar de almacenamiento	Frutas y melones	Hortalizas
Almacene en el refrigerador	Manzanas (más de 7 días)	Alcachofas
	Albaricoques	Espárragos
	Moras	Remolacha
	Arándano azul	Endivia
	Cerezas	Brócoli
	Fruta cortada	Repollitas de Bruselas
	Higos	Repollo
	Uvas	Zanahorias
	Nashi (Peras asiáticas)	Coliflor
	Frambuesas	Apio
	Fresas	Hortalizas cortadas
		Frijoles verdes
		Cebolla larga
		Hierbas (excepto albahaca)
		Hortalizas de hojas
		Puerros
		Lechuga
		Porotos
		Champiñones
		Arvejas
Madurados primero en mostrador y almacenados luego en el refrigerador	Aguacates	
	Kiwi	
	Nectarinas	
	Duraznos	
	Peras	
	Ciruelas	
	Ciruelos damasco	
Almacenar solo a temperatura ambiente	Manzanas (menos de 7 días)	Albahaca (en agua)
	Bananas	Pepinos†
	Toronjas	Cebolla seca*
	Limas	Berenjena†
	Limones	Ajo*
	Mandarinas	Jengibre
	Mangos	Jícama
	Melón fragante ‘Cantalupe’	Pimientos†
	Naranjas	Papas*
	Papayas	Calabazas
	Caquis	Camotes/papa dulce*
	Piña	Tomates
	Plátano	Calabacitas de invierno
	Granadas	
	Sandías	

Notas: * Almacene el ajo, la cebolla, las papas y el camote en un área bien ventilada de la despensa. Proteja las papas de la luz para evitar que se pongan verdes.

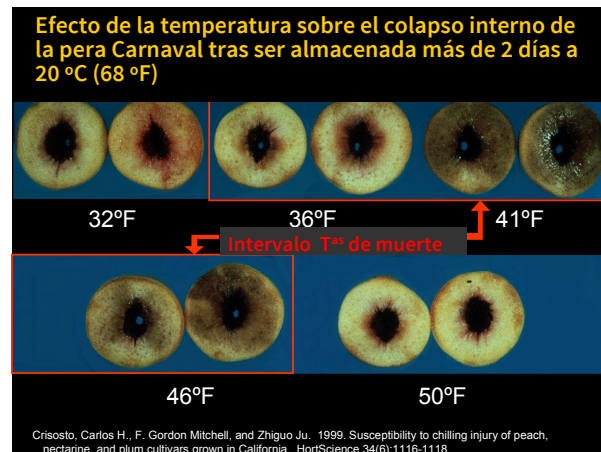
† Los pepinos, las berenjenas y los pimientos pueden mantenerse en el refrigerador de 1 a 3 días si se usan rápido una vez retirados del refrigerador.

cuentre prácticamente a la temperatura recomendada cuando se lo sitúa en el mostrador. El producto no debe obstruir los orificios de entrada y salida del aire para mantener una buena circulación de aire frío en el exhibidor, ni tampoco debe apilarse tan densamente que obstruya su circulación, ni a tanta altura que el producto quede fuera de la zona refrigerada y expuesto a la temperatura ambiental. Los mostradores refrigerados tienen un sistema de flujo de aire horizontal o vertical, así como exhibidores con uno o varios niveles. Asimismo, los mostradores deben estar equipados con termómetros precisos de fácil lectura, que han de ser calibrados y revisados con regularidad. El rendimiento de los mostradores refrigerados está principalmente relacionado con su capacidad de refrigeración, opciones de descongelamiento y sistema de circulación del aire. Una encuesta realizada en 1989 sobre la temperatura de las ensaladas de corte fresco mantenidas en mostradores refrigerados en una muestra representativa de supermercados, rindió una temperatura media de 9 °C (48,2 °F), con más del 78 % de los mostradores con temperaturas superiores a ~ 7 °C (44,6 °F) y más del 17,5 % con temperaturas por encima de los ~

13 °C (55,4 °F). Una encuesta más reciente sobre la temperatura de los productos vegetales de corte fresco mantenidos en mostradores refrigerados en los supermercados, produjo un promedio cercano a 5 °C (41 °F), con más del 40 % de los productos con temperaturas por encima de los 7 °C (44,6 °F). Todo ello indica que ha habido mejoras significativas en el mantenimiento de la cadena de frío en los supermercados, si bien aún se debe mejorar más para lograr que el intervalo de temperaturas de los productos de corte fresco sea más próximo a los 0-2 °C (32-35,6 °F) recomendados. La reducción de la pérdida de agua puede lograrse protegiendo a los productos de una excesiva circulación de aire a su alrededor, envasándolos en plástico perforado (barrera de humedad), añadiendo periódicamente agua higienizada y limpia en forma de rocío, o exhibiéndolos sobre hielo picado (solo útil para productos que toleran el contacto directo con el hielo). Si se utiliza hielo, se debe proporcionar un drenaje adecuado para el agua que se derrite. Debe recordarse que el hielo no es efectivo para mantener el producto frío a menos que se lo rodee bien por todas partes.



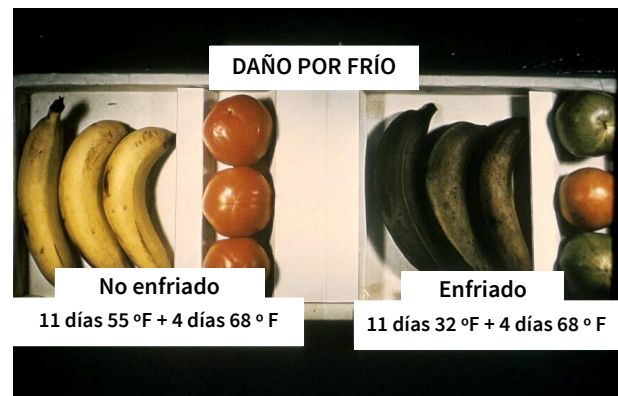
Pomelos con daño por frío



Duraznos con daño por frío



Tomates con daño por alta temperatura



Bananas y tomates con daño por frío

Las mesas o estantes sin refrigeración se utilizan para la mayoría de los productos del grupo 3 de frutas y hortalizas, que deben ser exhibidos separadamente. Algunas de las frutas de los grupos 1 y 2 (tales como los aguacates, los kiwis y las peras), pueden exhibirse en mesas o estantes sin refrigeración a la temperatura ambiente de la sección de frutas y verduras para mejorar su maduración. Las bombillas fluorescentes que simulan la luz natural son buenas para proporcionar en dicha sección una iluminación adecuada sin calor.

Algunos productores venden directamente al consumidor cantidades limitadas de productos hortícolas en mercados locales o puestos a la orilla de la carretera. Estos mercados generalmente quedan cerca del lugar de producción y le ofrecen al consumidor un producto que ha sido recogido inmediatamente antes de su venta. El corto intervalo de tiempo entre la recolección y la venta al público permite que el producto pueda ser cosechado más cerca del punto de calidad óptima para su consumo; sin embargo, este producto maduro es a menudo más susceptible al daño mecánico, a las pérdidas por exposición a altas temperaturas y a la deshidratación. La mayoría de estos mercados no poseen almacenamiento refrigerado y, aunque lo tuvieran no podrían enfriar rápidamente el producto que les llega templado. Los agricultores deben cosechar cada producto a medida que alcanza el óptimo de madurez fisiológica o de consumo y, sin almacenamiento refrigerado, deben venderlo inmediatamente o arriesgarse a perder parte del mismo por deterioro, marchitamiento o maduración excesiva. El almacenamiento refrigerado permite que el agricultor acumule temporalmente productos durante periodos de gran oferta y que los vendan luego cuando la demanda exceda la oferta. El almacenamiento es también esencial para conservar de un día para otro el producto exhibido. Los productos no susceptibles al frío pueden ser exhibidos en mostradores con hielo. El hielo picado o en escamas se puede comprar o producir en el propio local con agua potable.

Como guía general, un mostrador típico requiere cerca de 20 a 24 kg/m² (4 a 5 lb/cft) de hielo cada día. Se puede minimizar el uso de hielo aislando y protegiendo el mostrador de la luz directa del sol y otras fuentes de calor o corrientes de aire. Se debe diseñar el mostrador de tal forma que el agua derretida no se derrame por los pasillos. Luego se esparce una fina capa de hielo sobre el producto de manera que tengan un buen contacto o el hielo no enfriará el producto adecuadamente. Los mostradores refrigerados son efectivos, pero pueden tener un precio muy elevado para su compra. Por otro lado, los equipos de segunda mano son más asequibles. Es importante determinar

la rentabilidad potencial de adquirir un exhibidor refrigerado calculando la cantidad de producto desperdiciado o la pérdida en peso que puede prevenirse utilizándolo. Los mostradores refrigerados pueden no ser rentables para artículos que tengan una larga duración en almacenamiento. Si no es económico enfriar el producto con hielo o con mostradores refrigerados, se puede recurrir a un enfriamiento por evaporación que reduzca la temperatura del producto y retarde la pérdida de humedad. La mayoría de las hortalizas y muchas frutas pueden ser rociadas ligeramente con agua potable. La evaporación directa del agua de la superficie del producto retarda la pérdida de humedad enfriándolo. También se pueden usar unidades refrigeradoras por evaporación para enfriar y humedecer la atmósfera alrededor de los mostradores. Estas son mucho más útiles en climas áridos y poseen cierto valor incluso en áreas tropicales. Poner el producto en bolsas de plástico con orificios de ventilación retrasa la pérdida de humedad, pero no reduce la temperatura del producto.

Temperaturas requeridas en el hogar

El hogar es la última etapa de manipulación del producto y la última oportunidad de maduración antes de su consumo. La mayoría de los hogares presentan condiciones adecuadas para el almacenamiento de frutas y hortalizas a corto plazo. Muchos productos tienen, no obstante, una vida limitada debido a las condiciones previas de manipulación y al tiempo transcurrido desde la cosecha. Además, las condiciones de almacenamiento en el hogar raramente son ideales, de modo que la mayoría de las frutas y hortalizas deben consumirse a los pocos días de haberlas comprado, especialmente si ya están maduras. Los aguacates, los kiwis, las frutas de hueso, las manzanas y las peras ya maduras (grupo intermedio), pueden almacenarse durante unos pocos días en el refrigerador sin perder sabor. Las bayas, las uvas de mesa, las cerezas, la fruta cortada, los higos, el nashi (peras asiáticas), así como las hortalizas deben mantenerse siempre en el refrigerador (grupo superior). Los productos clasificados en el grupo inferior deben almacenarse sobre el mostrador de la cocina (Tabla 7), ya que las temperaturas de refrigeración, entre 3,3 y 6,7 °C (38 y 44 °F), dañan estos productos. Aunque el grupo inferior es sensible al frío, productos tales como: bananas, toronjas, limas, limones, mandarinas, naranjas, caquis, papayas, tomates, albahaca y otras hortalizas, normalmente no muestran daño hasta 5 días después de estar a temperaturas de refrigeración seguidos de un día o más a temperatura ambiente. Si se tienen que conservar más de 5 días, deben ubicarse en un lugar fresco de la casa, como el sótano, o bien pueden almacenarse en el garaje si la temperatura del mismo en

los meses más frescos del año no cae muy por debajo de la que ocasiona daño por frío. El área del mostrador utilizada como almacenamiento debe estar alejada de la luz directa del sol para que el producto no se caliente demasiado. Los productos clasificados en el grupo inferior (Tabla 7): manzanas, bananas, toronjas, limas, mangos y caquis, no pierden humedad rápidamente, por lo que pueden mantenerse a temperatura ambiente durante varios días sin que se arruguen. Sin embargo, se puede disminuir la pérdida de humedad poniéndolos en un tazón de plástico ventilado o en un tazón especial para maduración con tapa plástica. Incluso poner los productos en una bolsa de papel retarda la pérdida de humedad. No ponga las frutas y hortalizas en el mostrador en bolsas plásticas selladas a menos que quiera retardar la maduración; dentro de la bolsa el O_2 se agotará y el CO_2 se acumulará, inhibiéndose la maduración. La maduración en un tazón o en una bolsa de papel puede acelerarse poniendo una manzana madura por cada 5 unidades de la fruta que se quiera madurar. Las manzanas producen etileno que acelera la maduración (las manzanas Fuji o Granny Smith no producen mucho etileno; utilice, por tanto, una variedad diferente). Las hortalizas de hoja verde, zanahorias y bayas pierden rápidamente humedad en el refrigerador. Póngalas en bolsas de plástico perforadas para retardar la pérdida de humedad.

Referencias

Kader, A.A. 2000. Postharvest biology and technology: An overview, Chapter 4. In: A.A. Kader (ed.),

Postharvest Technology of Horticultural Crops, Third Edition. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication #3311.

Thompson, J.F. and C. Crisosto. 2002. Handling at destination markets, Chapter 21. In: A.A. Kader (ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops, Third Edition. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication #3311.

Thompson, J., A.A. Kader, and K. Sylva. 1996. Compatibility chart for fruits and vegetables in short-term transport and storage. Oakland, University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication #21560.

Thompson, J.F., F.G. Mitchell, C.H. Crisosto, and R.F. Kasmire. 1998. Appendix A-1, p. 50. In: J.F. Thompson, F.G. Mitchell, T.R. Rumsey, R.F. Kasmire, and C.H. Crisosto (eds.), Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication #21567.

Wang, C. 2007. Chilling injury and freezing damage. In: K. Gross (ed.), The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks Agriculture Handbook Number 66. <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/>

Instalaciones de maduración

por James F. Thompson

Las frutas y los vegetales tipo fruta son madurados en cuartos construidos especialmente para tal efecto o en vehículos de transporte refrigerados, que deben ser herméticos a los gases y poseer sistemas para el control de la temperatura, la humedad, así como de la concentración de dióxido de carbono y etileno.

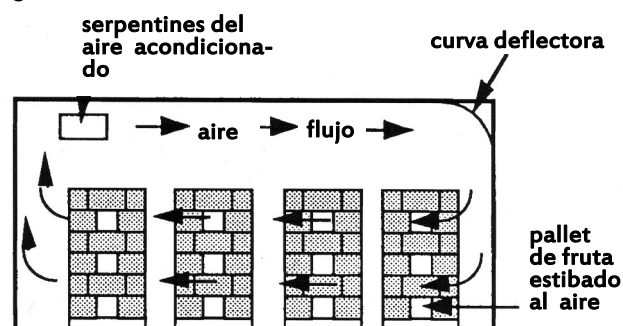
Construcción del cuarto

La mayoría de los productos perecederos ya maduros no pueden almacenarse durante mucho tiempo y la capacidad del cuarto de maduración debe corresponder a las necesidades diarias de transporte o venta. Los cuartos convencionales de maduración con circulación de aire alrededor de los pallets de producto estibado al descubierto tienen por lo general de 2,5-3 m de altura (8 a 10 pies), con espacio para pallets individuales y para que el aire circule por encima de ellos. La desverdecización de los cítricos se realiza con la fruta en cajas de pallets estibadas de a seis. El espacio entre las cajas debe ser de 10-15 cm (4 a 6 pulgadas), con corredores para aire en la parte frontal y al fondo del cuarto. Las instalaciones diseñadas para la maduración por aire forzado (algunas veces denominadas de maduración presurizada), se encuentran a menudo provistas de estantes y permiten poner dos o tres pallets uno encima del otro. Por lo general contienen 10, 20 o 30 pallets, dependiendo de la altura del cuarto. El área del piso debe ser la adecuada para contener el producto y para crear corredores que distribuyan el aire hacia la fruta y desde esta cuando está madurando, así como para permitir que los operarios inspeccionen el producto durante dicho proceso. Los cuartos deben poseer puertas amplias que faciliten la carga. La Figura 1 muestra algunos diagramas frecuentemente utilizados en el diseño de cuartos de maduración.

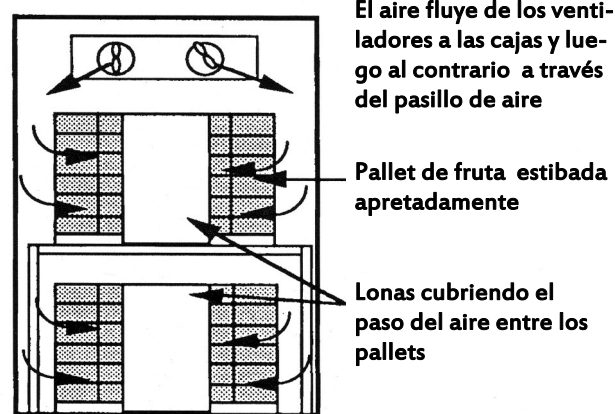
Los cuartos de maduración generalmente están aislados, aunque es habitual que operen a temperaturas entre 13 y 25 °C (55-77 °F) y no necesiten altos niveles de aislamiento si se encuentran en el interior de instalaciones de almacenamiento de temperatura controlada. El proceso se realiza siempre a una humedad relativa superior al 85 %. El aislamiento y el trabajo de carpintería deben estar protegidos contra la condensación de la humedad, si las superficies exteriores de las paredes se ven expuestas por periodos prolongados a temperaturas de 5-8 °C (10-15 °F) por debajo de la temperatura de operación.

Los cuartos funcionan con altos niveles de etileno y deben ser herméticos a los gases. Esto minimiza el uso del

Figura 1. Diseños habituales de cuartos de maduración.



Cuarto de maduración para maduración de bananas



Vista superior de un cuarto de maduración por aire forzado

Cuarto de deverdecimiento de cítricos

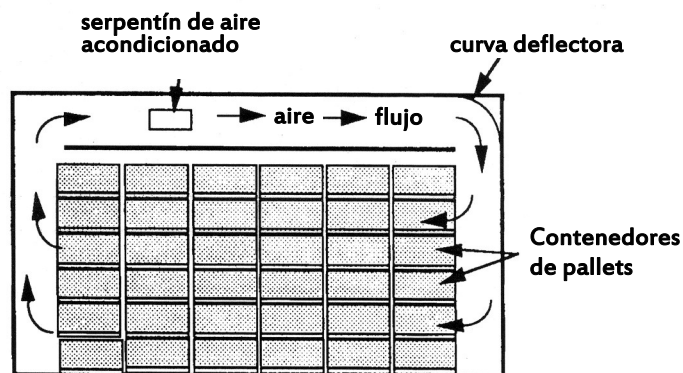


Tabla 1. Características y condiciones de maduración para algunas frutas comúnmente maduras

	Respiración (mg/CO ₂ /kg-h) ¹	Concentración de etileno (ppm)	Exposición a etileno tiempo (h)	Temperatura maduración °F (°C)	Temperatura almacenamiento °F (°C)	Calor específico Btu/lb-°F (kJ/kg-°C)
Naranja Desverdiza- ción	22-34	< 5	24-72	68-72 (20-22)	38-46 (3-8)	0,90 (3,8)
Aguacate	80-300	10-100	12-48	68 (20)	36-40 (2-4)	0,81 (3,4)
Banana	25-110	100	24-48	59-65 (15-18)	56-58 (13-14)	0,81 (3,4)
Kiwi	30-40	100	12	32-68 (0-20)	31-32 (-0,5-0)	0,86 (3,6)
Mango	70-160	100	12-24	68-72 (20-22)	50 (10)	0,85
Pera	30-60	100	24-48	68-77 (20-25)	30-32 (-1-0)	0,90 (3,8)
Frutas de hueso	64-110	0 para la mayo- ría de las variedades	12-72	55-77 (13-25)	30-32 (-1-0)	0,90 (3,8)
Tomate	24-44	100	24-48	64-68 (18-20)	46-50 (8-10)	0,95 (4,0)

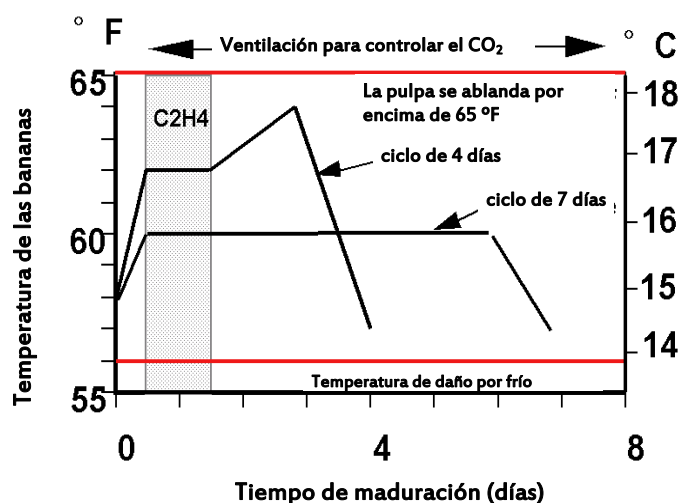
¹ Tasa en condiciones de maduración, multiplique por 0,11 para obtener el calor de respiración en Btu/lb-día o por 0,26 para obtener la respiración en kJ/kg-día.

² Temperatura de almacenamiento recomendada después de la maduración.

gas y evita el daño de otros productos sensibles al etileno que pudieran estar almacenados en las inmediaciones. Las paredes pueden construirse relativamente impermeables al paso de este gas, seleccionando una superficie interior impermeable, como el aluminio pintado, el acero galvanizado o un plástico lavable. Las uniones entre los paneles de las paredes y entre estas y el piso de cemento, así como cualquier otra área de posible penetración del gas, deben ser impermeabilizadas al gas aplicando un compuesto elastomérico sellante en las uniones. Los marcos de las puertas deben ser de metal sólido, que no se deforme cuando la puerta se cierra contra la junta flexible que va alrededor del perímetro de la misma.

La maduración también puede llevarse a cabo en los vehículos de transporte refrigerados. Habitualmente se recurre a contenedores marítimos porque tienen un buen sistema de distribución de aire, si el producto se carga de tal forma que cubra el piso completamente. El embalaje que se utiliza en estos contenedores debe poseer un diseño que permita la circulación vertical del aire a través de la carga del pallet. Para que pueda

llevarse a cabo la maduración de la fruta durante el transporte terrestre, es posible equipar a los camiones agregando ventiladores al sistema de refrigeración y distribuyendo aire a los pallets a través de cámaras de ventilación especialmente construidas en las paredes

**Figura 2.** Condiciones típicas de maduración de la banana para un ciclo de 4 y 7 días.

laterales.

Manejo de la temperatura

Durante la primera parte del proceso de maduración la mayoría de los productos son calentados. En el cuarto de maduración se puede llevar a cabo un calentamiento por resistencia eléctrica, intercambiadores de calor aire-agua o cualquier otra fuente de calor que no sea de llama, dado que la combustión directa produce dióxido de carbono que retarda la maduración. Los cuartos de maduración de bananas y otras frutas utilizan el calor generado por la respiración de la fruta y el sistema de ventilación para elevar lentamente la temperatura del producto. En la Tabla 1 se muestran las temperaturas típicas de almacenamiento y maduración de productos seleccionados.

Después del calentamiento, la temperatura del producto debe mantenerse fija. La Figura 2 muestra los patrones de temperatura para bananas maduras durante cuatro y siete días, respectivamente. La refrigeración es necesaria para eliminar el calor producido por la respiración de la fruta, el funcionamiento de los ventiladores y el que conducen las paredes del cuarto de maduración. La capacidad de refrigeración se calcula sobre procedimientos de diseño estándar descritos en libros de referencia sobre refrigeración. Utilice las tasas máximas de respiración enumeradas en la Tabla 1. Un cuarto típico de maduración de bananas que contenga 20 pallets requerirá aproximadamente 7 toneladas de capacidad de refrigeración. Los cuartos de maduración de algunos productos, como pueden ser los aguacates, necesitan poder enfriar el producto a su temperatura de almacenamiento al finalizar el proceso. Solamente los cuartos de maduración por aire forzado poseen un flujo de aire suficiente como para enfriar rápidamente el producto.

Los cuartos convencionales tienen habitualmente menor capacidad para hacer descender la temperatura del producto que los cuartos de maduración por aire forzado. Durante la maduración, la respiración del producto aumenta tremendamente, por lo que se requiere una tasa mayor de extracción de calor. Así, por ejemplo, las bananas emiten 0,23 kJ/kg-h (0,10 BTU/lb-h) de calor durante las etapas de color 1 y 2. Cuando alcanzan la etapa de color 3 su tasa de producción de calor es entre cinco y seis veces mayor. En cuartos con un mal flujo de aire y cuando exista una gran variación en la temperatura del producto, puede ser necesario reducir la temperatura del aire si las tasas de emisión de calor de la fruta son altas, a fin de mantener a las cajas más calientes por debajo de la temperatura máxima deseada para el producto.

Los sistemas de maduración por aire forzado pueden movilizar suficiente aire alrededor del producto como para mantener la temperatura del mismo relativamente constante, incluso durante los periodos de mayor tasa de respiración.

La maduración se controla por la temperatura de la pulpa de la fruta. Esta debe ser medida en cada ciclo con un termómetro calibrado para pulpa de fruta. Revise la temperatura en muchos puntos distintos para determinar las áreas más frías y calientes de cada cuarto. Estas áreas deben mantenerse dentro de ciertos rangos específicos de tolerancia. La temperatura del aire del cuarto debe verificarse regularmente con un termómetro calibrado. El termómetro debe ubicarse en un lugar representativo dentro del cuarto dado que, por ejemplo, la temperatura del aire fluctúa mucho en las proximidades de las puertas debido a la entrada y salida de los operarios.

Control de la humedad

El sistema de refrigeración debe ser diseñado para mantener una humedad relativa de 85 a 95 %. Una humedad relativa por debajo de este intervalo causará una excesiva pérdida en peso del producto y, en el caso de las bananas, una baja humedad relativa produce un aumento de la susceptibilidad al daño por manipulación después de la maduración. Una baja humedad relativa en los cuartos de maduración de bananas puede provocar la pérdida en peso de 0,5 lb por caja de 40 lb (un 1,25% del peso inicial del producto), durante un ciclo de maduración. Los controles de refrigeración y los serpentines de evaporación deben seleccionarse de modo que permitan el funcionamiento de los serpentines a temperaturas elevadas y minimicen la condensación de la humedad sobre los mismos. Algunos cuartos de maduración utilizan sistemas de refrigeración de serpentín húmedo para mantener la humedad alta. Estos sistemas enfrían el agua y luego hacen discurrir el aire del cuarto sobre una superficie de intercambio de calor húmeda. El agua enfría el aire y cuando este sale del intercambiador de calor se encuentra casi saturado de humedad.

Si las condiciones de humedad son altas, los embalajes de madera y cartón corrugados absorben agua, lo que puede lograrse suministrando humedad gracias a un sistema de serpentines húmedos. En el caso de los evaporadores convencionales secos, para suministrar humedad al material de embalaje se pueden utilizar humidificadores. No obstante, la alta humedad debilitará las cajas de cartón corrugado. En ciclos largos de maduración puede ser necesario reducir la humedad por debajo de los niveles recomendados para lograr un equilibrio entre la pérdida de producto causada por fallos en las cajas y la pér-

dida de peso del producto debida a una baja humedad.

Se debe verificar periódicamente la humedad del aire con un psicrómetro de bulbo húmedo y seco, o con un higrómetro electrónico bien calibrado. La humedad variará durante el ciclo y debe ser verificada durante varios ciclos completos para lograr entender su patrón de variación en el tiempo.

Flujo de aire

Se requiere de un flujo de aire para distribuir el gas etileno por el producto, así como para agregar o extraer calor y dióxido de carbono del producto durante el ciclo de maduración. Existen muchos sistemas de flujo de aire que pueden ser usados en los cuartos de maduración. En los cuartos convencionales de maduración para bananas se hace circular aire alrededor de la parte externa de los pallets. Las cajas deben apilarse dejando espacio entre ellas para permitir un buen flujo de aire alrededor de cada caja. Por lo general los cuartos tienen una altura de aproximadamente 2,5 m (8 pies) y a menudo pueden contener de 10 a 20 pallets, con un espacio entre ellos de 10 a 15 cm (4 a 6 pulgadas). Ventiladores evaporadores y, algunas veces, ventiladores adicionales mueven el aire en el cuarto. Los cuartos de aire forzado o los cuartos presurizados actúan como refrigeradores de aire forzado, empujando el aire por entre los pallets repletos de cajas apiladas muy juntas y, habitualmente, se dota a los cuartos con estantes que permiten apilar dos o tres pallets. Los cuartos presurizados con frecuencia contienen entre 20 y 30 pallets cada uno. Los sistemas de flujo de aire son exactamente iguales a los utilizados en la refrigeración por aire forzado. La desverdización de los cítricos se lleva a cabo normalmente en muchas cajas de fruta a la vez (300 a 400 cajas por cuarto). Las cajas de 0,6 m (2 pies) de profundidad a menudo se apilan de a seis, con un espacio de 10 a 15 cm (4-6 pulgadas) entre las pilas de pallets.

Los cuartos convencionales pueden ser reconvertidos para llevar a cabo una maduración presurizada utilizando un ventilador y una lona. Se colocan los pallets en dos columnas con una separación de 60 cm (2 pies) entre ellos; cubriendo el espacio entre las columnas de pallets se coloca una lona reforzada con madera o tubos de diámetro pequeño, y un ventilador extrae aire del espacio entre las columnas de pallets y lo dirige al serpentín de evaporación del cuarto.

Para distribuir etileno por el producto y extraer el dióxido de carbono acumulado es necesario un flujo de aire relativamente pequeño y uno algo más fuerte para retirar el calor de la respiración. Los cuartos de aire forzado que se diseñan comercialmente para productos

con una tasa de respiración alta, como son las bananas y los aguacates, utilizan 0,3 pies cúbicos por minuto y libra de peso ($1 \text{ cfm/lb} = 1 \text{ litro/seg-kg} = 0.001 \text{ m}^3/\text{seg-kg}$). Los ventiladores tienen que producir este flujo contra una presión cercana a 0,6-1,9 cm (0,25-0,75 pulgadas) de una columna de agua, responsable de la resistencia en los serpentines evaporadores y las cajas. Esta tasa de flujo de aire es mayor de la necesaria para eliminar el calor sensible y latente producido por la fruta, y compensar las fugas de aire alrededor de los pallets, así como la gran resistencia que algunas cajas tienen a dicho flujo del aire. Este flujo de aire produce un intervalo de temperaturas en la fruta de $\pm 1^\circ \text{C}$ (2°F) con respecto a la temperatura media en los cuartos de maduración por aire forzado. El flujo de aire en productos como las naranjas, con una tasa de respiración más baja, es de 0,05 a 0,1 cfm/lb.

Es difícil monitorear el flujo de aire en un cuarto en operación. Si la temperatura del aire suministrado a las cajas es uniforme, entonces se puede recurrir a la temperatura de la fruta para localizar aquellas áreas que no presenten un buen flujo de aire. Durante los periodos en que se necesita refrigeración, la velocidad irregular del aire en el cuarto puede hacer que la temperatura de la fruta sea elevada en áreas donde la velocidad del aire es baja. Si la temperatura de la fruta en diferentes áreas varía uniformemente en más de 1°C (2°F), entonces, el sistema de distribución del aire o el sistema de ventilación de las cajas debe ser modificado para aumentar el flujo en las áreas más calientes.

Las cajas o contenedores tienen que ser ventilados para permitir el flujo de aire entre ellos. El material de embalaje debe colocarse en las cajas de modo que no obstruya las ranuras de ventilación. Una mala ventilación o el bloqueo de las ranuras, elevará la temperatura de la fruta y la maduración no será uniforme.

Etileno

Después de que el producto haya alcanzado la temperatura de maduración se agrega gas etileno. Para que se inicie la maduración tan solo se requiere una concentración de etileno de 100 ppm. En instalaciones más recientes se está utilizando con éxito una concentración de etileno de 20 ppm. Los niveles de etileno por encima del nivel fisiológico de saturación, entre 10 y 20 ppm, no aceleran la maduración. Incrementar excesivamente el nivel de etileno es muy caro y suele dar como resultado la liberación de concentraciones demasiado elevadas en las áreas de almacenamiento alrededor de los cuartos de maduración. El etileno es dañino para las frutas y hortalizas sensibles, así como para las flores, hortalizas verdes, zanahorias y sandías. Para minimizar la concentración de etileno, hay que-

ventilar completamente los cuartos antes de que el personal entre a inspeccionar la fruta.

El etileno se agrega habitualmente por alguno de los sistemas siguientes. Un generador patentado produce un flujo relativamente constante de etileno a partir de alcohol etílico durante un mínimo de 24 horas. El etileno también puede comprarse en grandes cilindros presurizados. En este caso, se debe recurrir al uso de medidores y limitadores de flujo para garantizar que solo penetre en el cuarto una cantidad determinada de etileno. Se puede comprar gas etileno puro en pequeños cilindros presurizados que contienen unos pocos pies cúbicos de gas y que se utilizan principalmente para tratamientos en tránsito de etileno.

El etileno puede explotar a una concentración en el aire de entre 2,8 % (28.000 ppm) y 28,6 %. En las operaciones habituales la concentración de este gas nunca se aproxima a estos niveles, pero algunas descargas accidentales en cuartos de maduración han causado explosiones letales. El diseño de los cuartos de maduración debe cumplir con los códigos locales de seguridad y construcción, y observar las precauciones de seguridad de la etiqueta del proveedor de gas durante su uso. Algunos de los proveedores de etileno en cilindros presurizados exigen que el etileno sea utilizado solamente en instalaciones con equipamiento eléctrico a prueba de explosiones. Esto aumenta significativamente los costos de cableado, motores, interruptores y dispositivos de iluminación, pero el uso de equipos a prueba de explosión tal vez no cause necesariamente un incremento significativo en el costo total de las instalaciones de maduración. Los proveedores de gas presurizado requieren el uso de un limitador de flujo de etileno y ventilación continua con una entrada de aire externo para evitar concentraciones explosivas de gas. Los generadores de etileno y los sistemas de cilindros pequeños restringen la salida de etileno, porque cada uno de ellos puede producir solamente una cantidad de gas muy limitada.

El etileno también puede comprarse como una mezcla diluida con nitrógeno o dióxido de carbono. Las descargas grandes de gas en estas condiciones reducirán la concentración de oxígeno en el cuarto y nunca resultará en una mezcla explosiva. No obstante, lo habitual es utilizar nitrógeno como gas de dilución porque el dióxido de carbono retarda la maduración a concentraciones del 1 %. Así, hay que tener en cuenta que si se hace uso de las innecesarias, pero tradicionales, concentraciones de etileno de 1000 ppm, el dióxido de carbono en que se diluye podría alcanzar concentraciones supe-

riores a 1 %.

No existen un conjunto único de recomendaciones y procedimientos para el diseño de cuartos en los que utilizar etileno. Los códigos y requisitos locales son muy variados, y hay muchas combinaciones de fuentes de gas, equipos eléctricos y métodos de cableado que pueden cumplir con las reglamentaciones locales. En algunas jurisdicciones se requiere que los cuartos de maduración sean diseñados por un ingeniero electricista registrado, con experiencia en el manejo de gases explosivos. Los trabajadores deben recibir formación sobre los procedimientos de seguridad adecuados para la manipulación de gas etileno.

Se debe comprobar periódicamente la concentración de etileno en el cuarto para garantizar que el sistema de introducción esté funcionando correctamente y no se hayan producido fugas de importancia. Varias compañías venden tubos de vidrio para la detección de gas que cuestan alrededor de 5 dólares cada uno. Para utilizarlos se hace pasar un volumen conocido de gas a través del tubo y se lee su concentración como cambio de color en el material granular. También hay compañías que venden medidores electrónicos de etileno que cuestan alrededor de 1000 dólares.

La duración del tratamiento con etileno dependerá del producto que se vaya a madurar y de su grado de madurez. La Tabla 1 muestra los tiempos de exposición requeridos por determinadas frutas. Las frutas con un alto grado de maduración requieren habitualmente una menor exposición a etileno que las frutas que se cosechan temprano; así los aguacates y las peras almacenados durante más de tres semanas después de la cosecha no necesitan etileno para su maduración. Cuando a la fruta cosechada se aplica el inhibidor de etileno 1-MCP, esta necesitará siempre etileno.

Dióxido de carbono

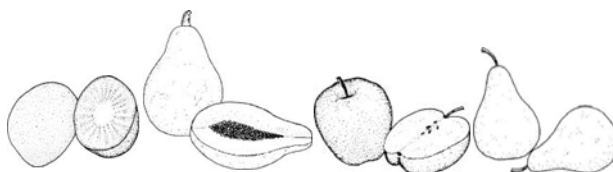
La concentración atmosférica normal de dióxido de carbono (CO_2) es de 0,038 % (380 ppm). Concentraciones elevadas de CO_2 retardan el inicio de la maduración que estimula el etileno. Por tanto, el nivel de CO_2 debe mantenerse por debajo del 0,5 % a fin de que los tiempos de maduración sean lo más breves posibles. Los cuartos de maduración deben ventilarse hacia el exterior, incluso cuando se añade etileno, para mantener bajos los niveles de dióxido de carbono. Los productos con tasas de respiración elevadas, como son las bananas, mangos y aguacates, necesitan durante el tratamiento con etileno una tasa de ventilación de $0,0050 \text{ m}^3/\text{s}$

0,005 m³/s por 1000 kg de fruta (4 pies cúbicos por minuto por 1000 libras de producto), con el objeto de mantener los niveles de dióxido de carbono por debajo del 0,5 % durante la adición de etileno. Esta tasa de ventilación corresponde aproximadamente a dos intercambios de aire por hora en un cuarto típico lleno de fruta. Lo ideal es monitorear el nivel de CO₂ y ajustar la tasa de ventilación para mantener la concentración recomendada. Algunas instalaciones nuevas llevan incorporado un monitor de CO₂ y un control automático de ventilación.

El dióxido de carbono puede medirse con tubos de vidrio para detección de gases similares a los de etileno.

Se pueden comprar medidores de CO₂ de confianza por 500 a 1000 dólares la unidad.

Conforme a la Administración de Salud Ocupacional y Seguridad de Estados Unidos (OSHA), el límite de exposición a dióxido de carbono permitido para los trabajadores es de 5000 ppm (0,5 %) en promedio ponderado para un periodo de 8 horas. El límite de exposición por 15 minutos es de 15.000 ppm (1,5 %). Los síntomas de intoxicación por CO₂ son náuseas, vómito, dolor de cabeza, mareo, pulso acelerado, dificultad para respirar y respiración rápida.



Instrumentos para la medición del entorno de frutas y hortalizas

por James F. Thompson y Carlos H. Crisosto

Las condiciones ambientales del almacenamiento, en lo referente a temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire, tienen un papel muy importante en el mantenimiento de la calidad de las frutas y hortalizas durante su maduración y almacenamiento. La temperatura recomendada, una alta humedad relativa (HR) y un flujo de aire moderado son importantes para limitar las pérdidas de calidad. Los controles de temperatura de los cuartos de maduración y almacenamiento deben estar bien calibrados para que el control sea preciso. La temperatura del aire en una instalación de almacenamiento en frío debe ser de $\pm 1^\circ\text{C}$ (2°F) la temperatura deseada para la pulpa de los productos almacenados.

Para monitorear las condiciones ambientales durante el manejo poscosecha se necesitan varios instrumentos. La información sobre instrumentos y proveedores puede encontrarse en la página web del Centro de Tecnología Poscosecha que se actualiza con frecuencia (<http://postharvest.ucdavis.edu/phd/directorymain.cfm>).

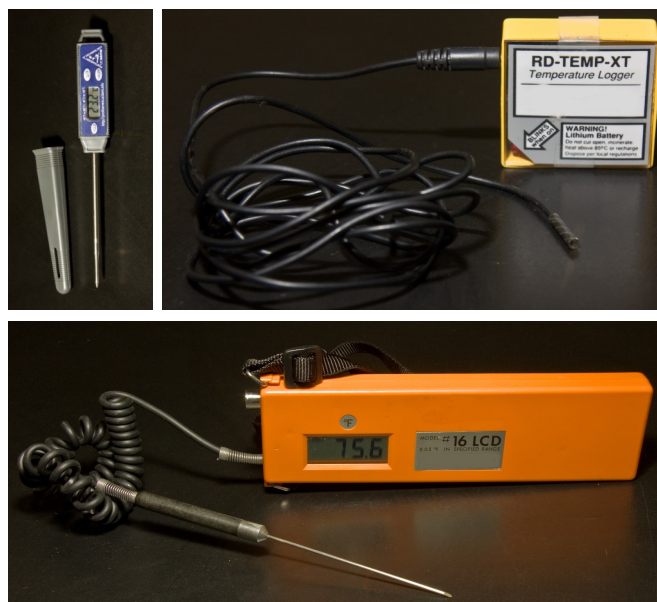
Medición de la temperatura

Para el éxito del almacenamiento y las operaciones de maduración es crucial monitorear y controlar constantemente la temperatura. Existe una amplia variedad de instrumentos disponibles para medir este esencial factor ambiental. Elegir el más adecuado para cada situación dependerá del grado de precisión requerido, de la necesidad de registro automático, si debe medirse la temperatura simultáneamente en varios lugares, del tamaño que debe tener la sonda medidora y del grado de habilidad técnica que requiera la operación, así como del mantenimiento del instrumento.

Medición de la temperatura del aire

Las instalaciones deben contar con equipos para monitorear la temperatura del aire. Los sensores deben ubicarse al aire libre, si bien protegidos de fuentes de calor como luces y motores. A veces estas lecturas de la temperatura del aire se denominan “temperaturas de bulbo seco”, siendo esta la temperatura medida en el termómetro descubierto de un psicrómetro de bulbo húmedo y seco. La mayoría de termómetros responden muy lentamente a los cambios de temperatura del aire y no producen lecturas fiables a menos que hayan estado en el sitio de detección entre 10 y 30 minutos. Los anemómetros de filamento caliente (de 600 dóla-

res o más) miden la temperatura del aire y responden en fracciones de segundo a los cambios de temperatura.



Los termómetros de alcohol de pared proporcionan buenas mediciones de temperatura a bajo costo; los de sonda larga pueden realizar lecturas de mayor precisión que las unidades más pequeñas. Los termómetros electrónicos con cables terminales largos permiten medir la temperatura en sitios de difícil acceso. El cable de termopar cuesta entre 0,25 centavos y 1 dólar por pie, y los dispositivos de lectura pueden ser tan baratos como 100 dólares. Los termistores, que son más precisos que los termopares, cuestan más, pero permiten el uso de alambres terminales de cobre de menor precio. Estos dos dispositivos pueden ser conectados a equipos para el registro de datos y permiten también registrar temperaturas. Un equipo de monitorización cuesta alrededor de 100 dólares por canal de registro. Recientemente, varios fabricantes han desarrollado monitores y dispositivos de registro de temperatura autónomos de pequeño tamaño, que pueden meterse en una caja o insertarse en el producto, y cuesta unos 50 dólares por unidad. Los datos se leen conectando la unidad a una computadora o a través de una conexión de radiofrecuencia.

Medición de la temperatura de la pulpa

El personal de enfriamiento y almacenamiento debe disponer de instrumentos portátiles. Estos instrumentos deben tener sondas metálicas de poca masa capaces de responder rápidamente a los cambios de temperatura. Los termómetros bimetálicos y electrónicos de bolsillo cuestan entre 10 y 30 dólares, y son muy útiles para medir la temperatura de frutas y hortalizas. Muchos termómetros bimetálicos pueden calibrarse fácilmente con la tuerca de ajuste situada detrás de la aguja. Se pueden comprar termómetros bimetálicos con agujas lo suficientemente largas como para arrojar una lectura precisa. Dado que ambos tipos de unidades tienen la tendencia a responder lentamente a la temperatura de frutas y hortalizas, los operarios necesitan determinar el tiempo de respuesta de su equipo.

Se pueden adquirir termómetros electrónicos (unidades termopar y termistores) dotados de una sonda muy delgada y fuerte para una respuesta rápida que proporcionan una lectura precisa en 8 a 10 segundos. La mayoría de ellos cuestan entre 250 y 300 dólares y pueden comprarse con tableros iluminados para operar en áreas oscuras, lo que facilita su lectura incluso con mala iluminación. Estos, como la mayoría de los termómetros electrónicos, deben reemplazarse cuando están descalibrados. Casi todos ellos leen la temperatura en las escalas Fahrenheit y Celsius.

Las frutas y verduras frías pueden llegar a absorber el suficiente calor de un termómetro caliente como para hacer que la pulpa cercana a la sonda se caliente y produzca una lectura errónea de temperatura elevada. Este error puede evitarse metiendo la sonda en el producto primero para enfriar el termómetro y luego de nuevo en otra área de la fruta para realizar la lectura real. Como en el caso de los termómetros de aguja, algunas sondas tienen la profundidad de inmersión marcada en la caña. Para obtener una lectura precisa de la temperatura se debe introducir en el producto la longitud completa de la sonda, desde la punta hasta la marca de inmersión. El producto perforado debe ser descartado si la perforación se ha realizado en la porción de la fruta que se va a comer.

Los termómetros infrarrojos responden instantáneamente, pero cuestan entre 200 y 1000 dólares. Estos miden la temperatura de la superficie del producto que se sitúa frente a ellos. La temperatura superficial es igual a la temperatura de la pulpa si el producto ha estado a temperatura constante durante muchas horas, como ocurre con un producto almacenado por tiempo prolongado. Las lecturas de temperatura dependen de una propiedad de la superficie llamada emisividad. Las

frutas y hortalizas con alto contenido en agua tienen normalmente una emisividad alta cercana a 0,95 (siendo 1 el máximo valor), mientras que las superficies metálicas brillantes tienen una emisividad baja, a menudo menor de 0,2. Los termómetros infrarrojos más baratos están normalmente programados para materiales con alto contenido en agua. Las unidades que cuestan más presentan una emisividad ajustable y deben ser programadas para el nivel correcto. Estas unidades son muy útiles para medir rápidamente la temperatura del producto que sale de los vehículos refrigerados. Durante el enfriamiento inicial del producto y poco después de este, la temperatura superficial de las frutas y hortalizas es más baja que la de su interior y no puede utilizarse como indicador de la temperatura media de la pulpa.

Calibración de equipos de medición de temperatura

El sistema de medición de temperatura debe ser mantenido y calibrado al menos una vez al año para proporcionar medidas dentro de los niveles de precisión requeridos. Su precisión puede ser verificada sumergiendo la unidad detectora en un baño de agua a temperatura de 0 °C (32 °F). El baño debe contener agua y hielo, debe agitarse continuamente y estar libre de contaminantes (lo mejor es agua destilada y hielo hecho con agua destilada). La unidad de detección debe permanecer dentro del agua hasta que alcance una temperatura constante, pero no debe tocar el recipiente. Muchos instrumentos tienen un ajuste que permite recalibrarlos. Si no es posible su ajuste, compre un nuevo instrumento o marque el error en la unidad.



Mediciones de la humedad relativa

La humedad relativa se define como la cantidad de vapor de agua (medida como la presión de vapor de agua en el aire), dividida por la máxima cantidad de vapor de agua que el aire podría contener si estuviera saturado, y se expresa como porcentaje. La humedad relativa es una buena medida de las condiciones que

permiten el desarrollo de moho y bacterias, y se utiliza comúnmente para describir el potencial del aire refrigerado necesario para evaporar agua de las frutas y hortalizas. La humedad relativa debe ser monitoreada muy de cerca en las instalaciones de manipulación del producto, especialmente en los cuartos de maduración y almacenamiento. Hay muchos instrumentos que miden la humedad relativa, pero para que sea de utilidad, el instrumento seleccionado debe ser preciso, fiable y de fácil manejo.

Los detectores de humedad electrónicos se basan en sustancias cuyas propiedades eléctricas se ven modificadas en función de la humedad que absorben. A medida que la humedad del aire alrededor del detector aumenta, su humedad también aumenta, afectando a las propiedades eléctricas del detector. Con frecuencia es posible realizar medidas con una precisión de menos de un 2,0 %. Los detectores pierden calibración si se contaminan, y algunos aparatos viejos se desequilibran si se condensa agua sobre ellos. Como la mayoría de los detectores tienen una vida limitada, la precisión del detector debe verificarse periódicamente con un *kit* de calibración que habitualmente puede adquirirse en la misma compañía que vende los detectores. La precisión del detector de temperatura incorporado a la unidad debe verificarse con un termómetro calibrado.

Los psicrómetros de bulbo húmedo y seco dotados con termómetro con divisiones cada 0,05 grados Celsius (y cada 0,1 grados Fahrenheit), tendrán la suficiente resolución como para medir con precisión una humedad relativa del 1,0 % en una atmósfera de almacenamiento en frío cercana a 0 °C (32 °F). Se deben tomar precauciones para que las lecturas sean fiables. No debe haber fluido en la cavidad de seguridad de la parte superior del termómetro y la columna que se observa en la caña debe continuarse con la reserva del bulbo en la base. La cubierta de algodón en el termómetro de bulbo húmedo debe estar completamente empapada con agua destilada o desionizada. La humedad relativa se determina a partir de las lecturas de temperatura de los bulbos seco y húmedo utilizando la tabla psicrométrica o la regla de cálculo análoga suministrada con el instrumento. Al igual que cualquier otro dispositivo para medir la temperatura, se deben calibrar de tanto en tanto.

Es difícil obtener determinaciones precisas en un cuarto de almacenamiento frío con una unidad tipo honda que ha de girarse en el aire. El calor del cuerpo del operario puede ser un factor significativo para la medición y el tiempo necesario para una lectura precisa puede ser muy prolongado, especialmente en un cuarto de almacenamiento frío e incómodo. Los dos problemas que plantea el psicrómetro de honda pueden elimi-

narse utilizando un psicrómetro aspirado dotado de un ventilador que funcione con una batería para retirar el aire de alrededor de los bulbos del termómetro a una velocidad mínima de 1524 m/s (300 pies por minuto). El motor del ventilador debe estar ubicado por debajo de los bulbos, de modo que el calor que emite no cause una lectura errónea. Deberá efectuarse una lectura cada pocos minutos hasta que se obtenga una diferencia constante entre el bulbo mojado y el bulbo seco. Esto puede llevar hasta 15 minutos si se forma hielo en el bulbo húmedo. Durante la formación de hielo es posible que se generen lecturas erróneas porque el propio proceso libera calor. Si se forma hielo, el termómetro de bulbo húmedo leerá la temperatura de bulbo congelado del aire y la humedad relativa deberá determinarse con una tabla de temperaturas de bulbo congelado/bulbo seco. Cuando se utiliza un termómetro de bulbo húmedo hay que tener especial cuidado si la temperatura del bulbo húmedo se acerca a la de congelación. La mayoría de tablas y calculadoras de humedad se basan en una mecha congelada a temperaturas de bulbo húmedo inferiores a 0 °C (32 °F). Cuando la temperatura caiga por debajo de 0 °C, toque la mecha con un pedazo de hielo limpio u otro objeto frío para inducir su congelamiento, ya que es posible enfriar el agua destilada a menos de 0 °C sin que se congele. Para ser preciso utilizando este método, en la tabla o calculadora psicrométrica deben introducirse las temperaturas de bulbo congelado (en lugar de las de bulbo húmedo), inferiores a 0 °C.



Los higrómetros mecánicos emplean comúnmente pelos humanos como elemento detector, porque este cambia de longitud en proporción a la humedad del aire. Estos aparatos responden lentamente a los cambios de humedad relativa y no son fiables cuando la humedad relativa es elevada. Pueden ser utilizados como indicadores de un intervalo general de humedad, aunque no sean apropiados para realizar mediciones precisas.

Velocidad del aire

La velocidad del aire es un factor importante que afec-

ta a la velocidad de enfriamiento y a la pérdida de agua de frutas y hortalizas. Para medir la velocidad del aire se utiliza un anemómetro. El anemómetro de molinete es un instrumento relativamente asequible, si bien no puede medir de modo fiable velocidades del aire por debajo de los 0,05-0,10 m/s (10-20 pies por minuto) y, desafortunadamente, estas son las velocidades deseables para el almacenamiento en frío. Los anemómetros de filamento caliente miden la velocidad del aire gracias a un filamento muy fino del orden de varios micrómetros, calentado a una temperatura superior a la ambiental. El aire que pasa por el filamento lo

enfría y como la resistencia eléctrica del filamento depende de su temperatura, se puede obtener una relación entre la resistencia del filamento, la temperatura del aire y la velocidad del aire. El anemómetro de filamento caliente es relativamente barato (unos 600 dólares) y es efectivo para el almacenamiento en frío, siendo el de tungsteno una elección muy popular entre los de su tipo. Este tipo de anemómetro puede medir con fiabilidad velocidades tan bajas como 0,05 m/s (10 pies por minuto); además, posee una sonda muy pequeña que puede insertarse en canales muy estrechos para tomar medidas.

Procedimientos óptimos para la maduración de manzanas

por Beth Mitcham

Las manzanas son frutas climatéricas que continúan madurando después de separadas del árbol. Para su almacenamiento a largo plazo es mejor cosechar las manzanas antes del aumento climatérico de las tasas de respiración y producción de etileno. Durante la maduración de la manzana, el almidón se convierte en azúcares produciendo el aumento del contenido de sólidos solubles. Durante ese mismo periodo disminuyen tanto la acidez titulable como la firmeza. El momento en que se coseche la manzana determinará su duración en almacenamiento y su susceptibilidad a los problemas que derivan del mismo, tales como son el escaldado y el picado amargo. La fruta que se cosecha temprano contendrá un nivel significativo de almidón que todavía no se ha convertido en azúcares. Esta fruta temprana es más firme y presenta un nivel de acidez más elevado que la fruta de cosecha tardía. El almidón residual en las manzanas de cosecha temprana se convertirá en azúcares durante el almacenamiento de la fruta; sin embargo, si las manzanas van a comercializarse inmediatamente después de la cosecha, poseerán mala calidad comestible. Las manzanas de cosecha tardía contendrán poco almidón, serán más suaves y tendrán niveles más bajos de acidez. La fruta de cosecha tardía es susceptible a problemas fisiológicos y enfermedades durante el almacenamiento. Dado su menor potencial de almacenamiento, es mejor que esta fruta se comercialice y consuma inmediatamente.

A pesar de ello, la demanda de manzanas frescas de cosecha temprana es a menudo alta, estimulando la comercialización de la fruta al comienzo de la temporada. En el caso de las operaciones de corte fresco, la manzana de comienzo de temporada puede requerir una maduración adicional antes de ser procesada. Para mejorar la calidad comestible de la fruta y la satisfacción del consumidor, se puede in-



ducir una maduración adicional a fin de convertir el almidón en azúcar.

Se ha desarrollado un protocolo de acondicionamiento para manzanas Granny Smith, con el objeto de mejorar la calidad comestible de la fruta de estación temprana que se va a comercializar inmediatamente. Las manzanas deben ser tratadas con una concentración de 10 ppm

Acondicionamiento de manzanas Granny Smith

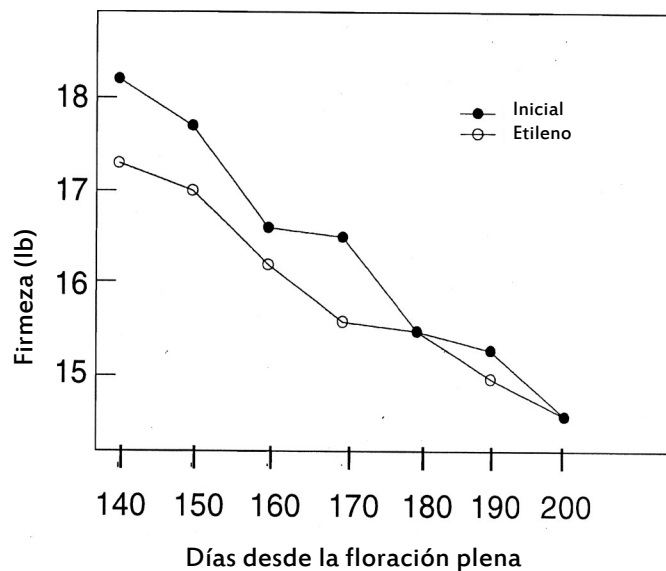


Figura 2. Las diferencias en firmeza son menores, pero la fruta tratada con etileno es ligeramente más blanda.

de gas etileno durante 6 días a una temperatura de 25 °C (77 °F). Es esencial mantener una humedad relativa del 90-95 % para evitar la pérdida de agua y el arrugamiento de la fruta. Después del tratamiento, las manzanas deben enfriarse a la temperatura de almacenamiento, 0 °C (32 °F), hasta que se embarquen o procesen. Este tratamiento acelera la conversión de almidón en azúcares (fotocopia coloreada Figura 1), pero tiene muy poco efecto sobre la firmeza de las manzanas Granny Smith (Figura 2). Esto es importante porque la firmeza (crujiente) es un componente esencial de la calidad de las manzanas. Dicho tratamiento aumenta los sólidos solubles totales (azúcares) y acelera la desaparición del almidón y la pérdida de acidez. Como se muestra en la Figura 3, en paneles de degustación los consumidores encontraron la fruta acondicionada superior a la fruta no

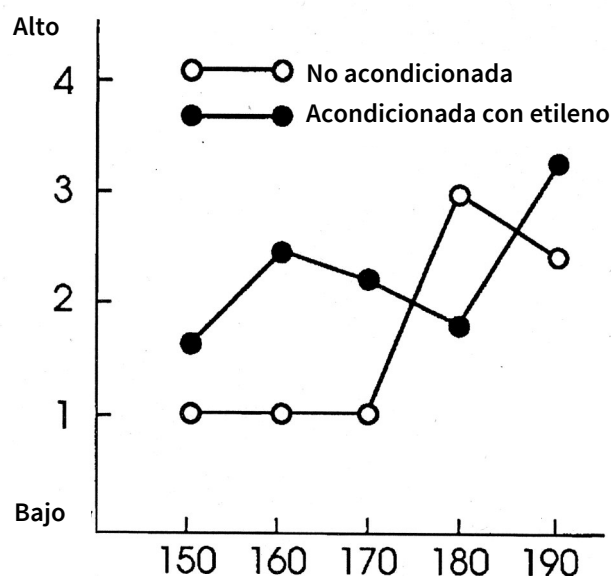


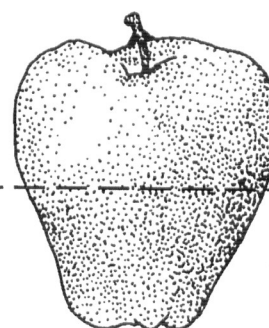
Figura 3. Se realizaron pruebas de degustación para comparar fruta tratada con etileno durante 6 días con fruta almacenada a 1°C (34°F) durante el mismo periodo de tiempo después de la cosecha.

acondicionada cosechada entre comienzos y mediados de la estación (hasta 170 días desde la floración plena). El efecto sobre la firmeza de la fruta deberá confirmarse antes de utilizar esta técnica en otras variedades.

Si las condiciones de comercialización cambiasen después del tratamiento, la fruta acondicionada podría también continuar su almacenamiento en frío hasta 4 meses. Sin embargo, el acondicionamiento no mejora la calidad de la fruta inmadura (fruta cosechada demasiado pronto), ni tampoco beneficia a la fruta destinada a su almacenamiento en frío.

Algunos portes de manzana no requieren maduración para su comercialización o procesamiento inmediato y algunas manzanas son cosechadas en la etapa de 'listas para consumo'. Un periodo de almacenamiento en frío permite, además, que la fruta que esté menos madura madure más hasta adquirir una buena calidad. La fruta destinada a su almacenamiento en frío debe enfriarse rápidamente y nunca debe ser tratada con etileno. Para determinar si la fruta necesita ser tratada con etileno, se debe comprobar el contenido de almidón de la manzana y el mejor método para ello es la prueba de yodo.

Corte una muestra de manzanas por la mitad y sumerja la superficie del corte transversal en una solución de yodo-yoduro de potasio durante un minuto. Compare el patrón de tinción con la tabla de color de la Figura 4. Si la puntuación media es de 2 o menor, las manzanas se beneficiarán de un acondicionamiento con etileno.



Receta para la solución de yodo de la prueba de almidón

58,1 gramos	yoduro de potasio
14,5 gramos	yodo
2 litros (1/2 galón)	agua destilada

Disolver el yoduro de potasio en agua (su disolución requiere mucho tiempo), agregar el yodo y mezclarlo bien. Guardar luego en una botella color ámbar o en una botella cubierta con papel de aluminio.

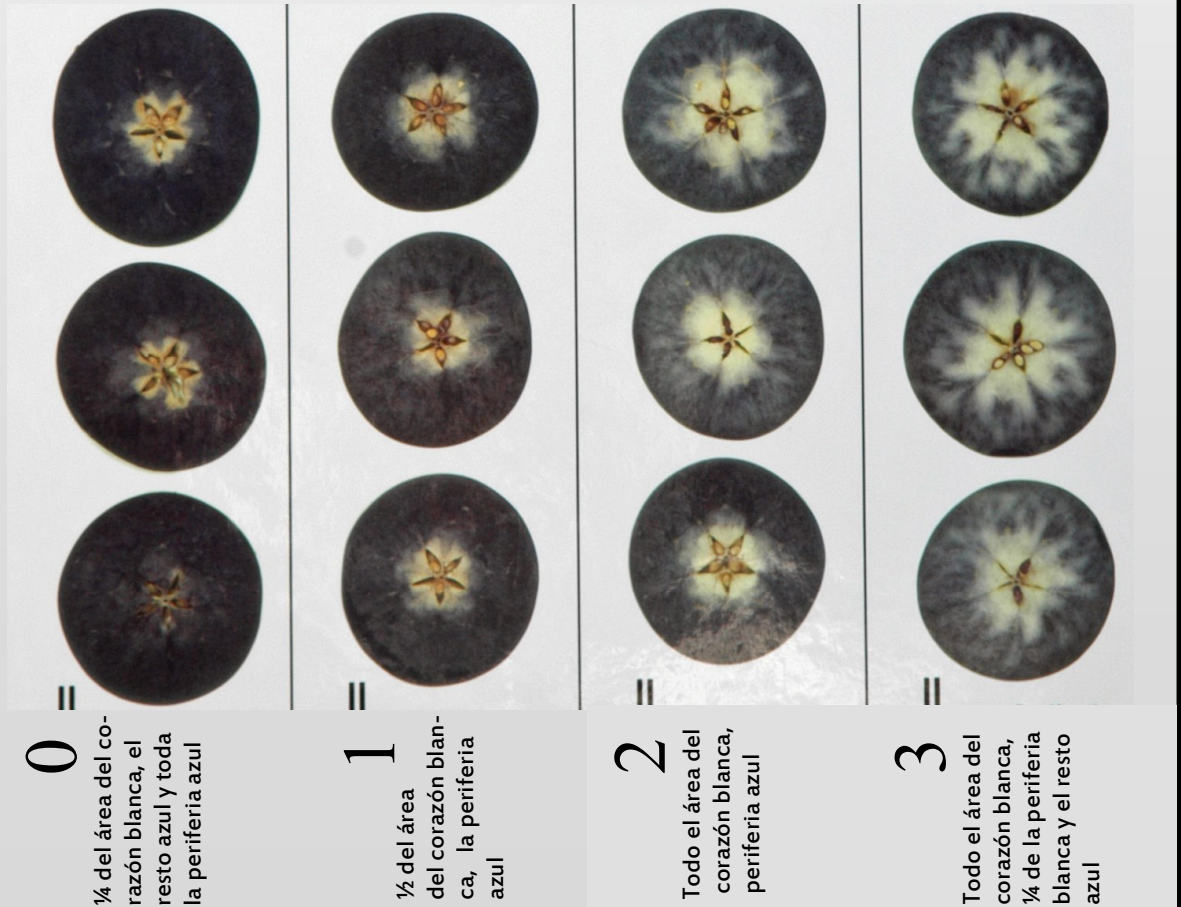
La fruta debe calentarse uniformemente a 20-25 °C (68-77 °F) y exponerla luego a una concentración de etileno de 100 ppm y una humedad relativa de 90-95 % por un máximo de 5 días para estimular la transformación de almidón en azúcares. Todos los días hay que examinar el contenido de almidón y la firmeza de la fruta en varias manzanas. Cuando el promedio de almidón sea de 4 o más, la fruta puede ser comercializada, procesada o enfriada a 0 °C (32 °F) para conservarla durante un breve periodo de tiempo. La firmeza de la fruta no debe disminuir significativamente durante el periodo de maduración. Si se observa una pérdida de firmeza, la fruta debe utilizarse inmediatamente o enfriarse a 0 °C (32 °F). Es importante recordar que la mayoría de las manzanas no requieren maduración antes de su comercialización. Las manzanas que se calientan y tratan con etileno sin necesidad pueden perder firmeza y durabilidad para su comercialización.



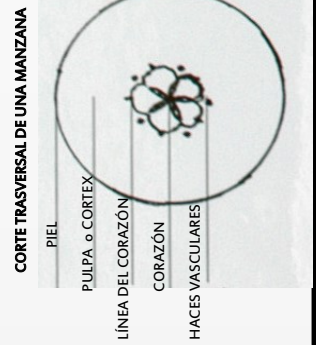
Figura 1. Contenido de almidón de manzanas Granny Smith a la cosecha y una vez transcurridos 6 días en acondicionamiento a 25 °C (77 °F) al aire o a una concentración de etileno de 10 ppm.

ESCALA DE ALMIDÓN PARA MANZANAS GRANNY SMITH

Desarrollado por la Universidad de California, Davis, Departamento de Pomología, en colaboración con la Asociación de Manzanas Granny Smith de California



El almidón presente en las manzanas reacciona con la solución de yodo volviendo azul la superficie de corte. Cuanto mayor sea el contenido de almidón, mayor será el área azul. En el sistema numérico almidón-yodo: 0 significa fruta inmadura y 6 fruta completamente madura. Las muestras deben representar la variación de tamaño dentro del huerto. Las descripciones representan el límite superior de cada índice. Cuanto el promedio de una muestra de 30 frutas es 2,5 o más, la fruta satisface los requisitos mínimos de madurez.



La tabla debe usarse como sigue:
1. Use los términos descriptivos para determinar el valor numérico de cada manzana de la muestra.
2. Compare la muestra con las fotografías.
3. A las muestras de difícil categorización se les asignará el valor más alto.
4. A cada manzana se le asigna un número entero y no un decimal (1, 2, 3 y no 1,2, 2,4 o 2,7).
5. El estándar de 2,5 es el promedio matemático de las muestras (la suma de toda la puntuación dividida por treinta).

Figura 4. Etapas de aclaramiento de almidón para manzanas Granny Smith. Foto cortesía: Don Edwards, UC, Davis.

Procedimientos óptimos para la maduración de aguacates

por Mary Lu Arpaia

Los aguacates son frutas climatéricas en las que el etileno estimula el proceso de maduración y, dado el comportamiento natural de la maduración de esta fruta, es incluso deseable. Si tras su recogida se expone a los aguacates a una temperatura de 20 °C (68 °F), normalmente necesitarán entre 7 y 12 días para madurar y el proceso de maduración no será uniforme en cada lote de fruta. El uso de etileno puede acortar el tiempo de maduración a 3-5 días y, lo más importante, puede mejorar la uniformidad de la maduración en cada lote.

La respuesta de la fruta al etileno depende de varios factores, entre los que se incluyen: el grado de madurez de la fruta, el tiempo transcurrido desde su cosecha y la temperatura. El estudio de I. L. Eaks (1980) ha demostrado el efecto que el grado de madurez de la fruta tiene sobre el tiempo de maduración (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la fecha de la cosecha sobre el tiempo de maduración en aguacates Hass.

Fecha de cosecha	Días de maduración	
	Control	Tratados ^z
8 de diciembre	13,9	10,8
6 de febrero	12,8	8,8
10 de abril	10,1	7,1
5 de junio	8,2	5,1

^zFruta tratada con 1000 ppm de propileno, sustancia análoga al etileno. Adaptado de Eaks, 1980.

El tiempo transcurrido desde la cosecha también puede influir sobre la tasa de maduración natural del aguacate. La fruta almacenada entre 2 y 3 semanas a 5 °C (41 °F) que luego se calienta hasta 20 °C (68 °F), necesita aproximadamente la mitad del tiempo para madurar que la fruta conservada a 20 °C (68 °F) inmediatamente después de su recolección, incluso sin tratamiento con etileno. El uso de etileno después del almacenamiento puede ser ventajoso ya que acortará el tiempo de maduración y garantizará la uniformidad del producto.

Los estudios de Eaks (1978, 1980) han demostrado

que el proceso de maduración de aguacates se inhibe a temperaturas por encima de 30 °C (86 °F). Aunque la fruta responde al etileno a baja temperatura, el intervalo óptimo de temperaturas para la maduración del aguacate es entre 15,5 y 20 °C (60-68 °F). Tratamientos a temperaturas de entre 20 y 30 °C (68-86 °F), requerirán menos tiempo incluso, si bien tienen el riesgo de que la maduración suceda a mayor velocidad (menos de 3 días), y el resultado sea una fruta sobremadurada.

Las recomendaciones actuales para la maduración del aguacate son:

Temperatura:	15,5 – 18 °C (60 – 65 °F)
Humedad relativa:	90 – 95 %
Concentración de etileno:	10 – 100 ppm
Duración:	8 – 48 h
Nivel de dióxido de carbono:	Flujo de aire adecuado para mantener el CO ₂ por debajo de un 1 %.

Un buen control de la temperatura (incluyendo una refrigeración suficiente) es indispensable para el éxito de la maduración de los aguacates. Se debe lograr que los aguacates alcancen la temperatura de maduración y tratarlos entonces con etileno el tiempo suficiente para que esta comience. La duración del tratamiento dependerá de los factores mencionados anteriormente. En general, la fruta de estación temprana necesita ser tratada entre 24 y 48 horas, y la de estación tardía entre 8 y 12 horas. La capacidad de hacer saltar el botón del pedúnculo de la fruta puede utilizarse como un indicador de cuándo detener el tratamiento con etileno. En ese momento, los aguacates estarán parcialmente blandos. Después del tratamiento, la fruta debe enfriarse a 5 °C (41 °F) antes de comercializarse, e incluso a esta temperatura el ablandamiento de la fruta continuará en cierta medida. Una vez alcance los 20 °C (68 °F) o, lo que es lo mismo, la temperatura de comercialización, la fruta completará su maduración entre 1 y 3 días.

Minimice la manipulación de la fruta después del tratamiento, especialmente si está completamente madura, ya que los aguacates maduros son extremadamente sensibles al daño mecánico. Es importante controlar la tasa de velocidad de la maduración de la fruta

controlando la temperatura adecuadamente. En el caso de fruta ya tratada no se recomienda el almacenamiento prolongado (más de una semana).

Investigaciones llevadas a cabo en California, así como en otros lugares, han demostrado que los aguacates parcialmente maduros se muestran más susceptibles a desarrollar síntomas internos de daño por frío durante el almacenamiento a 5 °C (41 °F).

Referencias

Young, R. E., (1979). Ripening avocado fruit. CA Avocado Yearbook 63, 79-80.

Eaks, I. L., (1978). Ripening, respiration and ethylene production of 'Hass' avocado fruits at 20 to 40°C. J. Amer. Hort. Sci., 103(5), 576-578.

Eaks, I. L. (1980). Respiratory rate, ethylene production, and ripening response of avocado fruit to ethylene or propylene following harvest at different maturities, J. Am. Soc. Hort. Sci., 105(5), 744-747.

Procedimientos óptimos para la maduración de la banana

por Adel Kader, Beth Mitcham y Betty Hess-Pierce

La calidad de las bananas maduras depende de su madurez en el momento de la cosecha, del cuidado y la rapidez con que se manipulen, se evite el daño por frío y se haga uso de lo que se conoce sobre sus condiciones óptimas de maduración. La calidad de las bananas en estado verde-maduro se ve influenciada por su madurez (grado de llenado de los dedos o desaparición de la angularidad), longitud del dedo y carencia de defectos (tales como daños debidos a insectos, abrasiones de la cáscara y otros daños físicos y cicatrices). Cuanto más fisiológicamente maduras estén las bananas a la cosecha, mejor será su calidad cuando adquieran la madurez de consumo. En los últimos años, el uso de una atmósfera controlada (entre 2-5 % de O₂ y 2-5 % de CO₂) durante su transporte a 14 °C (58 °F) para retrasar la maduración, ha hecho más fácil la cosecha de bananas en estado de madurez fisiológica plena.

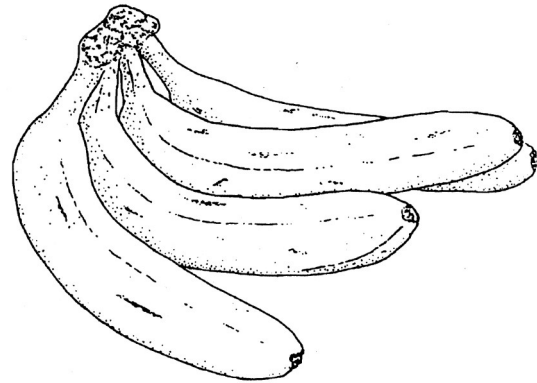
Daño por frío

El daño por frío, que comprende la decoloración de la superficie, cáscara de color opaco, incapacidad para madurar, pardeamiento de la pulpa, resulta de la exposición de las bananas a temperaturas inferiores a 13 °C (56 °F), ya sea por un período tan breve como unas cuantas horas o por unos pocos días, y está en función del cultivar, su madurez y temperatura. Así, por ejemplo, puede acontecer un daño moderado por frío cuando se exponen bananas en estado verde-maduro durante una hora a 10 °C (50 °F), 5 horas a 11,7 °C (53 °F), 24 horas a 12,2 °C (54 °F) o 72 horas a 12,8 °C (55 °F). Por lo tanto, es muy importante evitar que las bananas se vean expuestas a temperaturas inferiores a 13 °C (56 °F) durante su vida poscosecha, a fin de garantizar su buena calidad cuando alcancen la madurez de consumo completa. Es mejor transportar a las bananas a 15 °C ± 1 °C (59 °F ± 2 °F) en una atmósfera controlada para retardar su maduración que a 13 °C (56 °F) al aire libre.

Condiciones de maduración

Temperatura de la fruta: 14-18 °C (58-65 °F)
Humedad relativa: 90-95 %
Concentración de etileno: 100 ppm
Duración de la exposición al etileno: Entre 24 y 48 h dependiendo de la etapa de maduración en que se encuentren

Dióxido de carbono: Intercambio adecuado de aire para evitar su acumulación por encima de un 1% (reduce la efectividad del etileno)



Una humedad relativa inferior a 90 % causa pérdida de agua y pardeamiento por rozamiento, así como áreas de las cáscara dañadas por otros motivos.

El manejo apropiado del proceso de maduración requiere el monitoreo y ajuste de la temperatura, la humedad relativa y las concentraciones de etileno y dióxido de carbono en todos los cuartos de maduración.

Programas de maduración

La tasa de maduración puede ser controlada manipulando la temperatura entre 14 y 18 °C (58 y 65 °F). Se puede recurrir a una temperatura de entre 18 °C (65 °F) y 24 °C (74 °F) para acelerar la maduración, si bien el ablandamiento excesivo de la pulpa a estas temperaturas limita su utilidad.

Normalmente, las bananas llegan a los centros de distribución en una etapa de color 1 o 2, y maduran hasta alcanzar un color 3,5 o 4 antes de que puedan ser exhibidas para su venta. En los meses de invierno, cuando las condiciones de manipulación son habitualmente más frías, pueden madurar hasta alcanzar un color 4,5 o 5. Li, Slaughter y Thompson (UC Davis) han desarrollado un sistema óptico de bajo costo para la detección de la clorofila, capaz de detectar cambios en el color de la cáscara

y monitorizar así de manera automática la maduración de las bananas. El sistema ha superado con éxito las pruebas comerciales.

Cambios relacionados con la maduración

Los cambios relacionados con el proceso de maduración comprenden el aumento de la tasa de respiración de 20 a 60-80 ml/kg-h de CO₂ (con un aumento similar de 3 a 4 veces en la producción de calor vital) y de la producción de etileno de 0,1 a 2-4 µl/kg-h. Muchos de los cultivares de bananas que se comercializan actualmente producen cantidades relativamente bajas de etileno; por consiguiente, para obtener una maduración de consumo más rápida y uniforme se requiere su exposición a etileno exógeno.

Junto a los cambios de color de la cáscara que pasa de verde a amarillo, se incrementa también la relación entre la pulpa y la cáscara, así como la facilidad para pelar la fruta. El almidón se convierte en azúcares y la pulpa se ablanda. En la Figura 1 se muestran los cambios que tienen lugar en el almidón (tinción púrpura oscuro a negro con solución de yodo/yoduro de potasio). Este podría ser un índice de maduración adecuado para los cultivares de bananos rojos. En la Tabla 1 se muestran otros cambios relacionados con la maduración. Aunque la tendencia general puede ser similar entre diversos lotes de bananas, los intervalos específicos de cada constituyente, así como las tasas de etileno y respiración pueden variar mucho de lote a lote.

Retardación de la maduración en bananas parcialmente maduras

Cuando se desea retardar la maduración de consumo de las bananas de color 4 o 5 (extender la vida amarilla), se debe enfriar la fruta a 14 °C ± 1 °C (58 °C ± 2°F) y mantenerla a esa temperatura a una humedad relativa del 90-95 %. El almacenamiento en una atmósfera de 2 % de O₂ y entre un 5 y 10 % de CO₂, o bien su envasado en atmósfera modificada para alcanzar dichas concentraciones, pueden ser de utilidad para retardar la maduración al máximo, manipulando únicamente la temperatura.

La exposición a concentraciones de 0,3 ppm (300 ppb) de 1-metilciclopropeno (1-MCP) a una temperatura de 20 °C (68 °F) durante 6 horas, puede retardar la maduración de consumo de las bananas de color 3 o 4, si bien el tiempo en que se verá retardada variará mucho de lote a lote. Se necesita profundizar en la investigación para identificar la concentración óptima de 1-MCP y el tiempo de exposición y temperatura necesario para extender uniformemente la vida amarilla de las bananas. Asimismo, deben evaluarse los efectos sinérgicos del uso de atmósferas modificadas y tratamientos con 1-MCP.

Tabla 1. Ejemplo de cambios relacionados con la maduración en el color de la cáscara, la firmeza de la pulpa, el contenido de sólidos solubles, la acidez, el pH y las tasas de respiración y producción de etileno en bananas Grand Nain.

Variable	Etapa de maduración						
	1	2	3	4	5	6	7
Color de la cáscara (valor 'a') ^z	-29 a -17	-28 a -14	-18 a -12	-9 a -4	-6 a -2	-3 a -0,5	-2 a 0,4
Firmeza de la pulpa (lb, punta 8 mm)	9 a 11	8 a 11	2 a 3	1 a 2,5	1,5 a 1,8	1,4 a 2	0,8 a 1,2
Sólidos solubles (%)	2,0 a 3,1	2,2 a 3,3	13,0 a 14,3	18,9 a 20,5	19,6 a 22,4	19,4 a 20,2	19,4 a 20,9
Acidez titulable (%)	0,28 a 0,31	0,28 a 0,32	0,46 a 0,50	0,36 a 0,40	0,35 a 0,42	0,35 a 0,41	0,32 a 0,34
pH	4,8 a 5,1	4,8 a 5,1	4,4 a 4,9	4,5 a 4,7	4,5 a 4,7	4,3 a 4,5	4,7 a 4,8
Tasa de respiración (CO ₂ ml/kg-h)	18,7 a 22,6	14,9 a 25,7	63,6 a 69,9	56,0 a 62,2	53,4 a 68,1	70,1 a 80,6	63,6 a 68,9
Tasa de producción de etileno (µl/kg-h)	0,29 a 0,41	0,29 a 0,44	1,47 a 1,71	1,28 a 1,82	1,78 a 3,00	0,68 a 1,11	6,20 a 8,92

^zEl mayor valor negativo 'a' para el color de la cáscara representa un tono más verde.

Figura 1. Tabla de maduración de bananas mostrando los cambios que se producen en el color de la cáscara.

TABLA DE MADURACIÓN DE BANANAS

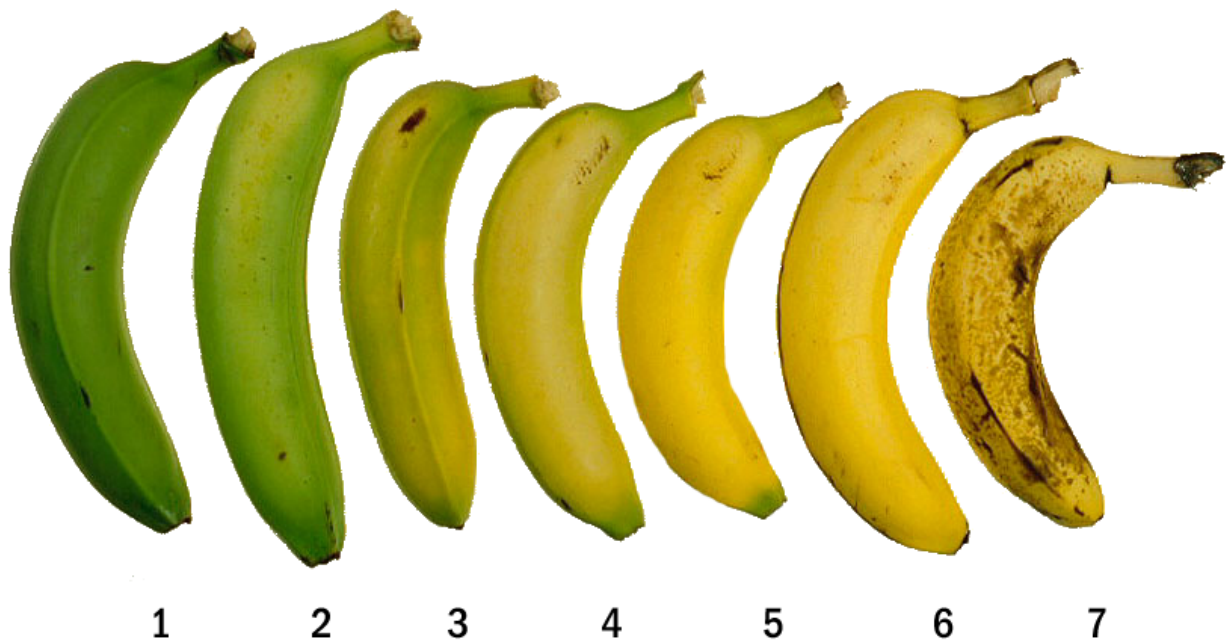


Foto cortesía del Dr. Adel Kader

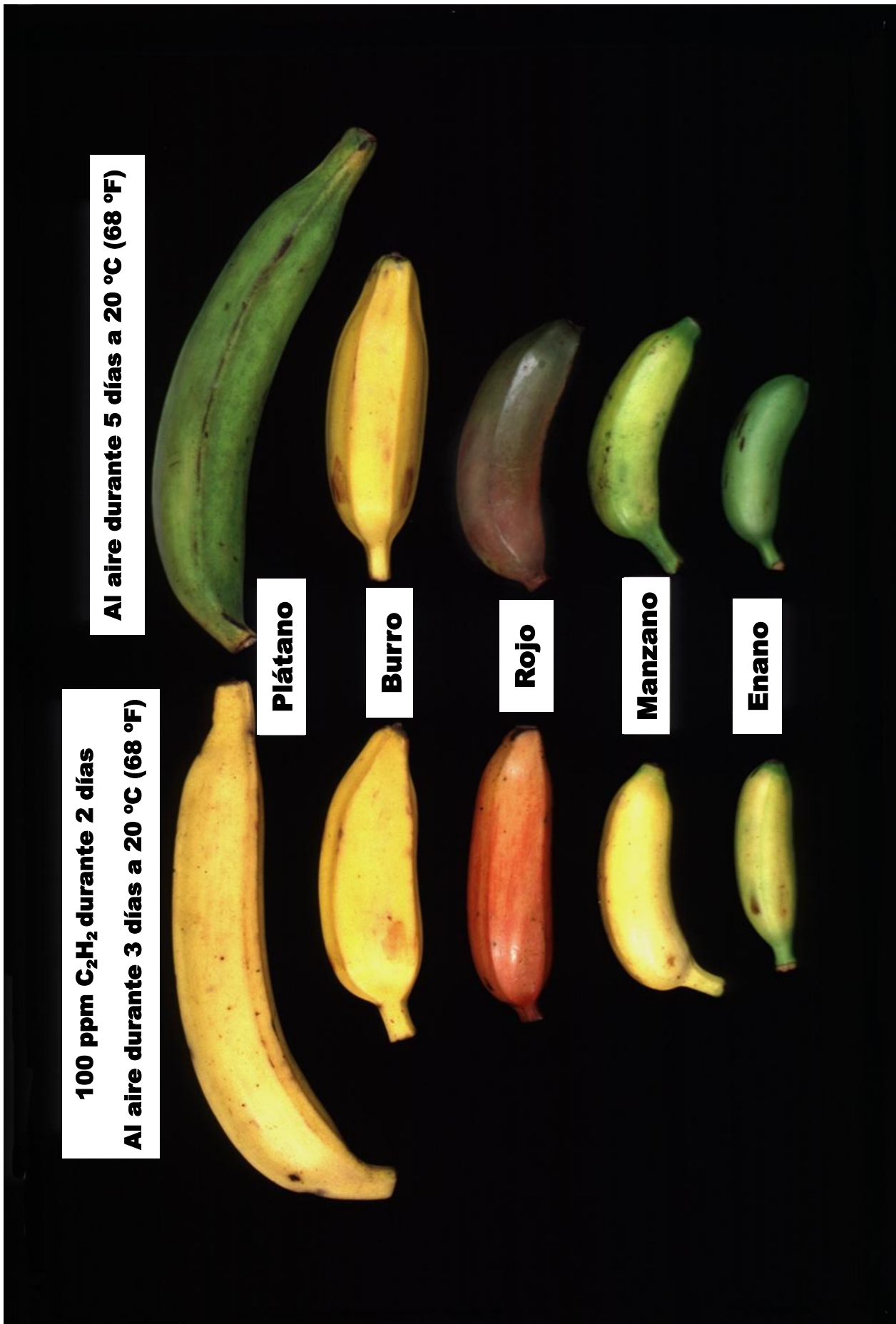
Figura 2. Cambios en el patrón de almidón (tinción de yodo/yoduro de potasio) durante la maduración de bananas Grand Nain.

TABLA DE MADURACIÓN DE BANANAS

PATRÓN DE ALMIDÓN



Foto cortesía del Dr. Adel Kader



Procedimientos óptimos para la maduración del kiwi

por Carlos H. Crisosto

Cuando el kiwi tiene buen sabor y está maduro (“listo para comer”), el consumidor lo acepta de muy buen grado y prefiere comprar kiwis de alta calidad que estén próximos a su madurez de consumo. Con este fin se han desarrollado protocolos de maduración aplicables a cualquiera de las etapas de la manipulación poscosecha previa a su consumo, que garantizan la maduración y el buen sabor. La aplicación adecuada de dichos protocolos es esencial para el kiwi Hayward de temporada temprana recién cosechado.

Calidad del kiwi para su consumo

Para garantizar el buen sabor del kiwi en estado de madurez de consumo y su máximo potencial de almacenamiento, sugerimos que el kiwi de California se coseche cuando alcance un mínimo de un 6,2 % de contenido de sólidos solubles (CSS) medidos en el campo o bien de alrededor de un 15-16 % en peso seco (PS). La acidez titulable para consumo debe ser inferior al 0,9 % por cualquiera de estos parámetros. Una vez alcanzando el máximo de maduración recurriremos a medir la firmeza de la fruta para protegerla del daño mecánico y evitar que se ablande rápidamente durante su almacenamiento. Aquella fruta que posea una firmeza por debajo de 14 lb es fisiológicamente activa y produce etileno (C_2H_4), pudiendo convertirse en una fuente de contaminación de este gas para otros kiwis que aún estén firmes durante la manipulación poscosecha.

Cómo garantizar la calidad del kiwi al consumidor

- Madurez mínima (6,5 % CSS)
- Madurez máxima (firmeza <14 lb)
- Calidad para el consumidor (>12,5 % CSS en estado maduro)
- Calidad para el comprador (>15,5% PS)



La firmeza de la pulpa es el mejor indicador de la ma-

duración del kiwi y sirve para predecir su duración en almacenamiento. La fruta que presenta una firmeza de pulpa de 2-3 lb está madura y lista para su consumo.

¡CÓMO HACERLO!



Tratamiento de preacondicionamiento con etileno para la maduración en el punto de embarque

En el caso del kiwi Hayward de estación temprana que no ha sido almacenado en frío, el protocolo de maduración comprende el uso de un tratamiento de preacondicionamiento con etileno. A fin de inducir la maduración, se debe aplicar una concentración de 100 ppm de etileno al kiwi frío, utilizando un “sistema de inyección intermitente” durante 12 horas a un intervalo de temperaturas de entre 0-10 °C (32 a 68 °F). La maduración puede verificarse por el ablandamiento uniforme de la fruta y la conversión de almidón en azúcares. La exposición a etileno puede acortarse a 6 horas utilizando un generador catalítico o un sistema de aplicación “de flujo continuo”. La temperatura programada para su tratamiento y transporte debe ajustarse conforme al cronograma de consumo previsto.

Queremos hacer énfasis en la recomendación de aplicar etileno al kiwi cuando está frío para prevenir el ablandamiento durante la manipulación poscosecha, en particular si se anticipan demoras en su envío y venta. Los kiwis fríos tratados a aproximadamente a 0 °C (32 °F) y mantenidos a esa temperatura, pueden conservarse hasta 5 semanas. En 2 o 3 días esta fruta tendrá una firmeza de aproximadamente 3 lb y podrá ser entonces transferida a una temperatura de 20 °C (68 °F).

Solo los kiwis recién cosechados y aquellos que han permanecido almacenados en frío menos de 5 semanas requieren un tratamiento con etileno. La fruta almacenada en frío más de 5 semanas alcanza la maduración de consumo al transferirla a una temperatura entre 15 y 21 °C (59 y 70 °F) debido a la emisión de su propio etileno y no requiere, por tanto, aplicación de etileno exógeno.



Figura 1. El tipo de revestimiento de las cajas para kiwis no interfiere con el tratamiento de preacondicionamiento, incluyendo la aplicación de etileno.

Figura 2. Para evitar o reducir que el kiwi se arrugue, debe disponerse en bandejas o envases con revestimiento polimérico de llenado por volumen mientras se encuentra en los cuartos de maduración.



Coloque los kiwis en una cámara de maduración que posea un buen control de temperatura y humedad.

estos se ablandan muy rápidamente, incluso si se al-

La temperatura de la fruta y del cuarto de maduración programada durante su tratamiento y envío puede ajustarse de acuerdo al cronograma de consumo previsto (Tabla 1). No obstante, recomendamos aplicar etileno a la fruta de kiwi cuando está fría.

Si se aplica el tratamiento de etileno a kiwis templados,

macenan en frío tras el tratamiento. Si el embarque se demora después del tratamiento, la fruta alcanzará una firmeza de 3 lb en 6 días si se la mantiene a 0 °C (32 °F). En ambos casos, la temperatura utilizada durante el almacenamiento y transporte debe ser de aproximadamente 0 °C (32 °F).

Aplicación del tratamiento de preacondicionamiento con etileno

Coloque el kiwi frío en un cuarto de maduración que posea un buen control de temperatura y humedad. Los diversos tipos de envases para kiwis, tales como las bandejas, recipientes con tapa y bisagra, volumétricos y los de triple pared con revestimientos poliméricos, no interfieren con el tratamiento de preacondicionamiento, incluida la aplicación de etileno. No obstante, se sugiere utilizar revestimiento en las cajas para reducir la posibilidad de que la fruta se arrugue durante su comercialización.

El cuarto de maduración debe estar ubicado lejos de cualquier instalación de embalaje para evitar la contaminación con etileno de los kiwis que se encuentren allí almacenados por períodos prolongados. Cuando la maduración se realiza a temperaturas por encima de 7,5 °C (45 °F), se recomienda una humedad relativa alta (80-95 %).

Maduración en el punto de venta

Como regla general, los kiwis almacenados durante menos de 4 o 5 semanas o aquellos cuya firmeza de pulpa es igual o mayor a 8-10 lb, deben ser madurados con etileno a una temperatura de 20 °C (68 °F). Luego, la temperatura de maduración en almacenamiento después del tratamiento debe seleccionarse de acuerdo con la rotación tentativa del kiwi y su tasa de ablandamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa del ablandamiento del kiwi después de un tratamiento con etileno a 20 °C (68 °F).

Temperatura °C °F		Días para alcanzar una firmeza de 3 lb
0	32	6,5 a 7,0
7,5	45	6,0 a 7,0
20	68	3,0 a 4,5

Cuando el kiwi etiquetado como preacondicionado llegue al almacén o a la tienda, se debe examinar su firmeza, de modo que su manipulación esté de acuerdo con su tasa de ablandamiento y el tiempo de rotación. La fruta que ha estado almacenada más de 4 o 5 sema-

nas o que tiene una firmeza inferior a 8 lb puede ser madurada hasta que esté prácticamente “lista para consumo” con solo manipular la temperatura.

En todos los casos, las condiciones de temperatura para el kiwi durante el almacenamiento con vistas a su venta deben ser ajustadas de acuerdo con su programa de comercialización específico. La tasa de ablandamiento de la pulpa es aproximadamente 2,0 lb por día cuando la fruta se encuentra a 20 °C (68 °F). Si la fruta se almacena a temperaturas inferiores, el ablandamiento puede retardarse. En general, el kiwi debe conservarse siempre a una temperatura por debajo de 7,5 °C (45 °F) y con revestimiento, excepto si se va a consumir en los 3 días siguientes.

Referencias

Crisosto, C.H. 1994. Ripening guidelines for kiwifruit handlers. Report to California Kiwifruit Commission, 4 pp.

Crisosto, C.H. and G.M. Crisosto. 2001. Understanding consumer acceptance of early harvested ‘Hayward’ kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 22: 205-213.

Crisosto, C. and F.G. Mitchell. 2002. Postharvest handling systems: small fruits. III. Kiwifruit, In: A.A. Kader (ed), *Postharvest Technology of Horticultural*

Crops, Third Edition, DANR Publication #3311.

Crisosto, C.H., G.M. Crisosto, and D. Garner. 1997. Kiwifruit storage compatibility. Preliminary Report to the California Kiwifruit Commission, 1997. 5 pp.

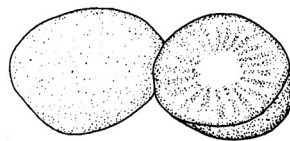
Crisosto, C.H., D. Garner, and G.M. Crisosto. 1997. Kiwifruit preconditioning protocol. *Acta Horticulturae* 444(2): 555-559.

Crisosto, C.H., D. Garner, and K. Saez. 1999. Kiwifruit size influences softening rate during storage. *California Agriculture* 53(4): 29-31.

Crisosto, C.H., D. Garner, and B. Shaver. 1992. Studies on kiwifruit ripening, Progress Summary Report, 1992. Report to Kiwifruit Commission, 1 p.

Crisosto, C.H., M.A. Ritenour, D.T. Garner, and G.U. Crisosto. 1996. Affects of maturity and postharvest factors on the ethylene requirement for kiwifruit ripening. 1995-96 Kiwifruit Report. California Kiwifruit Commission, Sacramento, CA, 20 pp.

Ritenour, M.A., C.H. Crisosto, D.T. Garner, G.W. Cheng, and J.P. Zoffoli. 1999. Temperature, length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene-preconditioned kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 15:107-115.



Procedimientos óptimos para la maduración de mangos

por Adel Kader y Beth Mitcham

La mayoría de los mangos que se venden en Estados Unidos se importan de México, Haití, Brasil, Perú y otros países. Habitualmente se recogen en estado verde-maduro o de rompimiento del color para que puedan soportar la manipulación poscosecha necesaria hasta llegar al minorista. Por tanto, para que alcancen una calidad comestible óptima, los mangos deben ser madurados por el mayorista, el minorista o el consumidor, y el uso de etileno garantizará una maduración más rápida y uniforme. Suministrar mangos ya listos para su consumo a los mercados minoristas incrementa asimismo las ventas. Sin embargo, la calidad de estos mangos maduros dependerá de su estado de madurez a la cosecha, de la capacidad que se tenga para evitar daños por frío, de la manipulación poscosecha y, simultáneamente, de la capacidad que se posea para minimizar la incidencia de la antracnosis. Hay que tener en cuenta, además, que existen grandes diferencias en la calidad gustativa y el contenido de fibra entre los cultivares, incluyendo aquellos que se comercializan en Estados Unidos, como son los mangos Ataulfo, Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins.

Índices de madurez

Para garantizar una buena calidad gustativa a su madurez de consumo, los mangos deben cosecharse sola-

mente cuando estén fisiológicamente maduros. Se han ensayado muchos índices de madurez, incluyendo el número de días transcurridos desde la floración plena, su peso específico, contenido de almidón, sólidos totales, sólidos solubles, acidez titulable, forma de la fruta y color de la cáscara. Los índices de madurez que se utilizan comúnmente son las modificaciones de la forma de la fruta (llenado de los hombros) y en el color de la cáscara de verde oscuro a verde claro y a amarillo (para algunos cultivares). El rubor rojo de la piel de algunos cultivares de mangos no constituye un índice fiable de madurez, si bien el grado de desarrollo del color amarillo en la pulpa sí lo es. El desarrollo de un método no destructivo que determine los cambios de color de la cáscara (de amarillo verdoso a amarillo y luego a anaranjado), conducirá a la obtención de un índice útil para la identificación de las etapas de madurez fisiológica y madurez de consumo de todos los cultivares de mango.

Cambios relacionados con la maduración

1. Cambios del color de la cáscara de verde a amarillo (en algunos cultivares).
2. Cambios del color de la pulpa de amarillo verdoso a amarillo y luego a anaranjado (en todos los cultivares).

Diferencias entre cultivares de mango



Tommy Atkins



Kent



Keitt



Haden



Ataulfo

Fotos cortesía del Consejo Nacional del Mango

Figura 1. Diferencias en el color de la cáscara de mangos completamente maduros. El color rojo de la piel no es indicación de su estado de madurez. En algunos cultivares el color de la cáscara no cambia a amarillo con la maduración.

3. Disminución de la firmeza de la pulpa y aumento de la jugosidad.
4. La producción de dióxido de carbono aumenta de 40-50 a 160-200 mg/kg-h a 20 °C (68 °F).
5. La tasa de producción de etileno aumenta de 0,2-0,4 a 2-4 ml/kg-h a 20 °C (68 °F).
6. El almidón se convierte en azúcares.
7. Disminuye la acidez titulable.
8. Aumenta el contenido de sólidos solubles.
9. Aumenta el contenido de carotenoides (pigmento naranja) y disminuye la clorofila (pigmento verde).
10. Aumentan los compuestos volátiles característicos del aroma.

Daño por frío

La exposición de mangos verde-maduros a temperaturas inferiores a 12,8 °C (55 °F) y de mangos parcialmente maduros a temperaturas inferiores a 10 °C (50 °F) puede causar daño por frío. El tiempo requerido para que se presenten signos visibles de este daño varía entre cultivares, su estado de madurez a la cosecha,

las condiciones climáticas precosecha y las prácticas de cultivo. Los síntomas de daño por frío comprenden: maduración dispar, desarrollo pobre de color y sabor, y una mayor susceptibilidad al deterioro que se observa en la piel como picaduras, decoloración grisácea parecida al escaldado y, en casos severos, pardeamiento de la piel.

Para obtener una buena calidad gustativa es esencial evitar el daño por frío. Es mejor transportar mangos en la etapa verde-maduro o en la de rompimiento de color a 15 °C ± 1 °C (59 °F ± 2 °F) en atmósfera controlada con una concentración de 4 % ± 1 % de oxígeno para retardar la maduración y mantener la firmeza, que hacerlo a 10 °C ± 1 °C (50 °F ± 2 °F) expuestos al aire. Los mangos maduros para consumo pueden mantenerse al aire a 10 °C ± 1 °C (50 °F ± 2 °F) para retardar el deterioro unos pocos días. En todos estos casos, la humedad relativa debe mantenerse entre el 90-95 % para minimizar la pérdida de agua y el arrugamiento.

Tratamientos con calor en la planta de embalaje

El uso de un baño de agua caliente a 50 °C ± 2 °C

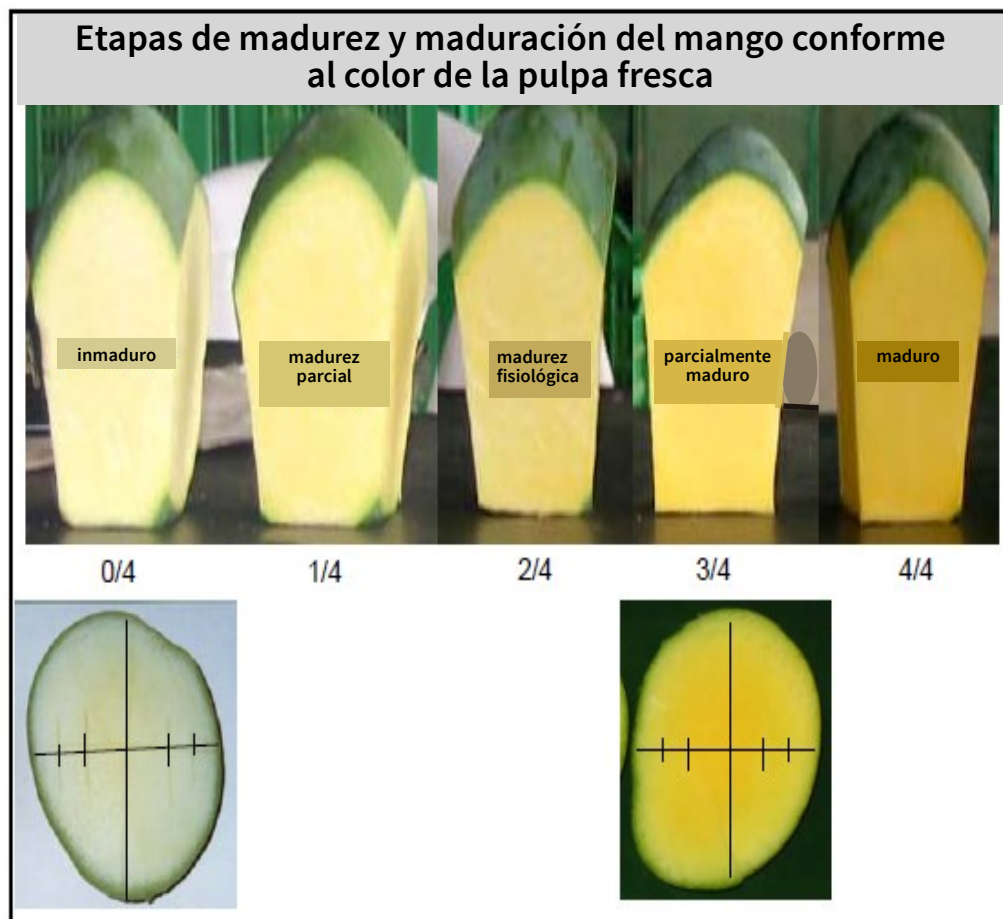


Foto cortesía del Dr. Fernando Maul

Figura 2. Relación entre el color de la pulpa y la madurez de cosecha y consumo. La fruta con pulpa de color amarillo pálido no está madura y cuando madure (si llega a hacerlo), no tendrá una buena calidad comestible.

Etapas de madurez y maduración de mangos Kent

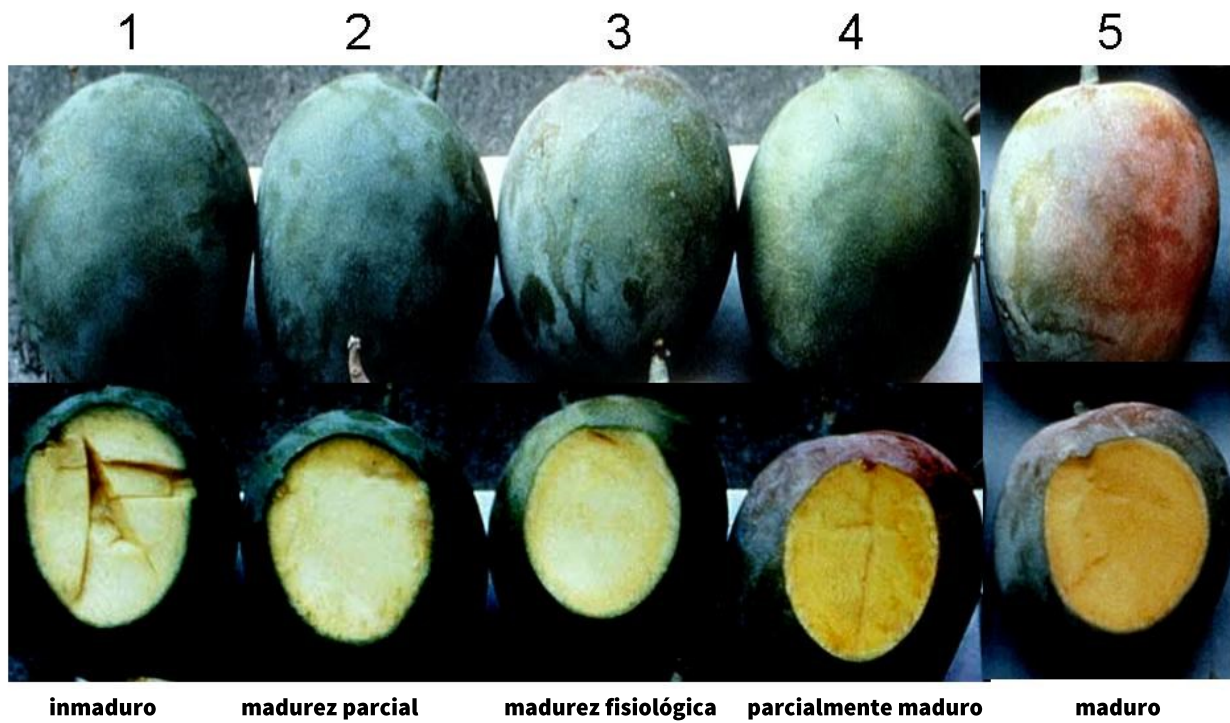


Foto cortesía del Dr. Adel Kader

Figura 3. Estados de maduración del mango Kent.



Foto cortesía del Dr. Fernando Maul

Figura 4. Estados de maduración del mango Ataulfo.

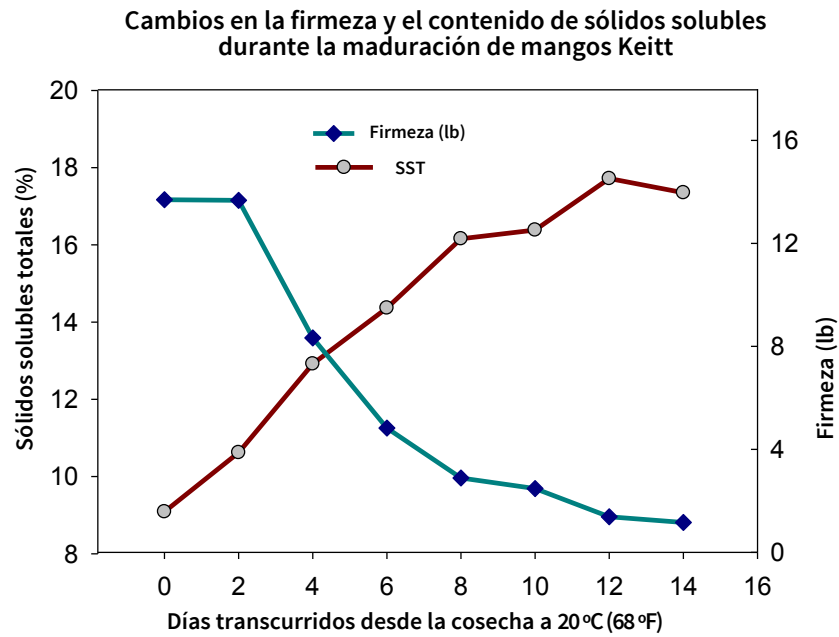


Figura 5. Relación entre la firmeza de los mangos y su contenido en sólidos solubles durante la maduración de mangos Keitt.

Tabla 1. Firmeza de la pulpa fresca en relación con el estado de maduración del mango.

Etapa de maduración	Firmeza de la pulpa*	Notas
Verde-maduro	>14	Tratar con etileno durante 48 horas
Parcialmente maduro	10-14	Tratar con etileno durante 24 horas
Maduro-firme	6-8	Mejor etapa para enviarlos a los minoristas
Maduro-suave	2-6	Mejor etapa para consumo
Sobre-madurado	<2	Bueno para jugo

*lb medidas con la punta de 8 mm (5/16 pulgadas) de un penetrómetro

Procedimientos óptimos para la maduración de melones

por Marita Cantwell

Introducción

Los melones de mayor importancia comercial son los melones fragantes (tipo *cantalupe*), los melones dulces (tipo *honeydew*) y las sandías. Todos ellos forman parte de un grupo genéticamente diverso con extremos en la fisiología de la maduración. Los dos primeros tipos de melones (*cantalupe*, *honeydew*), son frutas climatéricas que producen grandes cantidades de etileno durante la maduración, la cual ya se ha iniciado cuando se cosechan. Otros, como las sandías, son frutas no climatéricas que producen muy poco etileno, por lo que deben cosecharse maduras y listas para su consumo.

Como ya se ha dicho, cuando los melones se cosechan el proceso de maduración ya ha comenzado. Por ello, manipular la temperatura es la principal forma de controlar la tasa de maduración de los melones. Después de la cosecha los melones se ablandan, sufren cambios externos de color y aumentan los compuestos volátiles que le dan su aroma característico. Estos cambios poscosecha son importantes para que alcancen una buena calidad comestible. Sin embargo, el contenido de azúcar de los melones no se incrementa después de cosechados.

Calidad de los melones

Las características de calidad más importantes para los melones son el dulzor, una pulpa firme pero jugosa, el buen color, olor y gusto característicos del tipo particular de melón de que se trate. Ningún tipo de melón tiene reservas de almidón y el contenido de azúcar no aumenta después de la cosecha. Por tanto, para conseguir melones con buen sabor es muy importante cosecharlos en una etapa de maduración bastante avanzada, una vez los azúcares se hayan acumulado en la fruta.

Dado que los azúcares son los sólidos solubles presentes en mayor cantidad en el jugo de la fruta, se puede medir el contenido de sólidos solubles (Brix) para calcular el contenido de azúcar del melón. No hay que olvidar, sin embargo, que al porcentaje de sólidos solubles también contribuyen los ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos y pectinas solubles. En melones tipo *cantalupe* cerca del 80 % de los sólidos solubles a la cosecha son azúcares; por el contrario, en melones tipo *honeydew*, los azúcares

alcanzan hasta el 90 % de este valor. En los melones el porcentaje de sólidos solubles y las concentraciones de azúcar se encuentran normalmente bien correlacionados en el momento de la cosecha y ambos aumentan a medida que los melones maduran (Figura 1 y 2). En melones almacenados, aunque la lectura del porcentaje de sólidos solubles pueda permanecer constante, la concentración de azúcar disminuyen con el tiempo (Figura 3).

Figura 1. Relaciones entre el porcentaje de sólidos solubles y la concentración total de azúcar en melones tipo *honeydew*. Datos de 9 cultivares a la cosecha (Cantwell, 2004).

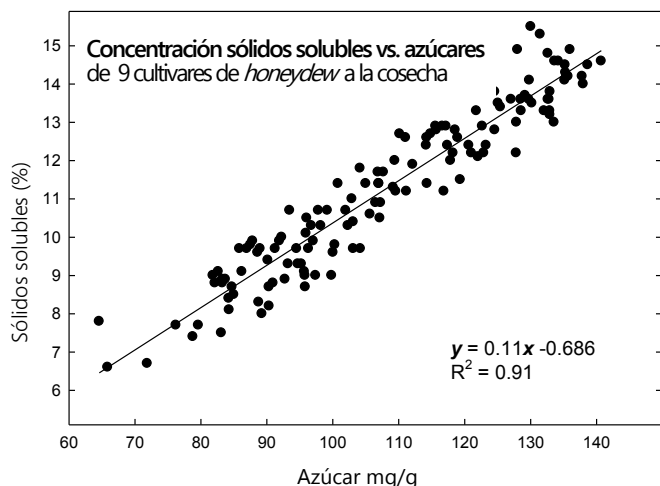
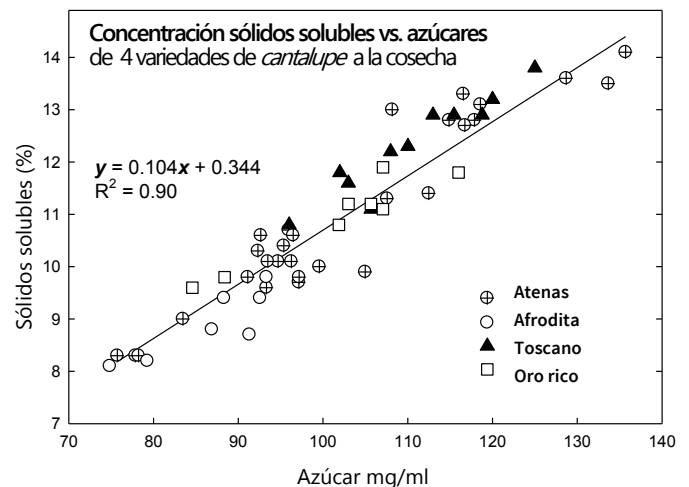


Figura 2. Relaciones entre el porcentaje de sólidos solubles y la concentración total de azúcar en 4 cultivares de melones tipo *cantalupe* a la cosecha (Cantwell, 2004).



Cambios en la madurez y maduración de melones tipo *cantalupe*

Los criterios para la cosecha de melones tipo *cantalupe* y otros melones reticulados incluyen la formación de la capa de abscisión (llamada de “desprendimiento”), el cambio en el color de fondo de verde a amarillo verdoso, el pardeamiento y muerte de la primera bráctea, así como la presencia de una retícula bien desarrollada (Tabla 1). Cuando la capa de abscisión comienza a formarse, la fruta ya ha acumulado la mayoría de los azúcares y es posible cosechar los melones a distintos grados de desprendimiento (1/4, 1/2, total). Las tasas de producción de etileno y la firmeza de la pulpa varían entre las distintas etapas de madurez (Tabla 2). Idealmente, los cambios en el contenido de azúcar y firmeza serán mínimos durante el proceso de maduración, como se muestra en el ejemplo de la Tabla 3.

Los melones *cantalupe* pueden almacenarse a 2,5-5 °C (36-41 °F) de 2 a 3 semanas, y se consideran ligeramente susceptibles al daño por frío. Se puede recurrir al almacenamiento en atmósferas controladas o modificadas para mantener la calidad de los melones tipo

cantalupe durante el transporte a larga distancia. Si se retiran a los melones de las condiciones de almacenamiento y se los pone luego entre 2 y 4 días a 15-20 °C (59-68 °F) se iniciará el ablandamiento, desverdización de la cáscara y desarrollo del aroma. La Tabla 4

Figura 3. Cambios en la concentración de azúcar en cortes frescos de melón *cantalupe* en dos etapas de madurez (López y Cantwell). El porcentaje de sólidos solubles no varió en 8 días.

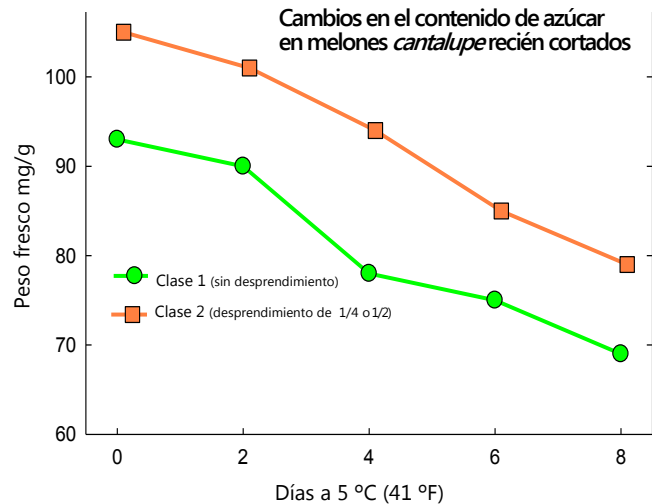


Tabla 1. Etapas de madurez y maduración para melones *cantalupe*. El término ‘desprendimiento’ se refiere a la separación del pedúnculo de la fruta.

Etapa	Características
1. Inmaduro	Melón próximo a su total desarrollo, sin desprendimiento ni desarrollo de tejido corchoso en la zona de abscisión; el color de fondo de la retícula es verde
2. Madurez fisiológica	Melón completamente desarrollado; apenas se ha iniciado el desprendimiento o alcanza un ¼ ; se requiere mucha fuerza en el pulgar para retirar el pedúnculo de la fruta; el color de fondo de la retícula es verde claro
3. Inicio maduración	Desprendimiento de un ¼ a ½; se requiere una fuerza moderada del pulgar para separar la fruta del pedúnculo; el color de fondo de la retícula es amarillo verdoso
4. Maduro	Desprendimiento de un ¾ a total; el pedúnculo se separa fácilmente de la fruta; el color de fondo de la retícula es amarillo y, quizás, algo verde
5. Sobremadurado	El pedúnculo se ha caído y el área de desprendimiento está seca; el melón puede estar ablandándose por pérdida de agua; el color de fondo en la retícula es amarillo anaranjado.

Tabla 2. Atributos de calidad para melones tipo *cantalupe* (cv. Legacy) cosechados en 5 etapas diferentes de madurez y maduración (Cantwell, 2003).

Etapa de madurez ¹	Etileno interno ppm	Tono color externo	Tono color interno	Firmeza de la pulpa N (kg)	Sólidos Solubles (%)	Puntuación de olor interno
1	4,2	115,7	70,9	24,5 (2,5)	10,6	2,0
2	17,5	112,5	70,4	21,0 (2,1)	10,5	2,8
3	20,9	113,6	70,5	18,6 (1,9)	11,9	2,6
4	35,7	112,2	70,6	17,0 (1,7)	11,2	3,8
5	38,1	110,6	70,3	11,8 (1,2)	11,2	3,6
LSD.05	12,0	2,7	n.s.	6,3 (0,6)	n.s.	0,8

¹Etapas de madurez conforme a la Tabla 1

Tabla 3. Caracterización de melones tipo *cantalupe* (cv. Laredo) cosechados en 2 etapas distintas de maduración (ver Tabla 1).

Atributo	Etapas de madurez y maduración para melones tipo <i>honeydew</i>	Desprendimiento		LSD.05
		Etapa de medio desprendimiento	completo, maduro duro	
Peso (g)		1367	1398	ns
Puntuación de color externo		2,8	3,3	ns
Etileno interno (ppm)		2,4	4,8	0,7
Color interno (croma)		35,2	35,4	ns
Firmeza de la pulpa (N) (punta 5 mm)		12,7	13,1	ns
Sólidos solubles (%)		12,5	12,2	ns

Tabla 4. Etapas de madurez y maduración para melones tipo *honeydew*.

Etapas de madurez y maduración para melones tipo <i>honeydew</i>	Etapa	Características	Etileno interno ¹ (ppm)	Firmeza de la pulpa ^{1,2} N (kg)	Sólidos Solubles ¹ (%)
0 = Inmaduro		Color externo verdoso; piel vellosa/pilosa; sin aroma; puede ser cosechado por equivocación	--	--	--
1 = Madurez fisiológica		Color externo blanco con aspecto verdoso; piel ligeramente vellosa/pilosa; sin aroma; el melón se raja al cortarlo, pulpa crujiente; madurez comercial mínima a la cosecha; mínimo 10 % de sólidos solubles	0,8	30,4 (3,1)	10
2 = Se inicia la maduración		Color externo blanco con trazas verdes; piel no vellosa, ligeramente cerosa; olor leve o perceptible; el melón se raja al cortarlo, pulpa crujiente; cosechar para mercados a distancia	5,2	20,6 (2,1)	11-12
3 = Maduro		Color externo de blanco crema a amarillo pálido; piel cerosa; olor perceptible; el pedúnculo puede empezar a separarse de la fruta; pulpa firme, cuando se corta no se raja; ideal para comer; cosecharlo para mercados locales	27,1	14,7 (1,5)	12-14
4 = Sobremadurado		Color externo amarillo; blando en el punto opuesto al extremo de la flor; muy aromático; la fruta se separa del pedúnculo; pulpa blanda y de apariencia algo aguanosa	29,4	10,8 (1,1)	14-15

¹ Valores promediados de 5 variedades de *honeydews*.

² Firmeza medida utilizando una punta redondeada de 1,1 cm.

Tabla 5. Cambios en los caracteres de calidad en melones tipo *cantalupe* (cv. Traveler) cosechados con desprendimiento de un ½ a ¾ tras su almacenamiento al aire o en atmósfera controlada (3 % de O₂ y 15 % de CO₂), a una temperatura de 2,5 °C (36 °F); la segunda medida se efectuó tras mantenerlos a 20 °C (68 °F) durante 4 días.

Características de calidad	Antes de su almacén	14 días		14 días + acondicionamiento		22 días		22 días + acondicionamiento	
		Aire	AC	Aire	AC	Aire	AC	Aire	AC
Color externo ¹	2,6a ⁴	2,9a	2,6a	3,5b	3,1ab	3,5b	3,2ab	3,6b	3,8b
Calidad Visual ²	8,3a	8,1a	8,3a	7,3b	7,2b	7,5b	8,2a	4,9c	7,0b
Deterioro ³	1,0a	1,0a	1,0a	2,8c	1,7b	1,6b	1,0a	4,5c	1,9b
Firmeza de pulpa (kg)	4,5a	4,0a	3,2b	3,6ab	3,1b	3,4ab	3,1b	3,1b	2,7b
Sólidos solubles (%)	10,6a	9,6a	9,3ab	10,2a	9,7a	10,2a	9,5a	9,6a	9,8a
Aceptabilidad de sabor ²	7,0a	5,7b	4,2c	4,9bc	5,8b	5,3b	3,9c	4,3bc	5,9b
Sabor raro ³	1,0a	1,5b	1,6b	1,0a	1,0a	2,0b	3,5c	1,2b	1,2b

¹ Escala de 1 a 5, donde 1=verde, 3=amarillo verdoso, 5=color de fondo amarillo anaranjado.

² Escala de 9 a 1, donde 9=excelente, 7=bueno, 5=regular, 3=malo, 1=no utilizable/no aceptable.

³ Escala de 1 a 5, donde 1=ninguno, 2=leve, 3=moderado, 4=moderadamente severo, y 5=severo.

⁴ Las cifras en una columna acompañadas por letras apuntan a diferencias significativas de un 5 %.

ilustra los cambios en calidad que tienen lugar después de 14 y 22 días de almacenamiento al aire o en atmósfera controlada (AC), así como los cambios que acontecen después del período de acondicionamiento o comercialización. Asimismo, los melones perderán agua y si han sufrido algún daño físico se hará evidente durante el período final de maduración. Durante el almacenamiento y la maduración, el color interno no cambia mucho y, al igual que el contenido de azúcar, depende principalmente de la etapa en que se haya cosechado la fruta.

Madurez y maduración de melones *honeydew*, de pulpa anaranjada y melones exóticos

Estos melones son más difíciles de clasificar en tipos conforme a su madurez y maduración, y requieren la evaluación de numerosos caracteres, como se muestra en la Tabla 5. En general, esta clasificación puede aplicarse a muchos de los melones exóticos no reticulados. Estos melones son difíciles de cosechar en la

etapa adecuada de madurez porque los criterios de color externo y tamaño no son buenos en este caso y porque estos melones son cosechados antes de que el pedúnculo comience a separarse de la fruta. Los cambios táctiles en el melón (lo vellosa o lisa que sea su superficie) son de gran importancia para su cosecha en la etapa correcta. La Tabla 6 muestra la calidad inicial de 3 etapas de madurez/maduración en melones tipo *honeydew* y la Tabla 7 la calidad después del almacenamiento de cada una de estas 3 etapas. En las Tablas 8 y 9 se ofrece información similar para melones lisos de pulpa anaranjada. Los melones en una etapa de maduración dada que se almacenen a temperatura elevada se ablandarán y su aroma aumentará con mayor rapidez que en los melones en la misma etapa de maduración almacenados a temperatura más bajas. Las Tablas 8 y 9 muestran claramente que el porcentaje de contenido de sólidos solubles no cambia durante el almacenamiento. Para melones tipo *honeydew*, de pulpa anaranjada y otros melones exó-

Tabla 6. Caracteres de calidad en melones tipo *honeydew* (variedad OP), cosechados en tres etapas de maduración. Las frutas fueron evaluadas después de estar a 20 °C (68 °F), 3 días. Datos de Cantwell.

Etapas de maduración	Etileno interno (ppm)	Color externo valor "b" ¹	Firmeza de la pulpa (kg)	Sólidos solubles (%)	Puntuación de sabor ²
1	0,3	20,67	3,86	9,0	3,0
2	1,7	22,61	2,68	11,0	3,9
3	4,5	26,77	2,4	12,4	4,0

¹Valor "b" indica amarillo.

²Escala de 1 a 5, donde 5=máximo, 1=ninguno

Tabla 7. Características de calidad en melones tipo *honeydew* cosechados en 3 etapas de maduración distintas y almacenados 18 días a las temperaturas indicadas. La fruta fue evaluada después de ser transferida por 3 días a 20 °C (68 °F). Datos de Cantwell.

Etapas de maduración	Temperatura de almacenamiento		Calidad visual ¹	Deterioro ²	Color externo valor "b"	Firmeza (kg)	Sólidos solubles (%)	Sabor ²
	°C	°F						
1	2,5	36	8,5	1,0	26,20	2,54	9,3	3,0
	5	41	8,0	1,5	30,76	1,12	9,2	3,2
	7,5	45	7,0	1,9	33,04	1,04	9,9	3,5
2	2,5	36	8,2	1,0	25,82	2,27	11,7	3,9
	5	41	8,0	1,5	30,21	1,45	11,5	4,0
	7,5	45	7,4	1,0	34,68	1,23	11,9	3,9
3	2,5	36	8,0	1,0	31,14	1,23	12,9	4,0
	5	41	7,8	2,0	31,48	1,17	12,4	4,0
	7,5	45	5,4	2,5	38,30	1,00	12,1	4,0

¹Escala de 9 a 1, donde 9=excelente, 7=bueno, 5=regular

²Escala de 1 a 5, donde 1=ninguno, 5=máxima/severa

ticos, el almacenamiento de frutas menos maduras a temperaturas inferiores a 5 °C (41 °F) puede causar daño por frío.

Madurez y calidad de las sandías

Los criterios principales para cosechar sandías son el color de la mancha de fondo (amarillo claro), en algunas variedades el pardeamiento de la bráctea, su densidad (a más peso más azúcar) y el sonido de la fruta cuando se la golpea. La sandía debe haber desarrollado el color típico de su variedad cuando se la corta. Tienen que estar maduras cuando se cosechan pero no demasiado maduras. En la fruta que ha madurado demasiado el color disminuye de rojo brillante a rojo anaranjado, la pulpa se vuelve harinosa y el contenido de azúcar decrece. La sandía puede almacenarse fácilmente a 10-15 °C (50-59 °F) hasta 2 semanas y durante este período, perderá azúcar y se ablandará. El etileno afecta adversamente a las sandías y no deben

conservarse junto a melones tipo *cantalupe* o *honeydew*. Si la fruta se expone a concentraciones bajas de etileno (> 0,5 ppm), se puede volver esponjosa, su pulpa interior harinosa y descomponerse.

El tratamiento con etileno y su efecto en la calidad de los melones

El tratamiento con etileno se ha usado de modo limitado para acondicionar o estimular el proceso de maduración de los melones. El tratamiento con etileno habitual, a una concentración de 100 ppm durante 24 a 48 horas a 20-25 °C (68-77 °F), causa pérdida de clorofila, desarrollo de cera, ablandamiento y producción de aroma en muchos melones (Tabla 10). Después del tratamiento con etileno, se necesita un período de 2 a 4 días para que se observen cambios. En melones tipo *honeydew*, si se mejora el desarrollo del aroma con un tratamiento con etileno, disminuye su firmeza y, dependiendo de la calidad inicial del melón, este

Tabla 8. Caracteres de calidad en melones de pulpa anaranjada (variedad OP), cosechados en 3 etapas de maduración. Las frutas fueron evaluadas después de permanecer 3 días a 20 °C (68 °F). Datos de Cantwell.

Etapas de Maduración	Etileno interno (ppm)	Color externo valor "b" ¹	Firmeza de la pulpa (kg)	Sólidos solubles (%)	Puntuación de sabor ²
1	0,5	20,84	4,54	7,5	2,3
2	4,6	25,33	4,32	8,8	2,7
3	33,5	26,30	2,41	11,3	3,8

¹Valor "a" indica verde, "b" indica amarillo

²Escala de 1 a 5, donde 5=máximo, 1=ninguno

Tabla 9. Caracteres de calidad de melones de pulpa anaranjada cosechados en 3 etapas de maduración y almacenados por 18 días a las temperaturas indicadas. La fruta fue evaluada después de ser transferida 3 días a 20 °C (68 °F). Datos de Cantwell.

Etapas de maduración	Temperatura de almacenamiento		Calidad visual ¹	Deterioro ²	Color externo valor "b"	Firmeza de la pulpa (kg)	Sólidos solubles (%)	Sabor ²
	°C	°F						
1	2,5	36	9,0	1,0	24,25	3,64	7,5	2,7
	5	41	8,0	1,4	24,38	3,31	7,8	3,3
	7,5	45	7,0	1,2	30,19	2,73	7,6	3,4
2	2,5	36	8,2	1,0	26,58	2,82	8,8	3,1
	5	41	8,0	1,0	29,25	2,36	8,2	3,0
	7,5	45	7,4	1,4	37,98	2,36	9,2	3,7
3	2,5	36	8,0	1,5	27,76	1,45	11,9	3,8
	5	41	7,8	1,5	30,19	1,50	11,1	3,8
	7,5	45	5,4	2,1	32,70	1,40	10,5	4,0

¹Escala de 9 a 1, donde 9=excelente, 7=buena, 5=regular

²Escala de 1 a 5, donde 1=ninguno, 5=máximo/severo

Tabla 10. Efectos del tratamiento con etileno (12-48 horas de exposición a 20-100 ppm) en melones tipo *cantalupe* y *honeydew* en estado de madurez comercial y mantenidos a 20 °C (68 °F) entre 3 y 6 días después del tratamiento.

Tipo de melón	Color externo	Color interno	Firmeza de la pulpa	Olor externo	Olor interno	Sólidos solubles
<i>Cantalupe</i>	Aumento del amarillo	Ningún efecto	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Sin efecto ni disminución
<i>Honeydew</i>	Aumento del amarillo	Ningún efecto	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Sin efecto ni disminución

ablandamiento puede ser considerado benéfico o adverso. Como el tratamiento con etileno hace aumentar la tasa de respiración, la pérdida de azúcar puede ser mayor en la fruta tratada con etileno que en la fruta sin tratar. Por tanto, la etapa de madurez del melón determinará su calidad de consumo final, y el tratamiento con etileno solamente mejorará algunas características (aroma y color externo). Los melones tipo *cantalupe* que están empezando a desprenderse y los *honeydew* en la etapa 2 de maduración en los que este proceso ya se ha iniciado, se encuentran produciendo su propio etileno y, por tanto, no se beneficiarán de este tipo de tratamiento.

El tratamiento de melones *honeydew* con etileno antes de su almacenamiento puede proporcionar protección contra las bajas temperaturas e iniciar la maduración o acondicionando de la fruta con baja madurez. Sin embargo, la mejor solución es cosechar los melones en una etapa más avanzada de madurez, cuando poseen un contenido más alto de azúcar, ya que estos melones pueden ser almacenados a temperaturas más bajas sin sufrir daño por frío. En general, no se recomienda el tratamiento con etileno para los melones.

Los melones y el 1-MCP (*SmartFresh*), inhibidor de la acción del etileno

En términos de retención de firmeza y disminución del deterioro, la aplicación de tratamientos de *SmartFresh* a melones *cantalupe* y *honeydew* destinados a su transporte a larga distancia (envíos hacia el Oeste), muestra escasos beneficios si estos se encuentran en el punto de madurez comercial típica o son melones almacenados a baja temperatura. Sin embargo, si los melones se mantienen a temperaturas más cálidas, como durante la manipulación para su venta, el tratamiento con 1-MCP puede retrasar el ablandamiento y los cambios excesivos de color. En el caso de melones *cantalupe* (Atenas), *Galia* y otros melones que han de ser transportados a corta distancia (hacia el Este), este tratamiento sí se ha mostrado beneficioso. Algunos investigadores han observado que los melones *cantalupe* producidos en Centroamérica para mercados de exportación de invierno, también se benefician del tratamiento con *SmartFresh*. Tratar con 1-MCP a las

sandías las beneficia porque retrasa la pérdida de firmeza de la pulpa y su descomposición interna, dado que esta fruta es muy susceptible al etileno. Incluso En el caso de sandías no tratadas con etileno, un tratamiento con 1-MCP puede beneficiarlas al retener la textura crujiente de la pulpa. Los melones tratados con 1-MCP pueden ver disminuida su capacidad para generar algunos de los compuestos volátiles que proporcional su olor característico.

Referencias

- Beaulieu, J.C. and J.M. Lea. 2007. Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132: 720-728.
- Gal, S., S. Alkalai-Tuvia, Y. Pertzalan, Y. Elkind, U. Ravid and E. Fallik. 2008. Sensory evaluation of 'Galia'-type melons treated with 1-methylcyclopropene after prolonged storage. *J. Hort. Sci. Biotech.* 83: 589-594.
- Jeong, J., J.K. Brecht, D.J. Huber and S.A. Sargent. 2008. Storage life and deterioration of intact cantaloupe (*Cucumis melo* L., var *reticulatus*) fruit treated with 1-methylcyclopropene and fresh-cut cantaloupe prepared from fruit treated with 1-methylcyclopropene before processing. *HortScience* 43: 435-438.
- Lester, G.E. 2006. Consumer preference quality attributes of melon fruits. *Acta Horticulturae* 712: 175-182.
- Lipton, W.J. and B.E. Mackey. 1984. Ethylene and low-temperature treatments of honeydew melons to facilitate long-distance shipment. *USDA ARS-10*. 28 pp.
- Pratt, H.K. 1971. Melons. In: A.C. Hulme (ed.). *Biochemistry of Fruits and their Products*, Vol 2. Academic Press, London. pp. 207-232.
- Seymour, G.B. and W.B. McGlasson. 1993. Melons. In: G. Seymour, J. Taylor and G. Tucker (eds.), *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman & Hall, London. pp. 273-286.

Medición de sólidos solubles (azúcares) en melones y otras frutas

por Marita Cantwell

Los azúcares son los sólidos solubles presentes en mayor cantidad en el jugo de la fruta, por ello su lectura puede usarse como estimación del contenido de azúcar. En el caso de los melones, por ejemplo, cerca del 80% de la lectura de sólidos solubles se debe a azúcares; el 20% restantes lo forman ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos y pectinas solubles, que también contribuyen a la lectura de sólidos solubles. Se puede determinar el contenido de sólidos solubles (CSS) de una muestra pequeña de fruta con un refractómetro, aparato que mide el índice de refracción o la disminución de la velocidad de un rayo de luz cuando pasa a través del jugo de una fruta. El refractómetro posee dos escalas, una indica el índice de refracción y otra los grados Brix equivalentes o CSS, y ambas pueden leerse directamente. Para muestras de fruta fresca se debe hacer uso del término ‘sólidos solubles’, porque el término ‘Bri’ hace mención únicamente al contenido de azúcar puro. Los refractómetros digitales eliminan el error que el factor humano pueda introducir al leer los valores.

Para obtener el jugo de productos de pequeño tamaño, tales como las fresas y las uvas, se puede exprimir la fruta entera. En el caso de productos más grandes, se debe cortar un pedazo o extraer una cuña de la mues-

tra, que vaya desde el pedúnculo hasta el extremo que correspondería a la flor y alcance también el centro de la fruta, cubriendo así la variabilidad en el contenido de sólidos solubles de arriba a abajo y del interior hacia el exterior de la fruta. Se puede recurrir a una prensa de ajos para exprimir el jugo de varias porciones de fruta en un recipiente. Si la materia insoluble no se asienta rápidamente puede que sea necesario filtrarla con un pedazo de gasa o centrifugar la muestra antes de leerla en el refractómetro. En algunas frutas es necesario homogenizar la pulpa con agua para obtener una determinación precisa del contenido de CSS.

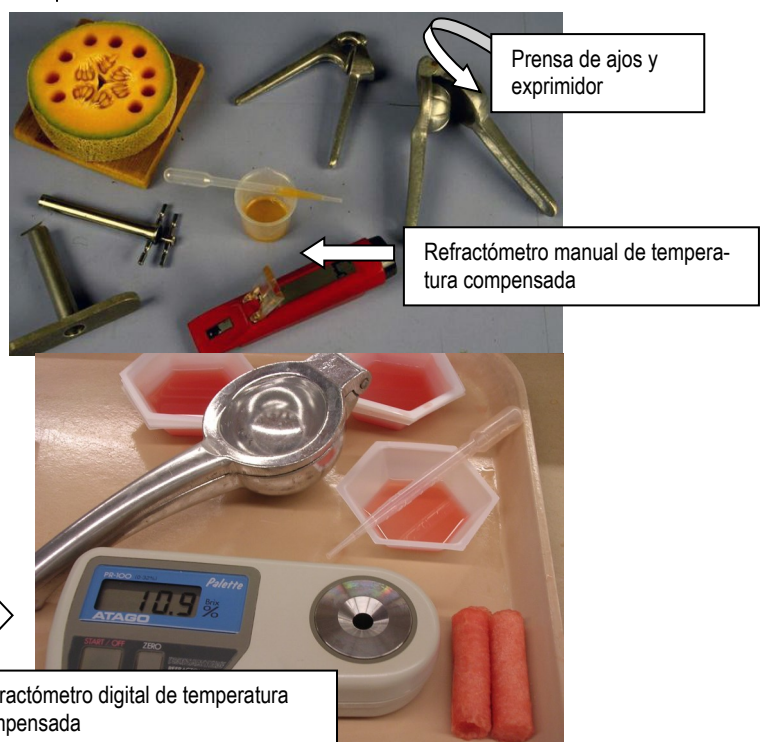
La temperatura del jugo es un factor esencial para realizar una medición precisa, dado que todos los materiales se expanden cuando se calientan y se vuelven menos densos. En el caso de una solución de azúcar, la modificación es aproximadamente del 0,5 % de azúcar por cada 5,6°C (10°F). Los refractómetros de buena calidad pueden compensar la temperatura o llevan un termómetro unido de modo que el operario pueda hacer la corrección necesaria. Es esencial limpiar el refractómetro entre cada lectura (especialmente si las muestras difieren mucho en CSS) y estandarizarlo con agua destilada (debe leer un índice refractivo de 1,3330 a 20°C o CSS de 0.0%).

Cortar transversalmente al melón por la mitad. Con una perforadora extraer cilindros que se colocarán en la prensa de ajos. A continuación, realizar la lectura con un refractómetro de temperatura compensada o bien con uno digital.

Otra opción es cortar el melón por la mitad, extraer trozos con un cuchillo y exprimir luego el jugo.

Los inspectores de calidad a menudo usan una tercera técnica, que consiste en taladrar el melón hasta el centro y retirar un cilindro. Se debe cortar la parte más interna que contiene las semillas, retirar la cáscara exterior antes de exprimir y, a continuación, realizar la lectura de CSS.

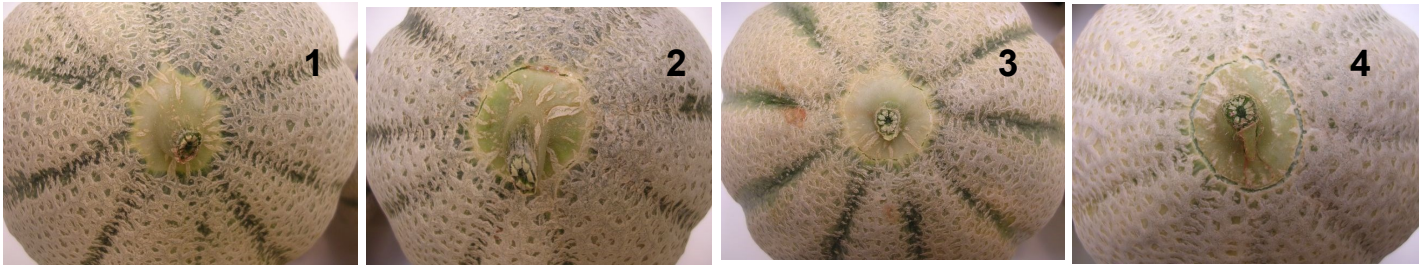
Las técnicas pueden variar levemente, pero todas requieren una muestra representativa de pulpa porque el CSS de los melones varía entre el extremo correspondiente a la flor y al pedúnculo, y entre el área de la cavidad de las semillas y la cáscara.





Indicadores de madurez en melones tipo *cantalupe*: zona de abscisión o desprendimiento, desecación de la bráctea, desarrollo de color amarillo verdoso, retícula bien desarrollada con cera, el melón presenta su tamaño total y es denso. Ver Tabla 1.

ESTADOS DE MADURACIÓN DEL MELÓN TOSCANO

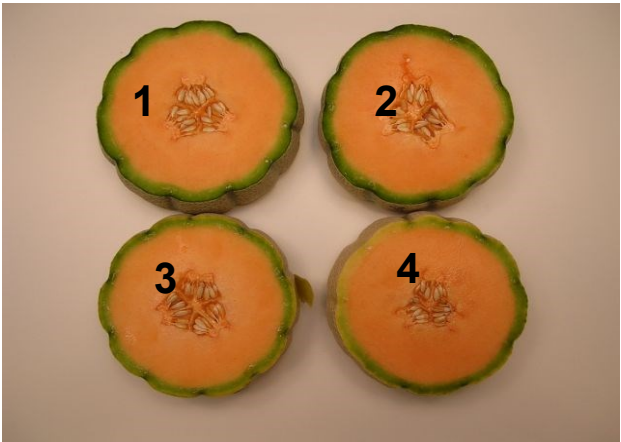
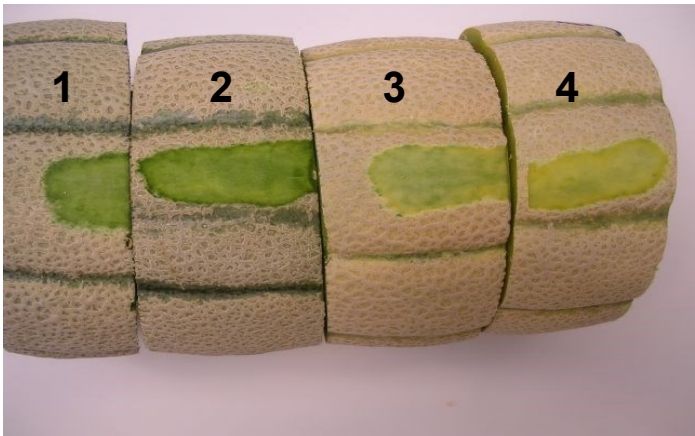


Sin desprendimiento

½ desprendido

¾ desprendido

desprendimiento total



	1	2	3	4
Sólidos solubles (%)	11,8	12,2	12,3	12,9
Firmeza (N)	25,6	22,2	15,6	12,9



Etapas de madurez y maduración de melones de pulpa anaranjada, descritos en la Tabla 5.



Etapas de madurez/
maduración de melones Galia (cv. Deneb)

Sólidos solubles (%)

1 = 9,3

2 = 10,4

3 = 10,2

Puntuación de aroma

1 = 2,8

2 = 4,2

3 = 5,0

Firmeza de la pulpa (N)

1 = 26,9

2 = 27,2

3 = 10,0

Etileno interno (ppm)

1 = 0,2

2 = 0,8

3 = 1,1

Procedimientos óptimos para la maduración de peras

por Beth Mitcham y Jim Thompson

Las peras europeas se cosechan en estado de madurez fisiológica sin haber madurado, con el objeto de que alcancen su calidad comestible óptima una vez maduren, puesto que la fruta que se deja madurar en el árbol desarrolla una textura harinosa y mal sabor. Aunque las peras son frutas climatéricas, la mayoría de ellas no producen el suficiente etileno como para madurar adecuadamente después de cosechadas sin un período de almacenamiento en frío, un tratamiento con etileno o ambas cosas. A medida que la fruta madura en el árbol, el contenido de almidón y su firmeza disminuyen, mientras aumenta el contenido de sólidos solubles (azúcares). En California, la madurez de cosecha para las peras Bartlett viene determinada por una combinación del contenido de sólidos solubles y firmeza de la fruta (medida con un penetrómetro de punta de 8 mm), de modo que en el momento de la cosecha la firmeza debe ser de 15-20 lb. Las peras de invierno, tales como las Anjou, Comice y Bosc, son cosechadas habitualmente con una firmeza de entre 13-15 lb. Una madurez de cosecha adecuada es esencial para obtener un fruta madura de buena calidad. Además, la fruta inmadura es más susceptible al arrugamiento y presenta una menor calidad de madurez de consumo.

Acondicionamiento de peras para su maduración uniforme

Las peras europeas no maduran adecuadamente sin un período de almacenamiento en frío o un tratamiento con etileno que acondicione la fruta para la maduración, en especial si se trata de fruta de cosecha temprana. Esta fruta no tiene la capacidad de producir etileno y tiende a madurar lenta y de forma menos uniforme que el resto. Además, su textura y sabor suele ser peor, si se la compara con la fruta acondicionada. Durante el almacenamiento en frío o tras la exposición al etileno, se crean dentro del tejido de la pera las enzimas responsables de la producción de etileno, de modo que su producción y la maduración uniforme ocurren cuando la fruta se transfiere a la temperatura de maduración. Las peras Bartlett y Bosc necesitan un mínimo de 2 semanas, Comice 4 semanas y Anjou más de 8 semanas de almacenamiento en frío a una temperatura de entre -1 y 0 °C (30-32 °F) para estimular completamente su capacidad de maduración. Las peras Anjou pueden permanecer duras e inmaduras más de un mes cuando se las sitúa en un

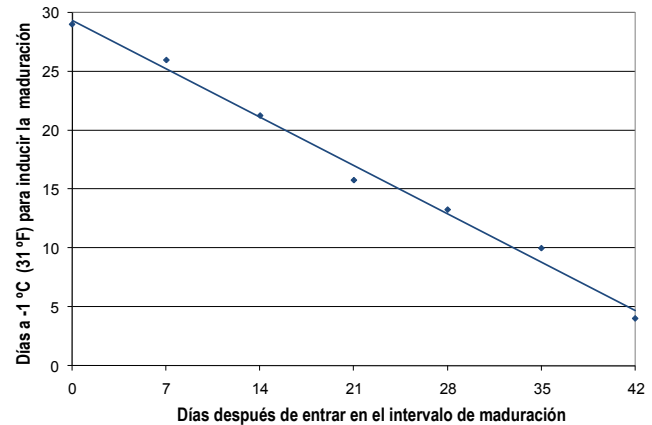


Figura 1. Relación entre la madurez y el período de almacenamiento a -1 °C (31 °F) necesario para inducir la capacidad de maduración en peras Comice. El intervalo de madurez comienza a una firmeza de 13 lb. (Sugar, et al., 2009).

ambiente de maduración sin almacenamiento previo en frío. Cuando la fruta se cosecha temprano en la temporada (mayor firmeza), es necesario prolongar el período de almacenamiento en frío (Figura 1). Se ha demostrado que las temperaturas intermedias [7,5-10 °C (45-50 °F)] estimulan la capacidad de maduración mucho más rápido que las temperaturas de almacenamiento estándar (Tabla 1). En el caso de las peras Bartlett, para inducir la capacidad de maduración son necesarios 14 días a una temperatura de -1 °C (30 °F), 7 días a 5 °C (41 °F) y 5 días a 10 °C (50 °F). Las temperaturas intermedias tienen un efecto similar sobre las peras Comice y Anjou, acortando pero no eliminando la necesidad de exposición a etileno y su almacenamiento en frío (Tabla 1).

Después de la cosecha, el tratamiento con etileno a una concentración de 100 ppm puede substituir en parte o totalmente la necesidad de almacenamiento en frío para acondicionar la fruta y lograr una maduración uniforme. La industria de la pera ha deno-

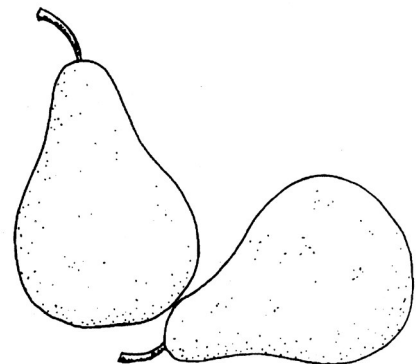


Tabla 1. Número de días de acondicionamiento necesarios a distintas temperaturas para inducir la capacidad de maduración en peras Bartlett, Bosc, Comice y Anjou, cosechadas en su límite del intervalo de madurez, sin tratamiento con etileno y después de 24 y 48 horas a una concentración de etileno de 100 ppm y una temperatura de 20 °C (68 °F). Los tratamientos empezaron el día después de la cosecha sin enfriamiento previo. Datos de la cosecha del año 2008.

	Sin etileno			Después de 24 h en etileno a 20 °C (68 °F)			Después de 48 h en etileno a 20 °C (68 °F)		
	-1 a 0 °C (31 °F)	5 °C (41 °F)	10 °C (50 °F)	-1 a 0 °C (31 °F)	5 °C (41 °F)	10 °C (50 °F)	-1 a 0 °C (31 °F)	5 °C (41 °F)	10 °C (50 °F)
Bartlett	14	7	5	-	-	-	-	-	-
Bosc	15	9	5	0	0	0	0	0	0
Comice	30	19	12	15	7	3	7	2	2
Anjou	>60	35	17	44	8	<10	38	12	<10

Adaptado de Sugar et al., 2009.

minado a este proceso “acondicionamiento de calidad, acondicionamiento provocado o maduración iniciada”. Cuando la temperatura de la pulpa de la fruta alcanza aproximadamente 20 °C (68 °F), se debe exponer a las peras Bartlett y Bosc a una concentración de etileno de 100 ppm durante 24 horas. Las peras Comice y Anjou requieren un período de almacenamiento en frío, además de su exposición a etileno, para desarrollar completamente la capacidad de maduración (Tabla 1, Figura 2). Así, por ejemplo, si se

han almacenado peras Comice durante 1 semana a -1 °C (30 °F), la exposición a etileno durante 48 horas estimulará su capacidad de maduración. Sin embargo, si estas peras Comice se almacenan durante solo 2 semanas, necesitarán ser tratadas con etileno durante 24 horas. En el caso de las peras Anjou, si la fruta ha sido almacenada entre 5 y 6 semanas, la exposición a etileno durante 48 horas estimulará su capacidad de maduración. Por tanto, la temperatura de la pulpa de la fruta y la duración de la exposición al etileno son de suma importancia. Las peras Bartlett requieren 24 horas de exposición a etileno a una temperatura de 20-24 °C (68-75 °F), 48 horas a 10-15 °C (50-59 °F) y 72 horas a 7,5 °C (45 °F). No se conocen aún los requerimientos de otras variedades, pero es evidente que la respuesta será similar. En algunos casos, se necesita calentar un poco la fruta con aire forzado hasta la temperatura adecuada antes de introducir el gas etileno. Es importante mantener la temperatura de la fruta uniforme y la humedad relativa entre 90-95 %

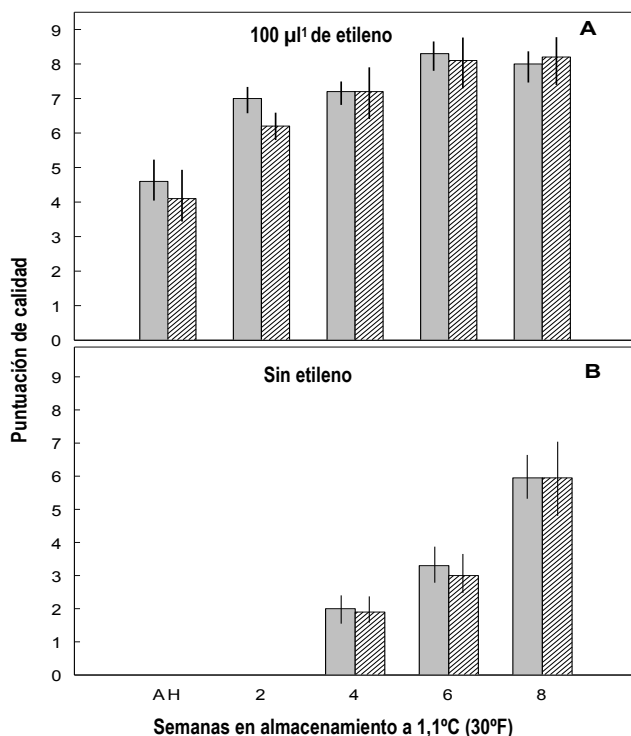


Figura 2. Calidad de peras Anjou acondicionadas con 100 ppm de etileno (A) o sin etileno (B), por 3 días a una temperatura de 20 °C (68 °F), después de 0, 2, 4, 6 y 8 semanas de almacenamiento a -1 °C (30 °F) al aire. Chen et al., 1996.

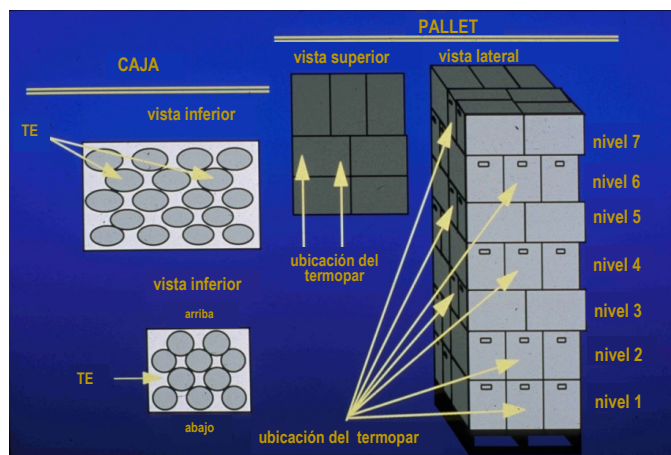


Figura 3. Ubicación del dispositivo de registro de temperaturas para monitorear la tasa de enfriamiento de peras en cajas apiladas en un pallet. Véanse los datos de la Tabla 2.

Tabla 2. Días requeridos para enfriar peras Anjou apiladas hasta la diferencia entre la temperatura inicial de la pulpa menos la temperatura del aire en el cuarto frío (para ejemplos, ver las notas de pie de página ^x y ^y).

Niveles de pallets	La mitad del tiempo de enfriamiento (días)			
	Embalaje sin divisiones ^x		Embalada en bandeja ^y	
	Fruta exterior	Fruta interior	Fruta exterior	Fruta interior
1 inferior	2,1	3,3	1,8	2,1
2	4,9	8,7	3,4	5,5
3	4,9	12,4	4,3	7,2
4	7,0	15,0	4,6	7,2
5	6,4	15,7	4,2	7,3
6	7,0	13,0	4,1	7,4
7 superior	2,0	4,9	1,7	4,2

^z Flujo de aire en un cuarto frío 12,2 m/min alrededor de la superficie del pallet

$T_{1/2}$ = (temperatura inicial de la fruta - temperatura de almacenamiento de la fruta) x 0,5 + temperatura del cuarto de almacenamiento.

^y Temperatura inicial = 21,6 °C (70,9 °F), Temperatura ambiente = 0,3 °C (32,5 °F) y $T_{1/2}$ = 10,9 °C (51,6 °F).

^x Temperatura inicial = 17,8 °C (64 °F), Temperatura ambiente = 0 °C (32 °F) y $T_{1/2}$ = 9,9 °C (49,8 °F).

Fuente: Faubion y Kader (1997).

durante el tratamiento con etileno. El cuarto para el tratamiento con etileno debe ventilarse cada 12 horas a fin de evitar la acumulación excesiva de dióxido de carbono; a continuación, se puede mantener a la fruta a temperatura moderada para su maduración inmediata o bien enfriarse para una maduración posterior.

Calentar o enfriar peras

Para que el tratamiento con etileno sea uniforme y efectivo, las peras deben tener también una temperatura uniforme. Si la temperatura varía entre las cajas y dentro de estas, algunas frutas no alcanzarán la capacidad completa de maduración y otras sí, y esto producirá un patrón dispar de maduración. Si no se toma en consideración la temperatura de la pulpa de la fruta, el tiempo de exposición al etileno puede ser insuficiente para inducir la capacidad de maduración. En cajas con revestimiento y sin ventilación puede ser difícil lograr transiciones rápidas de temperatura y temperaturas uniformes. Además, cuando el enfriamiento no se realiza con aire forzado, pueden ser necesarias hasta tres semanas para caldear la fruta para su acondicionamiento con etileno o enfriarla para su almacenamiento (Figura 3, Tabla 2).

Maduración de peras

Estudios de hábito de consumo han demostrado que los consumidores prefieren tres veces más las peras maduras que las inmaduras. Lo habitual es madurar parcialmente la fruta en el lugar de comercialización, ya sea mayorista o minorista, porque una vez las peras se encuentran parcialmente maduras son muy sus-

ceptibles al daño mecánico. Por este motivo, se debe enseñar a los empleados a manipular con cuidado a la pera parcialmente madura.

La maduración se realiza mejor en los contenedores originales, especialmente si las cajas tienen una buena ventilación, de modo que pueda controlarse bien la temperatura. Para que la maduración tenga lugar, la fruta debe alcanzar una temperatura uniforme de 13 °C (55 °F); sin embargo, la calidad de la fruta será mejor si se madura entre 18 y 22 °C (64 y 72 °F), a una humedad relativa del 90-95 %. La concentración de dióxido de carbono debe mantenerse por debajo del 1 % durante la maduración. Un tratamiento con etileno durante las primeras 24-48 horas de maduración garantizará que esta sea más uniforme, especialmente al comienzo de la temporada de cosecha. Como alternativa se puede adquirir fruta que haya sido tratada con etileno o adecuadamente almacenada en frío después de la cosecha (acondicionada). La mejor manera de controlar la maduración de la pera es utilizar cuartos de maduración de banana o tomate con capacidad para calentar y enfriar la fruta por aire forzado, que proporcionan, además, una forma segura de introducir y ventilar el gas etileno sin dañar a otros productos en almacén. Si no hay cuartos de maduración disponibles, adquiera fruta que haya sido tratada con etileno o que haya estado almacenada en frío el tiempo suficiente al comienzo de la temporada, esparza las cajas en los pallets de modo que se puedan calentar rápidamente y provea una efectiva circulación del aire (con ventiladores o sopladores) hasta que la fruta del cen-

tro de la carga esté tibia.

En el caso de las peras frescas, la mejor calidad de consumo se consigue a una firmeza de 3-5 lb, si bien entonces serán muy susceptibles al daño mecánico. Cuando se haga uso de prácticas estándar de manipulación, las peras Bartlett se madurarán hasta una firmeza de 10-12 lb antes de transportarlas desde el almacén mayorista a la tienda minorista. La fruta solo se debe madurar hasta una firmeza de 8-10 lb si va a ser enfriada rápidamente después de la maduración, manipulada con cuidado y comercializada con rapidez. Una vez en las tiendas minoristas, los mostradores en que se exhiben peras parcialmente maduras deben estar refrigerados siempre que sea posible, y la fruta no debe ser apilada en más de dos capas. Para tener éxito, es importante hacer entregas frecuentes al minorista. Las peras parcialmente maduras pueden enviarse de manera segura en envases con bandejas suspendidas (Hammock Pack), a la venta en F-D-S Manufacturing Co. Inc., Pomona, California.

Para determinar la firmeza de la fruta y monitorear los cambios que acontecen durante la maduración, es necesario utilizar un penetrómetro y medir un mínimo de 10 frutas por lote (registrar marca y fecha de envío). La fruta debe alcanzar una temperatura de 18-21 °C (65-70 °F) antes de comenzar a medir su firmeza. Retire una fragmento fino de piel del tamaño de una moneda de 5 centavos y presione lentamente la pulpa con la punta de 8 mm (5/16 de pulgadas). El cambio de color de verde a amarillo es útil en el caso de las peras Bartlett y tiene lugar normalmente cuando las peras alcanzan una firmeza de 8-10 lb. Sin embargo, estos cambios de color no siempre son consistentes con cambios en la firmeza y no deben utilizarse en lugar de una medición de penetrómetro. Las peras Anjou retienen la mayor parte de su color verde y las Bosc el acorchado de la piel que rodea el pedúnculo, incluso cuando están completamente blandas y listas para su consumo.

En peras Bartlett la tasa de maduración varía con la temperatura, como se muestra en la Figura 4. La fruta almacenada a 10 °C (50 °F) se ablandará muy lentamente; por tanto, la temperatura debe mantenerse entre 13 y 22 °C (55 y 72 °F) mientras se produce la maduración. La fruta madurará más rápidamente después de un período de almacenamiento en frío externo (Figura 5). En las peras Bartlett el ablandamiento ocurrirá de forma lenta en los primeros días y luego rápidamente. Durante la maduración, la firmeza debe monitorearse dos veces al día para evitar el ablandamiento excesivo. Una vez que las peras hayan madurado

parcialmente, el almacenamiento en frío solamente hará más lento el proceso. Por tanto, la maduración debe coincidir con las ventas o el procesamiento previstos. Las peras Bartlett maduras solo pueden mantenerse con éxito por unos pocos días alrededor de 0 °C (32 °F). Sin embargo, la fruta Anjou y Bosc puede alcanzar una firmeza de 6-8 lb y permanecer así por 3 semanas a 3,5 °C (40 °F).

Referencias

Agar, I. T., W. V. Biasi and E.J. Mitcham. 1999. Exogenous ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless of maturity or growing region. *Postharvest Biology Technology* 17: 67-78.

Agar, I. T., W. V. Biasi and E.J. Mitcham. 2000. Temperature and exposure time during ethylene conditioning affect ripening of Bartlett pears. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 48: 165-170.

Chen, P.M., Drake, S.R., Varga, D.M., Puig., L. 1996. Preconditioning of 'd'Anjou' pears for early marketing by ethylene treatment. *J. Food Quality* 19: 375-390

Chen, P.M., W.M. Mellenthin and D.M. Borgic. 1983. Changes in ripening behavior of 'd'Anjou' pears (*Pyrus communis* L.) after cold storage. *Scientia Horticulturae* 21: 137-146.

Clayton, M., W. V. Biasi and E.J. Mitcham. 1999. Commercial ripening of cannery pears with ethylene. *HortTechnology* 9: 416-420.

Faubion, D.F., Kader, A.A. 1997. Influence of place packing or tray packing on the cooling rate of palletized 'Anjou' pears. *HortTechnology* 7(4), 378-382.

Hansen, E. and W.M. Mellenthin. 1979. Commercial handling and storage practices for winter pears. Special Report #550, Agric. Exp. Sta, Oregon State University

Sugar, D., E.J. Mitcham, and E.A. Kupferman. 2009. Re-thinking the chill requirement for pear ripening. *Good Fruit Grower* 60: 22-23.

Villalobos-Acuna, M. and E. Mitcham. 2008. Ripening of European pears: The chilling dilemma. *Postharvest Biology and Technology* 49(2): 187-200.

Efecto de la temperatura en la tasa de maduración de peras Bartlett

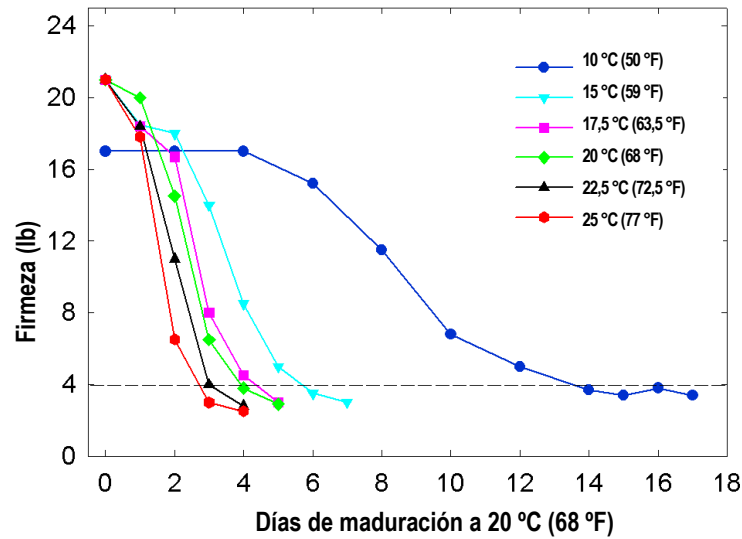


Figura 4. Tasa de maduración (ablandamiento) de peras Bartlett a 10 °C (50 °F), 15 °C (59 °F), 17,5 °C (63,5 °F), 20 °C (68 °F), 22,5 °C (72,5 °F) y 25 °C (77 °F).

Tasa de maduración de peras Bartlett

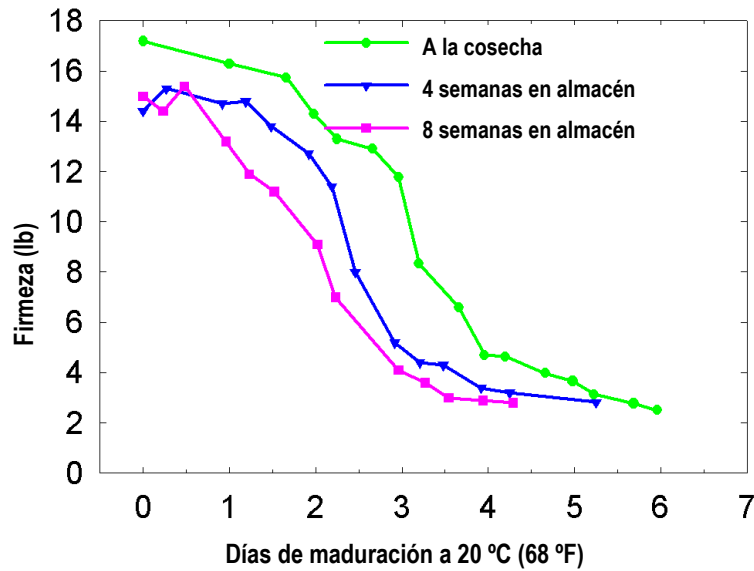


Figura 5. Tasa de ablandamiento de peras Bartlett a 20 °C (68 °F). La fruta fue madurada inmediatamente después del almacenamiento y después de 4 y 8 semanas de almacenamiento en frío a -1 °C (30 °F).

Procedimientos óptimos para la maduración de pimientos

por Marita Cantwell

La calidad poscosecha de los pimientos

Los pimientos dulces, ya sean verdes o de color, deben poseer de manera uniforme buena calidad y estar bien desarrollados en cuanto a forma y tamaño se refiere; asimismo, deben presentar una cutícula bien desarrollada, con firmeza y coloración también uniformes. La duración en almacenamiento y la calidad poscosecha de los pimientos están directamente relacionadas con la pérdida de agua. Una pérdida en peso de un 6 a 8 % disminuye la calidad visual (arrugamiento) y firmeza de los pimientos. La manera más efectiva de reducir la pérdida de peso y minimizar los cambios indeseables de color es disminuir su temperatura de almacenamiento. Los pimientos dulces son susceptibles al daño por frío y las temperaturas de almacenamiento recomendadas se encuentran entre los 7,5 °C (45 °F) y los 10 °C (50 °F). El almacenamiento a 5 °C (41 °F) puede ser tolerado por una semana, ya que períodos más prolongados causarán daño por frío.

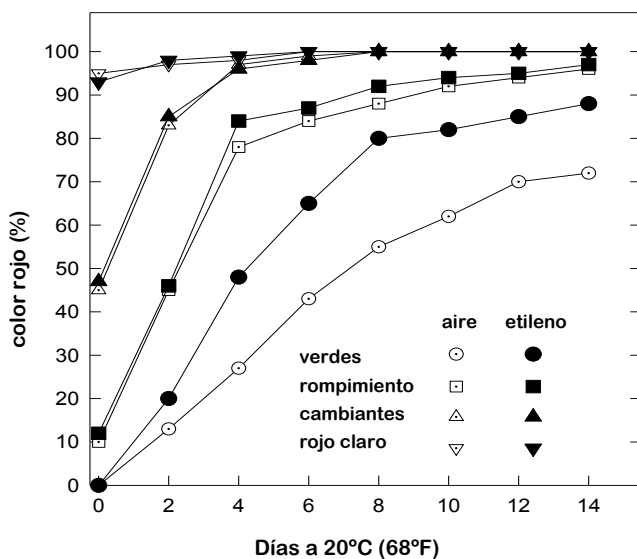
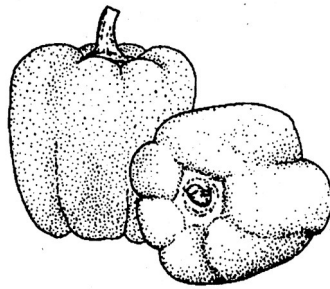


Figura 1. El tratamiento de etileno (100 ppm) apenas afecta al color de los pimientos dulces cosechados a distintos estados de madurez. Los verde-maduros nunca alcanzarán la coloración completa ya se les trate o no con etileno. (Cantwell, sin publicar).

Los síntomas de daño por frío incluyen el deterioro del pedúnculo (*Alternaria*), las picaduras y un incremento general del deterioro de la superficie.

Condiciones de maduración para los pimientos

Cuando se aplica etileno a los pimientos del mismo modo que se hace con el tomate, este gas no muestra influencia alguna en los pimientos cosechados en la etapa de rompimiento de color (10-30 % de color), en etapas intermedias (30-60 % de color), ni en etapas más avanzadas (> 60 % de color rojo) (Figura 1). Cuanto mayor sea el porcentaje de color en el momento de la cosecha, más rápidamente alcanzarán los pimientos su color pleno. Algunos investigadores han observado que el tratamiento con etileno aumenta el contenido de pigmento pero no afecta a su tasa de maduración, mientras que otros han constatado que el cambio de color ocurre con mayor rapidez tras un tratamiento con etileno, si bien el contenido final de pigmento es el mismo que en los pimientos sin tratar. Así, pues, existe cierta variabilidad en la respuesta de los pimientos dulces al etileno. En nuestro caso, no hemos podido demostrar el beneficio del tratamiento con etileno en las variedades de pimientos de California analizadas.

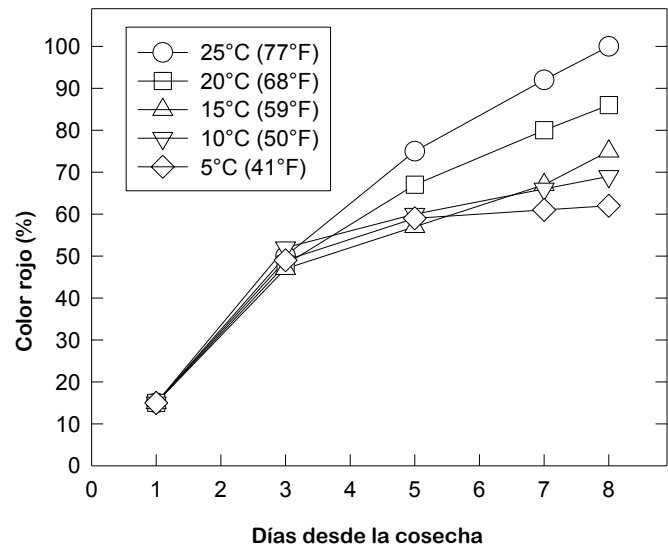


Figura 2. Cambios de color en pimientos dulces (promedio de dos variedades rojas y una variedad amarilla), cosechados en la etapa de rompimiento de color (de coloración) y almacenados a diferentes temperaturas con una humedad relativa de 90-95 %.

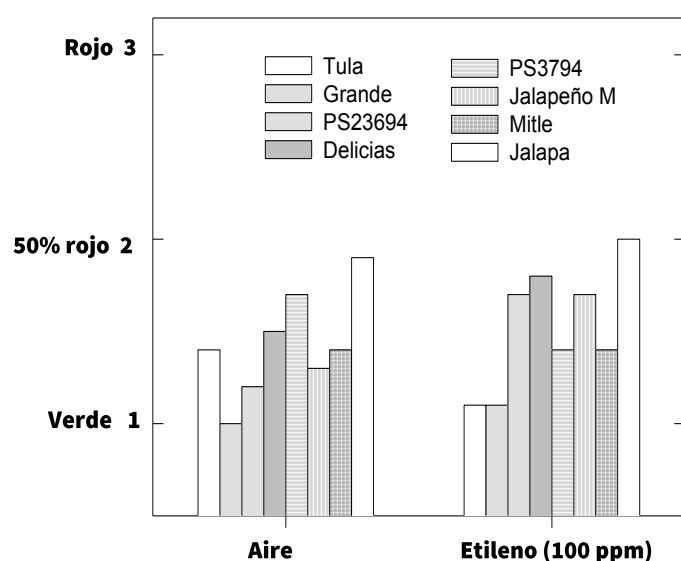


Figura 3. Cambios de color en pimientos picantes verde-maduros almacenados al aire libre o a una concentración de etileno de 100 ppm a 20 °C (68 °F) durante 14 días. (Cantwell, no publicado).

La temperatura es el factor más importante en el control del desarrollo, tanto del pigmento rojo como del resto de los pimientos. Una temperatura de 20-25 °C (68-77 °F) acompañada de alta humedad produce un cambio de color más rápido (Figura 2). Otros investigadores han observado que se alcanza un cambio óptimo de color a 30 °C (86 °F). La pérdida de agua se incrementa con la temperatura y para minimizarlas es

necesario envasar a los pimientos o mantenerlos en un entorno de alta humedad relativa para minimizar las pérdidas de agua. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de las condiciones iniciales para los pimientos de vivero. Dependiendo de la capacidad que se tenga para incrementar la humedad relativa del aire, la tasa de cambio de color de pimientos con un 30-50 % de color puede ser controlada manipulando la temperatura entre 15–25 °C (59-77 °F). Habitualmente, los pimientos de colores se recogen cuando adquieren cerca del 80 % de su color y si se los mantiene durante unos días más bajo las mismas condiciones de maduración seguirán adquiriendo color ya que continúan sintetizando pigmentos rápidamente. Una vez que hayan alcanzado su color pleno, para minimizar la pérdida de agua los pimientos pueden ser almacenados entre 5 y 7,5 °C (41-45,5 °F). Los pimientos que ya tienen color pleno son menos sensibles al daño por frío que los que están en estado verde-maduro. A fin de evitar que cambien de color, los pimientos verde-maduros requieren una temperatura inferior a 10 °C (50 °F). Si se quiere evitar los cambios de color y minimizar la pérdida de agua se recomienda su almacenamiento a 7,5 °C (45 °F).

Maduración de pimientos picantes

Se dice que los pimientos picantes se comportan como frutos climatéricos, aunque haya variaciones considerables entre los diversos tipos. En aquellos que responden al etileno puede ser adecuado utilizar las mismas condiciones que se usan en la maduración de tomates para que cambien de color. En el caso de al-

Tabla 1. El manejo inicial que se dé a los pimientos dulces tras su cosecha afectará a la pérdida de peso y al cambio de color, si se trata de pimientos verdes de invernadero. Se mantuvo a una variedades roja y otra amarilla bajo condiciones diferentes durante 8 horas. En el momento de la cosecha los pimientos había adquirido el 50 % de su color.

Condiciones	Pérdida de peso (%)	Color (%)
En vivero a 25 °C y HR 90 %		
En caja de plástico	3,4	78
En bolsa de plástico dentro de la caja	0,3	73
En planta envasadora a 21 °C y HR 55 %		
En caja de plástico	2,8	59
En bolsa de plástico dentro de la caja	0,2	58
En cuarto frío a 7 °C y HR 85 %		
En caja de plástico	0,5	53
En bolsa de plástico dentro de la caja	0,2	52

gunas variedades de pimiento jalapeño cosechadas en la etapa verde-maduro, la aplicación de etileno apenas afecta al desarrollo del color durante su almacenamiento (Figura 3), mientras que otros tipos de pimientos picantes pueden responder a un tratamiento con etileno durante la poscosecha. Al igual que ocurre con otros pimientos, cuanto mayor sea la temperatura durante la maduración, más alta será la tasa de pérdida de agua.

Referencias

Díaz-Pérez, C., D. Muy-Rangel and G. Mascorro. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). J. Sci. Food Agric. 87: 68-73.

Fox, A.J., D. D. Pozo-Insfran, J.H. Lee, S.A. Sargent and S.T. Talcott. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. HortScience 40: 732-736.

Gross, K.C., A.E. Watada, M. S. Kang, S.D. Kim, K.S. Kim, and S.W. Lee. 1986. Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit. Physiol. Plant 66: 31-36.

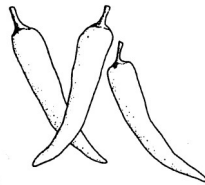
Krajayklang, M., A. Klieber, and P.R. Dry. 2000. Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. Postharvest Biology and Technology 20: 269-278.

Lin, W.C., J.W. Hall and M.E. Saltveit. 1993. Fruit ripening affects chilling injury of greenhouse-grown peppers. Acta Hort. 343: 225-229.

Lurie, S., B. Shapiro and S. Ben-Yeoshua. 1986. Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 880-885.

Villavicencio, L., S.M. Blankenship, D.C. Sanders, W.H. Swallow. 1999. Ethylene and carbon dioxide production in detached fruit of selected pepper cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(4): 402-406.

Villavicencio, L.E., S.M. blankenship, D.C. Sanders, W.H. Swallow. 2001. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. Scientia Hort. 91: 17-24.



Pimientos - Etapas de madurez y maduración

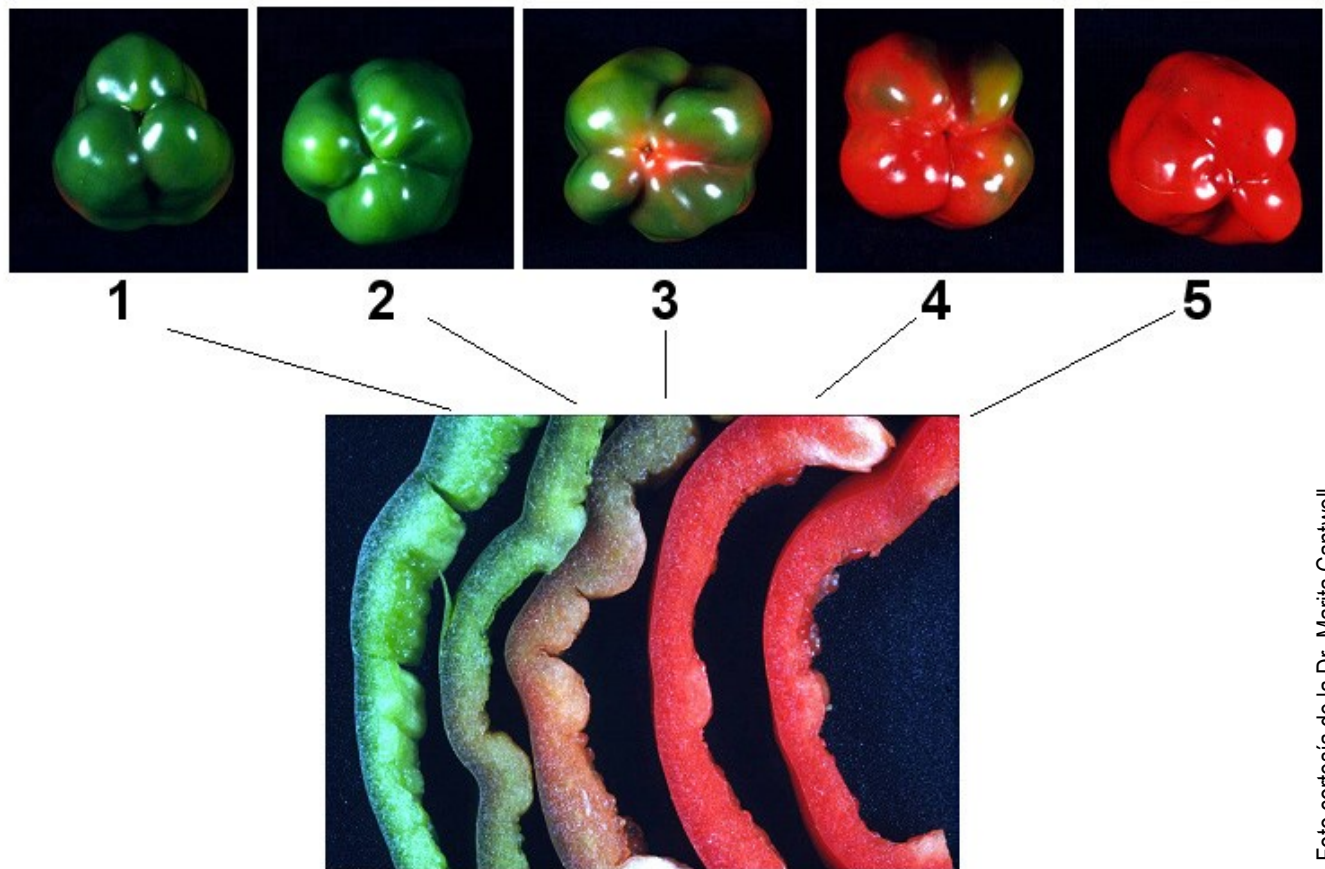


Figura 4. Etapas de maduración de pimientos dulces.

Foto cortesía de la Dr. Marita Cantwell

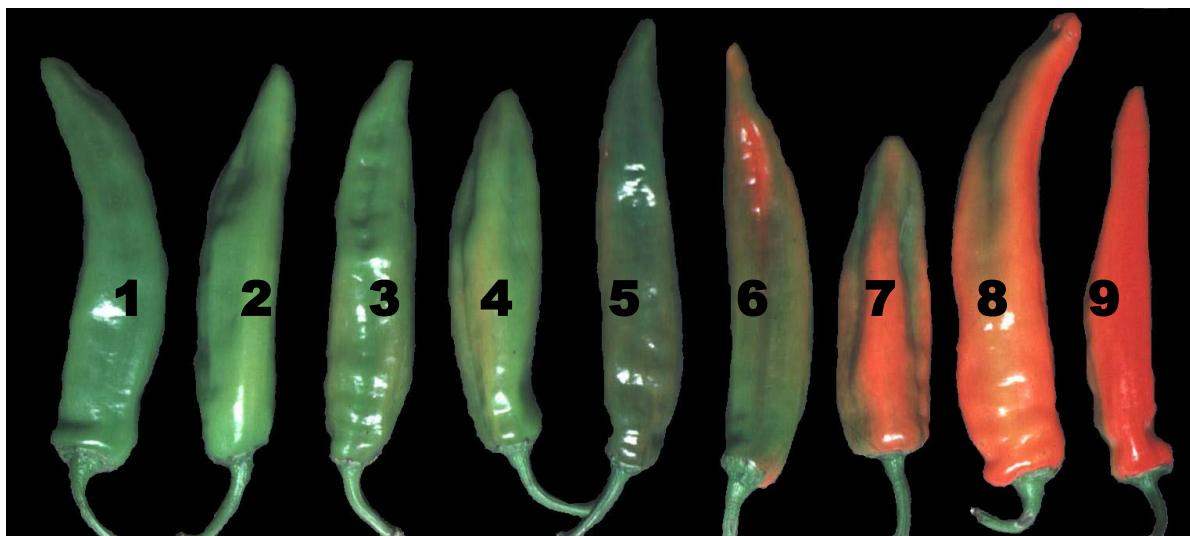


Figura 5. Etapas de maduración de pimientos picantes.

Foto cortesía del Dr. Adel Kacer

Procedimientos óptimos de maduración para frutas de hueso

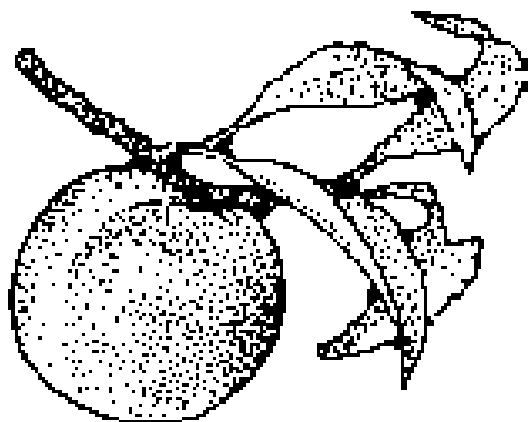
por Carlos H. Crisosto

En este artículo se abordará la maduración de duraznos, nectarinas y ciruelas en diversos puntos de su manejo poscosecha: punto de embarque, centros de distribución, tiendas minoristas, operaciones de servicios de alimentación y hogar. En California los duraznos, las nectarinas y las ciruelas se cosechan habitualmente una vez iniciado el proceso de maduración (etapa de madurez elevada), cuando la fruta produce por sí misma el suficiente etileno como para llevar a cabo la maduración al llegar al almacén o al hogar de los consumidores. La fruta de hueso que se cosecha en la “etapa de madurez de California”, no requiere ningún tratamiento con etileno para madurar adecuadamente ni para garantizar al consumidor una calidad uniforme. Excepciones a esto son los cultivos de ciruelas que maduran muy lentamente y carecen de la capacidad de producir su propio etileno. Cuando se recoge fruta con poca madurez, la aplicación de etileno durante el proceso de maduración a 20 °C (68 °F) reduce únicamente la variabilidad de la firmeza dentro de la muestra sin acelerar su maduración y cuando finalmente madure poseerá una calidad de consumo inferior.

La tasa de maduración de la fruta varía entre los distintos cultivares de duraznos, nectarinas y ciruelas, y es dependiente de la temperatura. A temperaturas de entre 20 y 25 °C (68-77 °F) se consiguen tasas de maduración más rápidas, mientras a temperaturas más bajas las tasas de maduración son más lentas (Tablas 1 y 2). Por encima de 25 °C (77 °F) las ciruelas normalmente se ablandan, mientras una temperatura de la pulpa superior a 30 °C (88 °F) reduce la tasa de maduración, induce

Tabla 1. Tasas de maduración de duraznos, ciruelas y nectarinas a 10, 20 y 25 °C (50, 68 y 77 °F). Medidas efectuadas con un penetrómetro UC (punta de 7,9 mm).

Cultivar	Tasa de ablandamiento (lb/día)		
	10 °C (50 °F)	20 °C (68 °F)	25 °C (77 °F)
DURAZNOS			
Spring lady	0,5	2,1	2,5
Flavorcrest	1,0	2,3	3,4
Rich Lady	1,0	2,2	2,9
Elegant Lady	1,3	2,6	3,3
Zee Lady	1,3	2,5	3,1
Summer Lady	1,1	2,5	2,9
O'Henry	1,0	2,2	2,9
Ryan Sun	1,7	2,5	3,3
Promedio	1,1	2,4	3,0
NECTARINAS			
Mayglo	0,7	2,3	3,0
Rose Diamond	0,8	1,7	2,8
Red Diamond	0,6	1,6	1,9
Spring Bright	1,2	2,4	2,8
Summer Bright	0,7	2,2	2,8
Summer Grand	1,3	2,0	3,2
Summer Fire	0,7	1,8	2,1
August Red	0,3	2,1	2,3
September Red	0,6	1,8	1,9
Promedio	0,8	2,0	2,5
CIRUELAS			
Black Beauty	0,6	0,6	0,9
Santa Rosa	0,3	0,6	0,8
Blackamber	<0,2	0,6	0,7
Fortune	0,4	0,9	1,3
Friar	0,3	0,6	1,3
Simka	0,8	1,2	1,7
Royal Diamond	0,3	0,5	1,1
Casselman	0,2	0,5	0,6
Angeleno	0,2	0,4	0,5
Promedio	0,4	0,7	1,0
ALBARICOQUES			
Patterson	0,2	1,5	1,6



sabores raros y una maduración irregular. Las nectarinas de pulpa blanca tienen una tasa de ablandamiento alta (Tabla 2) y por ello su maduración debe ser observada muy de cerca.

Tabla 2. Tasas de maduración de duraznos y nectarinas de pulpa blanca a 20 °C (68 °F). Medidas efectuadas en el cachete y la sutura de la fruta con un penetrómetro UC (punta de 7,9 mm).

Cultivar	Tasa de ablandamiento (lb/día)	
	Cachete	Sutura
DURAZNOS		
September Snow	3,2	3,3
Snow King	4,2	3,7
Promedio	3,7	3,5
NECTARINAS		
Arctic Pride	4,0	4,1
Arctic Snow	4,1	4,6
Promedio	3,8	4,0

La firmeza de la pulpa es el mejor indicador del grado de maduración y predice su duración potencial en almacenamiento. En general, la fruta que alcanza una firmeza de 6 u 8 lb se considera “lista para venta” y aquella cuya pulpa tiene una firmeza de 2-3 lb se considera madura (“lista para su consumo”). De este modo, el final de la maduración se encuentra determinado por la firmeza de la fruta. Como las frutas se ablandan durante el tratamiento de maduración, se vuelven también más susceptibles a los golpes y al daño por vibración durante su distribución. De este modo, se han desarrollado ‘umbrales críticos de daño físico’ (en inglés, CBT), basados en la firmeza de la pulpa de la fruta y la posible fuerza de los golpes que pueden sufrir durante la manipulación poscosecha, para los cultivares más populares de California. Estos valores CBT predicen el daño físico que puede tolerar la fruta durante las operaciones en la planta de empaque a distintos niveles de firmeza de la pulpa. Así, por lo general, los duraznos de pulpa amarilla deben ser cosechados y empaquetados con una firmeza de pulpa mayor de 8 lb (35,6 N), medida en el punto más blando. Dado que los duraznos pueden ablandarse por debajo de 8 lb durante un tratamiento de maduración

Tabla 3. Aumento (↑) o disminución (↓) de la duración comercial de duraznos preacondicionados a 20 °C (68 °F), cuando se los compara con fruta no tratada (sin retraso en el enfriamiento), conforme al desarrollo del daño por frío durante su almacenamiento a 0 y 5 °C (32 y 41 °F).

Cultivar / Tratamiento de enfriamiento retardado	Cambio en la vida comercial máxima a 0 °C (32 °F) (semanas)	Cambio en la vida comercial mínima a 5 °C (41 °F) (semanas)
Flavorcrest (1999)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0	0 ¹
48 h a 20 °C (68 °F)	0	↑ 1 ⁺
Elegant Lady (1999)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0	0
48 h a 20 °C (68 °F)	0	↑ 1 ⁺
Summer Lady (2000)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0 ¹	↑ 2 ^{1,2}
48 h a 20 °C (68 °F)	↑ 1 ⁺	↑ 2 ^{1,2}
O’Henry (1999)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0 ¹	0 ¹
48 h a 20 °C (68 °F)	↑ 1 ⁺	↑ 1 ⁺
Zee Lady (2000)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0	↑ 1 ⁺
48 h a 20 °C (68 °F)	0	↑ 1 ⁺
Ryan Sun (2000)		
24 h a 20 °C (68 °F)	0 ¹	↑ 1 ^{1,2}
48 h a 20 °C (68 °F)	↑ 2 ⁺	↑ 2 ²

¹ Final de la vida comercial basado en el daño por frío y determinado cuando el ≥ 25% de la fruta se ha vuelto harinosa o correosa¹, o bien presenta pardeamiento de la piel². El superíndice indica una condición limitante.

controlada, deben ser colocados de antemano en bandejas para protegerlos del daño físico que puedan su-



frir durante el embalaje. Cuando la firmeza de la pulpa, medida en el punto más blando, es inferior a 5 lb, los duraznos se tornan más susceptibles a sufrir daños durante el transporte (Crisosto, datos sin publicar). Además de aumentar la susceptibilidad de los duraznos a las magulladuras, el tratamiento de maduración puede igualmente incrementar el arrugamiento y deterioro de la fruta. Por esta razón, antes de iniciar cualquier tratamiento de maduración debe aplicarse una mezcla de fungicida aprobada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y luego cera durante el proceso de embalaje.

Maduración en el punto de embarque: Preacondicionamiento

La retardación controlada del enfriamiento, también llamada “preacondicionamiento”, después de ser embalada la fruta a una firmeza específica se utiliza comercialmente. Esta retardación comercial controlada del enfriamiento fue desarrollada para extender la vida comercial de los cultivares de duraznos y nectarinas

más populares de California. El tratamiento más efectivo para extender la vida comercial sin causar descomposición interna ni deterioro (harinosidad y pardeamiento de la piel) de duraznos y nectarinas susceptibles al daño por frío, es retrasar de forma controlada su enfriamiento entre 24 y 48 horas a 20 °C (68 °F). Este tratamiento aumenta la vida comercial mínima hasta 2 semanas en los cultivares en los que se ha probado (Tabla 3). Se recomienda monitorear detalladamente los cambios que se producen en la calidad de la fruta durante el período de retardación controlada del enfriamiento y utilizar fungicidas para tener éxito con este sistema. Ese esencial enfriar rápidamente la fruta después del preacondicionamiento para detener el deterioro adicional, es decir, el ablandamiento de la pulpa, la senescencia, la descomposición y la pérdida de peso. La retardación controlada del enfriamiento puede usarse para llevar a cabo la maduración previa de los duraznos, las nectarinas y las ciruelas susceptibles y no susceptibles al daño por frío, con el fin de proporcionar a los consumidores un producto “listo para su consumo”. En algunos casos, se puede realizar una maduración más prolongada en función de la firmeza



Tabla 3. Fungicidas poscosecha para frutas de hueso.

Fungicida poscosecha		Residuos en fruta de hueso para el mercado doméstico e internacional (ppm)	
Nombres químicos	Nombres comerciales	Residuo de uso*	Tolerancia (LMR)
Fludioxonil	Scholar	0,5-1	5
Fenhexamid	Judge**	1-3	10
Propiconazole	Mentor***	0,5-1	2***

*Según el método de aplicación. La mejora del recubrimiento (sistemas de alto volumen) permite menos residuos.

** Anteriormente denominado Elevate (nombre de precosecha).

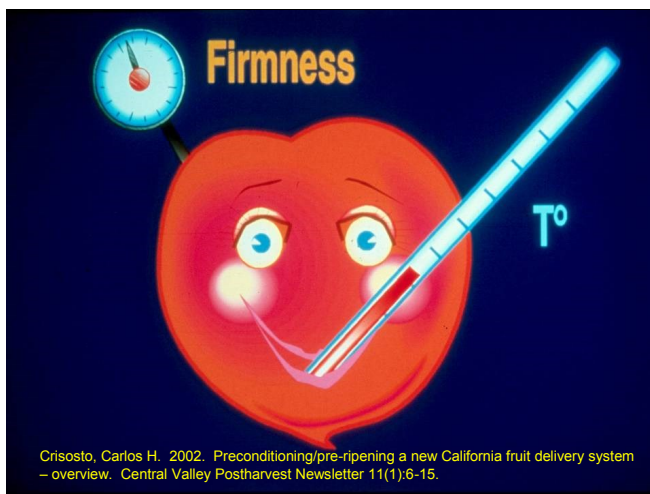
***Mentor 45WP fue registrado por vía de urgencia (Sección 18) para las temporadas de 2006-2008 (pendiente para 2009), y está incluido en el programa IR-4 para su registro completo en la Sección 3. El CODEX internacional LMR es 1 ppm.

Fuente J.A. Adaskaveg, 2009.

y los requerimientos del comprador. Después de un tratamiento de maduración parcial, la fruta debe enfriarse lo más rápidamente posible por debajo de 2,2 °C (36 °F). Este protocolo permite la entrega a todo el país de fruta “lista para su venta”, sin síntomas de daño debidos al frío.

Requisitos básicos del programa de preacondicionamiento

Se han de cumplir algunos requisitos básicos para la ejecución con éxito de este programa y la reducción de las pérdidas de la fruta preacondicionada o premadura durante el manejo poscosecha. Un programa de preacondicionamiento y premaduración de confianza debe disponer de una infraestructura mínima, como son un cuarto de maduración y la capacidad de utilizar aire forzado. Componentes claves de este programa son también un personal debidamente entrenado en



control de calidad y un “madurador”.

Optimice la aplicación de fungicida. Para evitar la incidencia del deterioro, asegúrese de llevar a cabo muy bien todas las prácticas sanitarias. La aplicación de fungicida y cera sobre la fruta debe hacerse de manera uniforme, en especial dentro de la cavidad del pedúnculo, verificando con frecuencia los residuos de fungicida poscosecha. El tipo y residuo del fungicida poscosecha debe variarse de acuerdo con los mercados de exportación (ver más adelante). La mejor opción es exponer la fruta al tratamiento de preacondicionamiento después de la aplicación de la mezcla fungicida/cera para protegerla del deterioro y la pérdida de agua. En algunos casos, por ejemplo, cuando se hace uso de una línea de embalaje, antes de embalar la fruta se puede realizar un breve tratamiento de preacondicionamiento/premaduración de 48 horas. Debido al riesgo de ablandamiento y deterioro de la fruta, lo mejor es que este período de preacondicionamiento

“previo” sea lo más corto posible y es necesario monitorear cuidadosamente tanto la temperatura como la firmeza de la fruta.

Frene el ablandamiento de la fruta después del proceso de preacondicionamiento/premaduración. La evaluación de la temperatura y firmeza de la fruta debe hacerse inmediatamente después de que la fruta acondicionada se enfríe con aire forzado a un intervalo de 0-2 °C (32-35 °F). Es esencial mantener la temperatura de la fruta baja, a 0 °C (32 °F), para evitar el ablandamiento y extender la vida comercial de la fruta preacondicionada. En este punto la fruta ya no es tan susceptible a la descomposición interna causada por exposición a temperaturas de la “zona de muerte”. Por tanto, las temperaturas típicas de la cadena de manejo poscosecha tales como las de transporte, almacenamiento, ventas y manipulación por el consumidor, no causarán descomposición interna. La aplicación controlada de este tratamiento de preacondicionamiento/premaduración debe garantizar una calidad comestible superior, así como una mayor adaptabilidad a las condiciones de manejo poscosecha.

Controle la temperatura de la fruta y del cuarto, así como la evolución de su firmeza durante el proceso de preacondicionamiento/premaduración. Durante el proceso de maduración, un miembro del equipo de control de calidad debe medir la temperatura y la firmeza de la fruta. Las lecturas deben examinarse con el “madurador”, para determinar el punto final del proceso en cada lote.

Monitoree y determine el final del proceso de preacondicionamiento/premaduración. El final del tratamiento de preacondicionamiento/premaduración para la mayoría de cultivares de durazno debe ser por lo menos 48 horas después de cosechados a 20 °C (68 °F), o cuando el punto más blando de la fruta alcance una firmeza de 6-8 lb. Algunos cultivares, por ejemplo, quedarán protegidos contra la descomposición interna después de ser expuestos a una temperatura de 20 °C (68 °F) durante 48 horas. Una vez alcanzado este tiempo, la firmeza de la fruta en el punto más blando puede seguir siendo 8-10 lb. En ese caso, se puede prolongar la exposición a 20 °C (68 °F) a fin de preparar la fruta para su consumo inmediato (maduración). El período de premaduración puede prolongarse más que el tiempo de preacondicionamiento, teniendo en cuenta los requisitos de firmeza del comprador. El nivel de firmeza final máximo de premaduración para el mercado doméstico es de aproximadamente 6-8 lb para los duraznos, de alrededor de 8 lb para las nectarinas y de 4 lb para ciruelas, medidos todos en la punto más blan-

do de la fruta. Verifique y coordínesse con el proceso de manejo que vaya a ejecutar su comprador. El punto final de maduración se encuentra determinado por la susceptibilidad de la fruta a las magulladuras durante el transporte y su manipulación en los exhibidores de venta. Se debe medir la firmeza de la fruta cuando esta tiene una temperatura moderada [13-25 °C (55-77 °F)], utilizando una punta de 8 mm (5/16 de pulgada). Todas las mediciones de la firmeza de la fruta ayudarán a controlar el tratamiento de preacondicionamiento y garantizar las necesidades del cliente. De este modo, la fruta debe estar lo suficientemente firme como para poder tolerar el daño físico durante el transporte y la manipulación en tienda, pero lo suficientemente blanda como para satisfacer los requisitos del comprador.

Instrucciones de manipulación para la venta al por menor de la fruta preacondicionada.

La fruta preacondicionada debe ser transportada a una temperatura de 0-2 °C (32-35 °F) e, idealmente, almacenada en el punto de venta a esa misma temperatura antes de pasarla a un mostrador seco. La temperatura del mostrador dependerá de la firmeza de la fruta a su llegada y de la rapidez de salida. Para su protección, la fruta preacondicionada no debe apilarse en el mostrador formando más de dos capas. Asimismo, es muy importante que tanto los encargados de productos frescos como los consumidores sepan que se trata de “fruta preacondicionada/premadurada de California”.

Maduración en el punto de venta

La firmeza de la fruta que llega al almacén o al minorista debe ser examinada utilizando un penetrómetro estándar de fruta. Se debe establecer un protocolo para calentar moderadamente la fruta de acuerdo con el programa de consumo previsto (programa de salida de la fruta). La fruta blanda es más susceptible a sufrir magulladuras que la fruta dura. Para reducir el potencial de daño físico durante el transporte desde el almacén a las tiendas minoristas y la manipulación en la tiendas, sugerimos que la fruta sea trasladada a la tienda minorista antes de que alcance una firmeza de 6-8 lb, en el caso de los duraznos y las nectarinas, y de 4-6 lb para las ciruelas (punto de transferencia/embarque). El establecimiento de puntos donde se debe realizar la transferencia o embarque es fruto de nuestra experiencia con respecto al daño que sufre la fruta durante la manipulación en las tiendas minoristas. Como la incidencia de magulladuras varía entre los distintos cultivares y operaciones minoristas, usted debe llevar a cabo los ajustes que sean necesarios de acuerdo con las condiciones en cada punto de la cadena de transferencia.

Las condiciones de temperatura para la fruta de hueso durante y después de la maduración deben ajustarse

con acuerdo a la velocidad de maduración deseada. La tasa de ablandamiento de la fruta (cantidad de días necesarios para alcanzar una firmeza de 2-3 lb) varía entre los cultivares de durazno, nectarina y ciruelas, y puede ser controlada modificando la temperatura de almacenamiento. De este modo, los duraznos O’Henry, que habitualmente se cosechan maduros, son embarcados y distribuidos con una firmeza de pulpa de 10-14 lb. Si esos duraznos O’Henry llegasen al centro de distribución con una firmeza promedio de 12 lb y fueran colocados en un cuarto a 20 °C (68 °F), alcanzarían una firmeza de 2-3 lb y en 6 días estarían listos para su consumo. Para reducir las magulladuras, recomendamos que la fruta de hueso sea entregada a la tienda minorista antes de que se ablande por debajo de una firmeza de 5-6 lb. Por tanto, el durazno O’Henry debe ser entregado a la tienda minorista al tercer día después de su llegada. Estos duraznos estarán “listos para su consumo” (2 lb), 48 horas después de la llegada a la tienda minorista. Como la fruta de hueso continúa madurando en el mostrador de exhibición, se debe revisar con frecuencia y colocar al frente del exhibidor la fruta más blanda. Para controlar la tasa de maduración se recomienda verificar la firmeza de la fruta diariamente. Para disminuir la velocidad de maduración, la fruta de hueso debe mantenerse a baja temperatura.

Referencias

- Crisosto, C.H. 1997. Stone fruit ripening protocol for receivers. 97/101, slide set with cassette tape.(65 slides). K V98-C Video Copy 19 minutes. Division of Agriculture and Natural Resources. 1-800-994-8849
- Crisosto, C., K. Sheaffer, J. Boyd, D. Garner, J. Labavitch, and K. Shackel. 1998. Improving the ripening protocol for warehouses and retail stores. Delayed cooling. 1998 Research Report, California Peaches, Plums, and Nectarines. California Tree Fruit Agreement, pp. 30-46.
- Crisosto, Carlos H., David Garner, Harry L. Andris, and Kevin R. Day. 2004. Controlled delayed cooling extends peach market life. HortTechnology 14(1): 99-104.
- Crisosto, Carlos H., David Slaughter, David Garner, and Joan Boyd. 2001. Stone fruit critical bruising thresholds. Journal American Pomological Society 55 (2): 76-81.
- Valero, C., C.H. Crisosto, D. Slaughter. 2006. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. Postharvest Biology and Technology 44: 248-253.

Procedimientos óptimos para la maduración de tomates

por Marita Cantwell

Calidad del tomate

Los criterios más importantes en lo referente a la calidad del tomate son un buen color rojo, una textura firme y jugosa, y un buen sabor. El sabor depende principalmente de la cantidad de azúcares, ácidos y compuestos aromáticos volátiles que contenga y los diferentes tipos de tomates varían mucho en el contenido de dichos constituyentes (Tabla 1). Los tomates con alto contenido de azúcares y un contenido relativamente alto de ácidos son los que tienen mejor sabor, mientras que los que presentan un bajo contenido de azúcares y ácidos carecen de sabor. El desarrollo de “gelatina” en los lóculos de la fruta es también importante para el buen sabor del tomate porque el tejido locular contiene concentraciones relativamente altas de azúcares y ácidos.

Etapas de madurez y maduración

Los tomates pueden ser cosechados en diversas etapas de su madurez de cosecha y consumo (Tabla 2). Los tomates que se cosechan sin asomo de color rojo en el exterior se denominan tomates verde-maduros, mientras que los que se cosechan en la etapa de rompimiento de color u otras más avanzadas, se denominan “tomates madurados en la vid”. Como los tomates madurados en la vid pueden ser menos firmes que los verde-maduros, se debe poner especial cuidado durante su manipulación a fin de reducir los daños por golpes, compresión y demás daños físicos. La Tabla 3 describe los cambios típicos de color de tomates redondos que tienen lugar en las diferentes etapas de maduración. Los cultivares de tomates redondos para producción de campo pueden ser cosechados en la etapa verde-maduro y madurar luego como tomates de buena calidad. Sin embargo, si la fruta se cosecha sin estar suficientemente desarrollada internamente y luego se manipula indebidamente, al final cuando madure tendrá una mala calidad. Cosechar tomates pequeños en las etapas tempranas de desarrollo del color reduce significativamente el contenido de azúcares y sólidos solubles de la fruta madura (Tabla 4).

Importancia de la temperatura en la maduración de tomates de vid

En el caso de tomates con color externo (madurados en la vid), se puede controlar la tasa de maduración manipulando la temperatura (Tabla 5). La fruta que posee color en el exterior se encuentra generando el

suficiente etileno como para completar el proceso de maduración por sí misma. Las temperaturas demasiado altas o demasiado bajas afectan gravemente a la calidad del tomate. Así, por ejemplo, la maduración

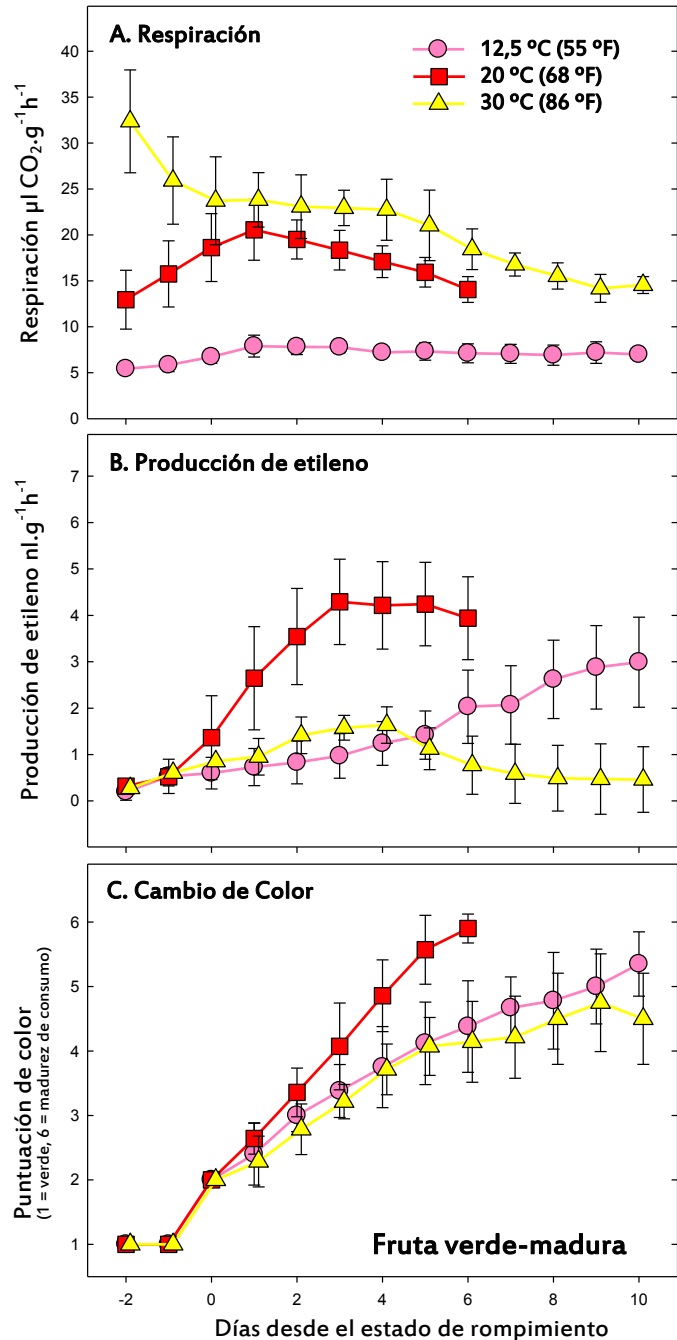


Figura 1. Efecto de la temperatura sobre la fisiología de la maduración de tomates redondos convencionales (cv. Mt. Fresh) (Cantwell, sin publicar).

de tomates a temperaturas de entre 15 y 20 °C (59-68 °F) resulta en una fruta de calidad superior, pero si la maduración se realiza a temperaturas por encima de 25 °C (77 °F), se obtienen tomates blandos y con mal color porque las temperaturas altas inhiben la producción de etileno, necesario a su vez para crear licopeno (Figura 1).

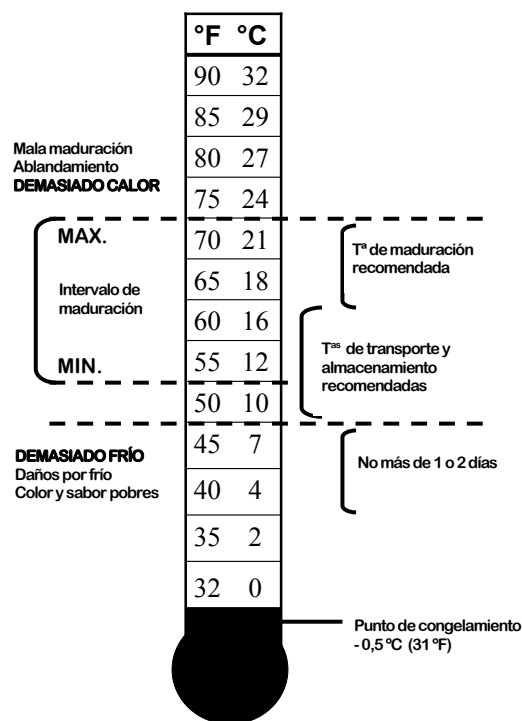


Figura 2. Los tomates son sensibles al daño por frío y no deben almacenarse a menos de 10 °C (50 °F).

Los tomates almacenados en la etapa de rompimiento de color y madurados a temperaturas de entre 15 y 20 °C (59-68 °F), poseen una duración en almacenamiento más prolongada, mejor calidad visual general, mayor firmeza, pierden menos peso, tienen un color más rojo y sufren un menor deterioro que los tomates madurados a temperaturas más altas. Una vez que los tomates alcanzan la etapa de color rojo pueden permanecer otra semana más en almacenamiento (con pocos cambios en la firmeza o sabor), si se mantienen a 15-20 °C (59-68 °F) y no sufren daños físicos.

Desafortunadamente, los tomates con frecuencia se almacenan a temperaturas más bajas de las recomendadas y luego se maduran a temperaturas por encima de las óptimas (Figura 2), lo que resulta en un fruto deficiente en color y sabor.

Los tomates son sensibles al daño por frío y no deben almacenarse a menos de 10 °C (50 °F) (Figura 2). Los

síntomas de daño por frío son la disminución del sabor, una maduración desigual, el ablandamiento y la harinosidad cuando se transfieren a temperaturas más altas para su maduración. Si se almacenan tomates a baja temperatura por un tiempo, su deterioro aumenta. La pudrición negra de la *Alternaria* en el área del pedúnculo y los hombros de la fruta es un síntoma típico

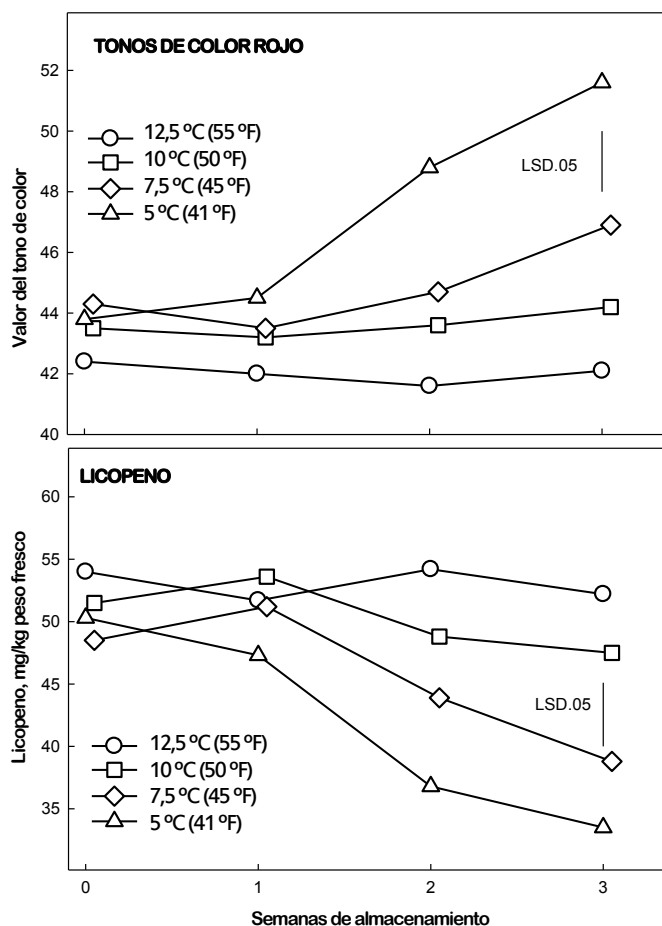


Figura 3. Valores tonales de rojo y concentraciones de licopeno en tomates almacenados a 4 temperaturas diferentes y madurados luego a 20 °C (68 °F). La fruta se encontraba en la etapa de color 3, es decir, a un 30 % de su color cuando se la almacenó. Cuanto más bajo sea el valor del tono de color, más roja será la fruta (Ara y Cantwell, sin publicar).

de daño por frío severo. Cuando la fruta se almacena a una temperatura inferior a los 10 °C (50 °F) recomendados, los compuestos volátiles que le dan al tomate su aroma y sabor característicos se reducen sustancialmente. Esto sucede mucho antes que cualquiera de los síntomas de daño por frío, así, por ejemplo, 4 días a 5 °C (41 °F) causan una reducción significativa en la calidad gustativa, pero se necesitan cerca de 6 a 8 días a 5 °C (41 °F) para causar deterioro. La Figura 3 ilustra el impacto de temperaturas de almacenamiento inferiores a las recomendadas sobre el color rojo final

y el contenido de licopeno de tomates redondos. El almacenamiento de tomates a una temperatura de 5 °C (41 °F) durante una semana hace disminuir su capacidad para desarrollar un color rojo pleno una vez transferidos a 20 °C (68 °F) para completar su maduración. El almacenamiento a 7,5 °C (45 °F) durante dos semanas tuvo un efecto similar. La mejor opción para garantizar el desarrollo del color rojo pleno es almacenar la fruta a temperaturas no inferiores a 10 °C (50 °F).

Maduración de fruta verde-madura

Los tomates que presentan color externo no se benefician del tratamiento con etileno. Las frutas con color externo (etapa 3) producen su propio etileno y este es suficiente para completar el proceso de maduración. Las frutas verde-maduras también producen bajas cantidades de etileno y al final consiguen madurar; sin embargo, es normal que se trate al tomate verde-maduro con etileno para acelerar el proceso de maduración. Su respuesta es mejor si se lo trata con etileno poco después de la cosecha en vez de después de su almacenamiento. Generalmente se recomienda utilizar una concentración de etileno de 100 ppm a 18-20 °C (64-68 °F) y una humedad relativa alta (> 90 %). Para garantizar la maduración uniforme es importante que exista el suficiente flujo de aire (entre 0,1 y 0,2 pies cúbicos por minuto y libra), como para mantener un perfil de temperatura uniforme a través del cuarto. También se requiere una ventilación que garantice niveles bajos de CO₂ (< 2 %) o, de lo contrario, se frenará el proceso de maduración.

Los tomates deben responder en 3-3,5 días al tratamiento con etileno y alcanzar la etapa de maduración de rompimiento-cambiante. Los tomates que no muestran un cambio de color externo en ese momento son tomates que se cosecharon inmaduros y deben ser descartados. Una vez que el etileno inicia la maduración y el color externo comienza a cambiar, la tasa de maduración puede ser manipulada con los intervalos de temperatura que se muestran en la Tabla 4.

El escaso sabor de los tomates cosechados en estado verde-maduro y madurado puede deberse a:

- Ser una fruta cosechada inmadura en vez de ser una fruta verde-madura bien desarrollada
- Retrasos prolongados entre la cosecha y la maduración final
- Almacenamiento a temperaturas más bajas de las recomendadas y su maduración posterior
- Daño mecánico que puede causar sabores raros

Falta de color uniforme en una caja de tomate

La falta de coloración uniforme o “picado de embarque”, sigue siendo un problema de la fruta verde-

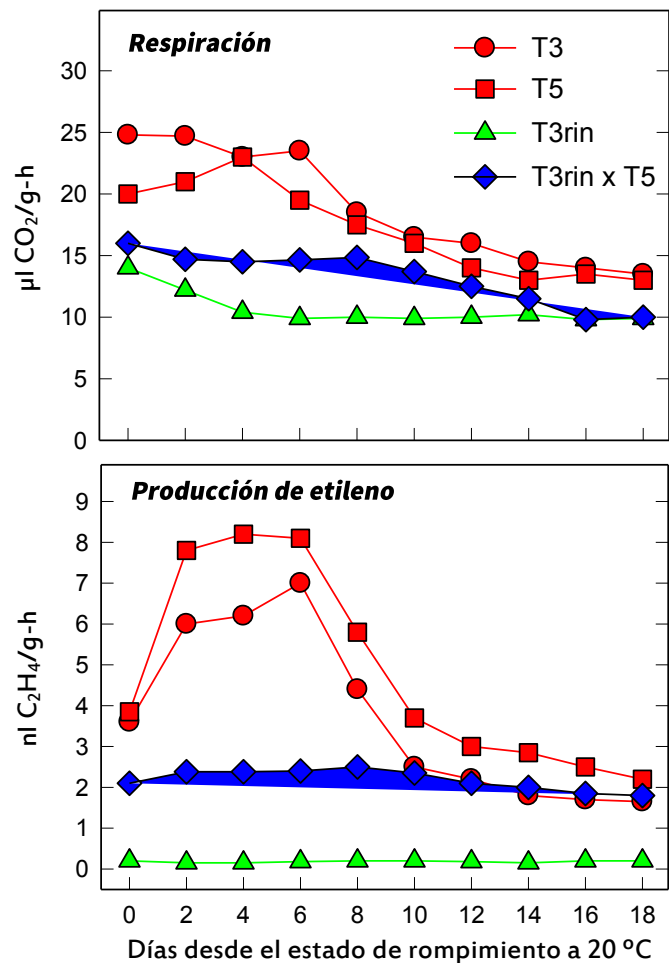


Figura 4. Tasas de respiración y producción de etileno en tomates de linajes de progenitor convencional (T3, T5), mutante (T3rin) e híbrido (T3rin x T5).

madura que es tratada con etileno y de un porcentaje alto de la fruta que ha de embarsarse de nuevo. Aunque este problema no debería ocurrir en los tomates de invernadero madurados en la vid, puede suceder si el personal embalador no posee el entrenamiento adecuado o no tienen el tiempo suficiente para distinguir entre tomates que muestran pequeñas diferencias de color externo. Esas pequeñas diferencias en el momento en que se emban los tomates causan una gran heterogeneidad durante el período de embarque y comercialización. Para garantizar una maduración uniforme en la caja y evitar que deban ser nuevamente embalados, con el costo adicional que ello puede suponer, la fruta de invernadero debería poseer ya entre un 20 y un 30 % del color externo.

Maduración de variedades de larga duración en almacenamiento

Hay muchas variedades y líneas experimentales de tomates llamados de “larga duración en almacenamiento” (en inglés, LSL) o variedades de “duración extendida en almacenamiento” (en inglés, ESL), que

contienen genes de maduración mutantes. La Figura 4 ilustra los efectos del mutante *rin* sobre la fisiología de la maduración del tomate. Si se cosechan estas variedades en un estado muy temprano de desarrollo del color, podrían no ser capaces de alcanzar su color rojo pleno. La síntesis de licopeno en los tomates se encuentra ligada a la capacidad de producción de etileno. En estos cultivares, cosechar los tomates con más color garantiza que puedan completar el desarrollo del color durante la poscosecha. La fisiología de la maduración de los cultivares de tomate llamados ‘convencionales’ y de ‘duración extendida en almacenamiento’ puede variar muchísimo (Tabla 6).

Maduración de tomate y 1-MCP (SmartFresh®)

El SmartFresh® o 1-MCP es un potente inhibidor de la acción del etileno sobre las frutas que puede usarse para controlar su maduración. En la Tabla 7 se describe el efecto del 1-MCP sobre la maduración del tomate. En el experimento se trataron tomates en cuatro etapas de color distintas (3,5; 4; 4,5 y 5; véase la tabla de color de maduración), con una concentración de 1-MCP de 0,5 ppm y se los mantuvo luego a 15, 20 y 25 °C (59, 68 y 77°F) hasta completar la maduración. El tratamiento con SmartFresh® extendió considerablemente el tiempo necesario para la maduración y su efecto fue mayor a temperaturas más bajas. La firmeza final de la fruta tratada con 1-MCP puede ser menor que la de la fruta de control, ya que la pérdida total en peso durante la maduración puede ser mayor al requerir un período de tiempo más largo. El color rojo final fue bueno en todas las clases, excepto para alguno de los tomates almacenados a 25 °C (77 °F) y, en especial, para aquellos de maduración temprana, en los que se inhibió el desarrollo del color rojo. En muchos de los ensayos se observó que la composición

de los tomates maduros es similar tanto en fruta tratada con 1-MCP como en la no tratada.

Referencia

Baldwin, E.A., K. Goodner, and A. Plotto. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. *J. Food Sci.* 73: S294-S307.

Cantwell, M.I. and R.F. Kasmire. 2002. Postharvest Handling Systems: Fruit Vegetables. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops* (A.A. Kader, ed.). University of California Pub.3311, pp. 407-421.

Cantwell, M., G. Hong and X. Nie. 2009. Impact of storage conditions on grape tomato quality. *Acta Horticulturae*, in press, 8pp. (<http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-1531.pdf>).

Collins, J.K. and P. Perkins-Veazie. 2006. Lycopene: from plants to humans. *HortScience* 41: 1135-1144.

Hobson, G. and D. Grierson. 1993. Tomato. In: G.Seymour, J. Taylor and G. Tucker (eds.), *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman & Hall, London. pp. 405-442.

Kader, A.A. 1984. Effect of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Hort.* 190: 221.

Mir, N., N. Canoles, R. Beaudry, E. Baldwin, C. Pal Mehla. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(1): 112-120.

Simmonne, A.H., B.K. Behe, M. M. Marshall. 2006. Consumers prefer low-priced and high-lycopene-content fresh-market tomatoes. *HortTechnology* 16: 675-681.

Tabla 1. Ejemplos de diferencias en la composición de distintos tipos de tomates maduros en los supermercados de Davis, California, en el mes de abril (Cantwell, sin publicar).

Tipo de tomate	Peso de la fruta (g)	Tono de color rojo	Sólidos solubles (%)	Azúcar mg/ml	Acidez titulable (%)	Vitamina C mg/100g	Licopeno mg/kg
<i>Campari</i>	53,1	44,2	6,3	31,4	0,58	40,5	63,0
<i>Cherry</i>	20,3	45,5	4,2	28,9	0,31	54,0	84,6
<i>Uva</i>	5,0	51,3	5,6	29,5	0,51	47,1	49,1
<i>Uva</i>	6,2	41,7	4,2	39,6	0,35	61,7	98,0
<i>Racimo - anaranjado</i>	111,5	71,5	4,6	26,1	0,33	29,2	4,2
<i>Racimo - redondo</i>	102,1	43,2	7,6	20,1	0,62	26,9	53,6
<i>Racimo - redondo</i>	119,8	44,6	3,8	15,3	0,44	26,0	44,8
<i>Invernadero- redondo</i>	231,2	45,9	4,5	22,5	0,36	30,4	28,0
<i>Invernadero- redondo</i>	179,4	47,7	4,7	25,0	0,44	20,4	42,5
<i>Roma</i>	94,8	42,1	4,3	24,0	0,27	22,8	46,4
<i>Roma</i>	84,5	45,2	6,2	20,2	0,67	24,3	44,4
<i>Romanita</i>	20,5	41,3	6,3	32,9	0,44	45,9	70,3
LSD.05	6,7	2,4	0,3	5,0	0,08	8,0	7,5

Tabla 2. Etapas de madurez y maduración de tomates comerciales frescos.

Etapas	Nº. USDA	Descripción
Inmaduro	--	Las semillas se cortan con un cuchillo afilado; no hay material gelatinoso en los lóculos; la fruta necesita más de 10 días para alcanzar la etapa de rompimiento
Verde-maduro		
Verde maduro 1	1	Semillas completamente desarrolladas que no pueden cortarse; material gelatinoso por lo menos en uno de los lóculos; la fruta está a 6-10 días de alcanzar la etapa de rompimiento
Verde maduro 2	1	Material gelatinoso bien desarrollado en los lóculos, pero la fruta está todavía completamente verde; la fruta está a 2-5 días de alcanzar la etapa de rompimiento; madurez mínima de cosecha
Verde maduro 3	1	Color rojo interno cerca del extremo correspondiente a la flor, pero no hay color rojo externo; la fruta está a 1-2 días de alcanzar la etapa de rompimiento
Rompimiento	2	Asomos de color rosa o amarillo externo cerca del extremo correspondiente a la flor
Cambiante	3	Entre un 10 % y un 50 % de la superficie interior muestra un cambio de color definido de verde a amarillo-crema, rosa o rojo o una combinación de estos
Rosa	4	Entre el 30 % y el 60 % de la superficie interna muestra un color rosa o rojo
Rojo Claro	5	Más del 60 % de la superficie interior muestra un color rosa-rojizo o rojo, pero menos del 90 % de la superficie tiene color rojo
Rojo	6	Más de 90 % de la superficie interior es de color rojo
Rojo Pleno	-	La fruta ha desarrollado el color rojo pleno definitivo

Tabla 3. Cambios típicos en los valores de color y concentración de licopeno durante la maduración convencional de fruta de tomate redondo.

Etapas de desarrollo	Etapas de maduración	L*	a*	b*	Croma	Tono	Licopeno mg/kg PF^a Fresco
Verde-maduro	1	62,7	-16,0	34,4	37,9	115,0	0,1
Rompimiento	2	55,8	-3,5	33,0	33,2	83,9	0,4
Rosa-naranja	4	49,6	16,6	30,9	35,0	61,8	8,6
Naranja-rojo	5	46,2	24,3	27,0	36,3	48,0	16,8
Rojo; madurez de mesa	6	41,9	26,4	23,1	35,1	41,3	30,7
Rojo oscuro; sobremaduro	6+	39,6	27,5	20,7	34,4	37,0	36,9

L* indica el tono del color (valor alto: claro; valor bajo: oscuro); a* denota cambios de verde a rojo. Los valores de croma y tono indican brillo y color respectivamente. A medida que el tomate madura y se vuelve más rojo, y el valor del tono disminuye. Un tomate con un valor tonal cercano a 40 indica color rojo pleno.

^a PF= peso fresco

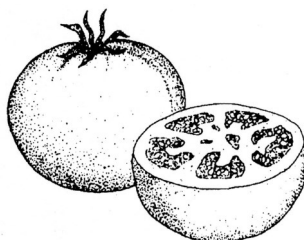


Tabla 4. Efecto del grado de madurez a la cosecha sobre la calidad y composición de tomates maduros tipo uva. Datos de 7 cultivares (Cantwell, 2003).

Etapas de color inicial	Peso de la fruta (g)	Tono de color rojo	Firmeza (N)	Sólidos solubles (%)	Azúcares (g/mL)	Acidez titulable (%)	Vitamina C (mg/100ml)
3	4,9	36,8	11,5	5,9	27	0,59	96
4	5,7	36,3	13,6	6,7	30	0,68	97
5	5,9	37,7	13,7	7,5	33	0,67	99
LSD.05	0,6	ns	1,5	0,8	3	0,08	ns

Tabla 5. Efecto de la temperatura en la maduración promedio del tomate redondo convencional en las etapas verde-maduro, de rompimiento, cambiante y rosa.

Etapas de color	Días hasta obtener el color rojo pleno a las temperaturas indicadas					
	12,5 °C 55 °F	15 °C 59 °F	17,5 °C 64 °F	20 °C 68 °F	22,5 °C 72 °F	25 °C 77 °F
Verde-maduro	18	15	12	10	8	7
Rompimiento	16	13	10	8	6	5
Cambiante	13	10	8	6	4	3
Rosa	10	8	6	4	3	2

Tabla 6. Características de la maduración y calidad de tomates redondos de variedades convencionales y de larga duración en almacenamiento. La fisiología de la fruta dentro de una misma categoría puede variar mucho. Los tomates fueron cosechados en las etapas de rompimiento-cambiante y madurado a 20 °C (68 °F). Los datos son promedios de 40 variedades convencionales y otras 25 de larga duración en almacenamiento (Cantwell, sin publicar).

Característica	Variedades convencionales		Variedades de larga duración en almacenamiento	
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo
Fisiología de maduración				
Días desde el rompimiento del color hasta madurez de consumo	6,3	5,3-7,3	7,8	6,0-9,8
Tasa máxima de respiración (µl CO ₂ /g-h)	20,9	16,4-27,5	19,3	14,9-26,7
Tasa máxima de producción de etileno (nl/g-h)	4,8	2,3-9,4	2,4	1,5-7,8
Color a la maduración (Tono)	38,5	34,7-44,2	43,3	38,0-48,2
Composición				
Porcentaje sólidos solubles	4,5	4,1-5,1	4,5	4,0-5,1
Porcentaje acidez titulable	0,33	0,28-0,45	0,38	0,30-0,49

Tabla 7. Peso de la fruta, pérdida de peso, días hasta la madurez de mesa, firmeza y color rojo del tomate (cv. Bobcat) madurado a 15, 20 y 25 °C (58, 68 y 77 °F). La fruta o no fue tratada, o se la trató con 1-MCP (500 ppb) en las etapas de color indicadas. Datos promedio de 3 réplicas con 8 frutas (Cantwell, sin publicar).

Tratamiento	Temperatura	Etapas de color inicial	Pérdida de peso (%)	Días hasta madurez de mesa	Firmeza (N)	Tono de color rojo
Control	15 °C (59 °F)	3,5	1,7	16,4	25,9	34,6
		4	1,3	15,1	26,2	35,5
		4,5	0,8	13,9	27,9	35,0
		5	0,2	8,2	25,9	34,9
1-MCP	15 °C (59 °F)	3,5	2,6	28,0	21,2	38,2
		4	2,3	25,8	21,7	37,7
		4,5	1,8	19,3	20,4	36,9
		5	1,0	11,1	22,1	37,5
Control	20 °C (68 °F)	3,5	1,4	10,1	27,1	35,5
		4	1,0	8,3	26,3	36,4
		4,5	0,9	6,1	24,0	35,2
		5	0,4	4,0	27,1	35,6
1-MCP	20 °C (68 °F)	3,5	3,0	25,8	21,7	38,2
		4	2,9	18,8	18,4	37,3
		4,5	2,4	14,8	16,7	36,5
		5	1,0	8,3	20,9	37,6
Control	25 °C (77 °F)	3,5	2,4	9,6	22,8	42,4
		4	2,1	8,3	25,0	36,0
		4,5	1,8	6,2	24,1	35,1
		5	0,9	3,0	25,5	35,3
1-MCP	25 °C (77 °F)	3,5	4,5	17,0	22,5	43,6
		4	4,1	15,0	22,3	39,0
		4,5	2,3	10,1	25,4	39,8
		5	1,6	4,7	21,8	37,4
Control	Promedio 15 °C	3,5	1,0	13,4	26,5	35,0
	Promedio 20 °C	4	1,0	7,1	26,1	35,7
	Promedio 25 °C	4,5	1,8	6,9	24,4	37,2
1-MCP	Promedio 15 °C	3,5	1,6	21,0	21,3	37,6
	Promedio 20 °C	4	2,3	17,7	19,4	37,4
	Promedio 25 °C	4,5	3,1	11,7	23,0	40,0
	LSD.05		0,3	0,4	3,2	1,9

Etapas de madurez y maduración del tomate

1



VERDE La superficie del tomate está completamente verde. El tono de verde puede variar de claro a oscuro.

2



ROMPIMIENTO El color verde se ve interrumpido por zonas en las que emerge un amarillo-crema, rosa o rojo en el 10 % o menos de la superficie del tomate.

3



CAMBIANTE Entre el 10 % y el 30 % de la superficie del tomate es de color amarillo-crema, rosa o rojo

4



ROSA Entre el 60 % y el 90 % de la superficie del tomate muestra color rosa o rojo.

5



ROJO CLARO Más del 60 % de la superficie es de color rosa-rojizo o rojo pero el color rojo no cubre más del 90 % de la superficie del tomate.

6



ROJO En más del 90 % de la superficie del tomate; el interior es rojo.

<http://www.californiatomatofarmers.org>

<http://floridatomatoes.org>

Desverdzación de frutas cítricas

por Mary Lu Arpaia

Las frutas cítricas son frutas no climatéricas que no pasan por el proceso de “maduración” después de la cosecha. Las prácticas de cultivo, el clima y el uso de reguladores de crecimiento precosecha (como la giberelina), tienen gran influencia sobre el color de la cáscara en el momento de la cosecha. Frutas de ambientes cálidos y húmedos (como, por ejemplo, Florida), tienden a ser más verdes incluso después de alcanzar su calidad comestible óptima que las frutas cultivadas en ambientes más fríos (como California). Esto se debe a la relación entre la degradación de la clorofila y la temperatura. Estudios llevados a cabo han demostrado que se requieren unas temperaturas nocturnas uniformes inferiores a 12,5 °C (55 °F) para alcanzar el máximo desarrollo del color amarillo anaranjado.

Pese a ello, después de cosechados los cítricos pueden ser tratados con etileno para estimular el desarrollo adecuado del color amarillo anaranjado de la cáscara y aumentar con ello su aceptación por parte del consumidor. El proceso de desverdzación produce una pérdida del color verde de la cáscara de la fruta debido a la eliminación de la clorofila y el desenmascaramiento de los pigmentos carotenoides (colores amarillo y anaranjado). Se puede tratar con etileno (1-10 ppm) a todo tipo de cítricos para estimular el desarrollo del color. El tratamiento con etileno no altera el contenido de azúcares y ácidos de la fruta.

En la Tabla 1 se resumen las recomendaciones actuales para la desverdzación de cítricos con etileno. En

California, la fruta se trata con etileno normalmente antes de embalarla, lo que proporciona uniformidad al lote y minimiza cualquier influencia que pudiera tener la aplicación de cera poscosecha sobre el proceso de desverdzación. Para obtener mejores resultados es importante mantener un buen control de la temperatura, una humedad relativa alta y una ventilación adecuada (1 o 2 cambios de aire por hora). La concentración de dióxido de carbono debe mantenerse por debajo del 0,2 %.

La duración del tratamiento con etileno depende del color previo de la fruta, la temperatura y la concentración de etileno. Las naranjas de ombligo de estación muy temprana, cosechadas antes del rompimiento de color (muy verdes), pueden requerir hasta 5 días de exposición a etileno, mientras que la fruta cosechada después del rompimiento de color requiere solamente entre 1 a 2 días de exposición. Para los cítricos de Florida se recomiendan temperaturas más altas, ya que investigaciones llevadas a cabo en la Universidad de la Florida han demostrado que la desverdzación óptima ocurre a una temperatura aproximada de 29 °C (84 °F) y una exposición de etileno de 1-5 ppm. Por otro lado, se ha demostrado que el desarrollo del color de la naranja de ombligo de California se inhibe a una temperatura superior a 22 °C (72 °F). En resumen, no es posible derivar de estos experimentos una temperatura genérica para el tratamiento de cítricos con etileno. Cada región de cultivo debe desarrollar sus propios parámetros de desverdzación.

Tabla 1. Condiciones para el tratamiento de desverdzación para las frutas cítricas de Arizona/California.

Tipo de cítrico	Concentración de etileno (ppm)	Temperatura ^z		Humedad relativa (%)	Duración aprox. (días)
		°C	°F		
Limas - CA Costa	5	15,5-18	(60-65)	88-90	5-14
Limas - AZ/CA Desierto	5	20-21	(68-70)	88-90	2-8
Toronja - AZ/CA Desierto	5	20-21	(68-70)	88-90	2-3
Naranja de ombligo (de estación temprana)	5	20-21	(68-70)	88-90	2-5
Naranja Valencia (de estación tardía)	5	20-21	(68-70)	88-90	1,5-2
Mandarina Satsuma-Valle San Joaquín CA	5	20-21	(68-70)	88-90	1-3

^zSe recomiendan temperaturas más altas [28-29,5 °C (82-85 °F)] para los cítricos de Florida.

^ySe recomiendan niveles más altos de humedad relativa (90-96 %) para los cítricos de Florida.

El etileno puede acelerar el deterioro de los productos hortícolas perecederos

por Adel A. Kader

El estímulo de la senescencia que el etileno provoca a concentraciones ≥ 1 ppm sobre las cosechas de cultivos hortícolas acelera el deterioro y la reducción de la vida poscosecha. El etileno acelera la degradación de la clorofila e induce el amarilleamiento de los tejidos verdes, reduciendo la calidad de las hortalizas de hoja, flor y fruto (inmaduras) y el follaje en las ornamentales. El etileno induce la abscisión de hojas y flores, el ablandamiento de frutos y otros diversos trastornos fisiológicos. En las Tablas 1 y 2 se incluyen ejemplos específicos de sus efectos adversos.

Cuando no se desea que la fruta madure y se ablande rápidamente durante el transporte y almacenamiento, estos procesos acortan la vida poscosecha. El kiwi es la fruta más sensible a la acción del etileno, inclusive a bajas temperaturas. De este modo, concentraciones tan bajas como pueden ser 0,05 ppm de etileno incrementan el ablandamiento del kiwi a 0 °C (32 °F). Los aguacates y caquis Fuyu también son muy sensibles a la acción del etileno y la exposición a una concentración de etileno ≥ 1 ppm incrementa los síntomas de daño por frío. El uso de etileno para desverdizar cítricos puede acelerar su senescencia y aumentar la susceptibilidad a patógenos que causan deterioro, especialmente si se utiliza a concentraciones superiores a 5 ppm.

El etileno puede aumentar el deterioro en algunas frutas acelerando su senescencia y ablandamiento, e inhibiendo la formación de compuestos antimicrobianos en el tejido del hospedador. En algunos casos, el etileno puede estimular el crecimiento de hongos, tales como *Botrytis cinerea* en fresas y *Penicillium italicum* en naranjas.

La incidencia y severidad de los síntomas de deterioro por etileno dependen de su concentración, tiempo de exposición y temperatura. Así, por ejemplo, los pepinos puede amarillear por una exposición a 1 ppm de etileno durante 2 días o a 5 ppm de etileno a 10 °C (50 °F) durante medio día. Además, los efectos del etileno son acumulativos en la vida poscosecha del producto. Sería muy útil desarrollar un método para calcular la posible exposición al etileno desde la cosecha hasta la recepción de los productos en el mercado.

Tabla 1. Ejemplos de los efectos adversos del etileno sobre la calidad poscosecha de las hortalizas.

Producto	Síntomas de daño por etileno
Espárragos	Aumenta la lignificación (dureza) de los tallos
Ejotes/habichuelas	Pierden el color verde
Brócoli	Amarilleamiento y abscisión de floretes
Repollo	Amarilleamiento y abscisión de hojas
Zanahoria	Desarrollo de sabor amargo
Coliflor	Abscisión y amarilleamiento de hojas
Pepino	Amarilleamiento y ablandamiento
Berenjena	Abscisión del cáliz, pardeamiento de la pulpa y semillas, aceleración del deterioro
Hortalizas de hoja	Pérdida de color verde
Lechuga	Manchas rojizas
Chirivía	Desarrollo de sabor amargo
Papa/patata	Retoñamiento
Camote	Decoloración marrón de la pulpa y sabor raro detectable cuando se cocina
Nabo	Aumento de la lignificación (dureza)
Sandía	Reducción de la firmeza, maceración del tejido de la pulpa que provoca una cáscara más delgada y mal sabor

Tabla 2. Ejemplos de efectos adversos producidos por el etileno en plantas ornamentales y de vivero.

Producto	Síntomas de daño por etileno
Flores de corte Claveles	Incapacidad de abrirse o cerrarse en flores ya abiertas ("adormecimiento")
Rosas	Forma anormal de la flor abierta, incapacidad de abrirse y abscisión de pétalos y hojas (dependiendo del cultivar)
Boca de dragón	Abscisión de la flor
Plantas de flores	Abscisión y cierre de la flor (marchitamiento), dependiendo de la especie y cultivar
Plantas de follaje	Abscisión y clorosis de las hojas, respuestas epinásticas (hojas curvadas hacia abajo)
Bulbos de flores	Inhibición de la elongación de los brotes y raíces, formación de flores anormales, inducción de gomosis en tulipanes, abscisión de flores y botones en lirios.
Trasplantes	Clorosis de hojas, crecimiento deficiente después de su siembra
Plantas de vivero durmientes	Reducción de la brotación, mayor mortalidad después de sembrar rosales y árboles frutales

1-metilciclopropeno – Nueva y prometedora herramienta para el control de los efectos del etileno sobre los productos perecederos

por Michael S. Reid y Linda L. Lodge

El etileno puede ser tanto útil como destructivo en el manejo de productos perecederos: útil en la maduración controlada de frutas tales como las bananas y los aguacates; destructivo al acelerar el deterioro del producto. En las plantas ornamentales, por ejemplo, la exposición a cantidades traza de etileno (tan bajas como 1 parte de etileno en 100 millones de partes de aire o 0,01 ppm) puede causar marchitamiento de la flor y pérdida rápida de las hojas, flores y botones florales.

Actualmente la prevención de los efectos indeseables del etileno se consigue de una de las tres maneras siguientes:

1. Mantener el etileno alejado de los productos sensibles al mismo. Los distribuidores expertos en productos frescos saben que los productos sensibles al etileno, tales como las plantas ornamentales, la lechuga, el brócoli o la sandía, no deben almacenarse junto con los que producen este gas ni con la mayoría de las frutas que pasan por el proceso de maduración. Dichos expertos utilizan montacargas eléctricos, porque los motores de propano o de gasolina producen hasta 500 ppm de etileno, y se aseguran de que los cuartos de maduración, donde se suministra etileno a concentraciones de hasta 100 ppm, estén separados de los productos sensibles al mismo y sean ventilados con aire fresco hacia el exterior del edificio antes de proceder a abrirlos.

2. Extraer el etileno del aire. En la mayor parte de los lugares la concentración de etileno puede mantenerse baja fácilmente, con solo introducir aire fresco desde el exterior del edificio en cantidad suficiente como para renovar el aire una vez por hora. El costo de mover y refrigerar este aire es trivial comparado con el costo potencial de la pérdida de producto. Entre las alternativas más caras están los depuradores catalíticos y los extractores químicos de etileno (como el Purafil).

3. Inhibir los efectos del etileno. Hace algunos años se comprobó que las sustancias químicas que contienen una pequeña cantidad de plata pueden prevenir los efectos del etileno. Durante 20 años la industria de

las plantas ornamentales recurrió a un complejo de plata, el tiosulfato de plata (STS), para tratar cultivos sensibles al etileno, como son los claveles de corte y muchas plantas florales de maceta.

Dado que la plata es un metal pesado, preocupa su uso en plantas ornamentales y en algunos países está prohibido que los agricultores traten las plantas de maceta con STS. Aquí en Estados Unidos, la aplicación y eliminación de STS requiere del uso de equipamiento y mano de obra adicionales por parte de agricultores y embarcadores.

Científicos de la Universidad Estatal de Carolina del Norte han demostrado que el gas EthylBloc (1-metilciclopropeno o 1-MCP) es un inhibidor muy efectivo de la acción del etileno. El polvo comercial de EthylBloc libera gas cuando se combina con agua. Las flores de corte y las plantas de maceta tratadas con este gas a concentraciones tan pequeñas como son 5 partes de MCP por mil millones de partes de aire (5 ppb), se muestran tan resistentes al efecto del etileno como las tratadas con STS. El tratamiento dura aproximadamente 6 horas a las citadas concentraciones de MCP, aunque puede realizarse en menos tiempo si se aumenta su concentración. Este material está registrado para su uso en Norte América y muchas compañías transportadoras proporcionan un tratamiento de este tipo durante el transporte como otra opción para los productos florales.

El EthylBloc es también muy eficaz para evitar o retardar la respuesta de frutas y hortalizas al etileno, e investigadores de todo el mundo han demostrado sus efectos en una amplia variedad de cultivos. Así, científicos norteamericanos han demostrado que si se tratan manzanas con 1-MCP y luego se las almacena al aire, los resultados son equivalentes a los obtenidos de su almacenamiento en atmósfera controlada. AgroFresh, una sucursal de Rohm and Hass con licencia para la aplicación de 1-MCP en frutas y hortalizas, ha registrado este material bajo el nombre de SmartFresh para preservar la calidad de las manzanas almacenadas. Pronto 1-MCP podría convertirse en otra herramienta adicional que contribuya a extender la vida de frutas y hortalizas sensibles al etileno.

Control del etileno en las instalaciones de almacenamiento

por James F. Thompson

Para muchas frutas, hortalizas y flores comerciales frescas, el etileno es perjudicial a concentraciones de tan solo una pocas partes por cada mil millones (ppb), por lo que debe mantenerse alejado de estos productos. Hay seis métodos para controlar el etileno en las instalaciones comerciales de almacenamiento en frío:

1. Ubique los cuartos de maduración alejados de las áreas de almacenamiento en frío.
2. Minimice los niveles de etileno utilizados en los cuartos de maduración.
3. Evacúe el etileno del cuarto de maduración hacia el exterior.
4. Recorra al control de la ventilación durante el almacenamiento en frío.
5. Elimine el etileno con depuradores.
6. No utilice equipo de motor en el área de almacenamiento.

La ubicación de los cuartos de maduración en un edificio distinto al almacenamiento en frío minimizará la contaminación. Si el cuarto de maduración tiene que estar ubicado en el área de almacenamiento deberán tomarse varias precauciones.

La mayoría de cuartos de maduración operados de forma tradicional utilizan niveles de etileno superiores a 1000 ppm. Es posible que una cantidad significativa del gas escape hacia el área que rodea los cuartos de maduración o, por ejemplo, cuando los operarios entran a estos. Un cuarto bien sellado puede funcionar con concentraciones de etileno de 100-150 ppm y aun así la maduración seguirá siendo efectiva. Asegurar que los cuartos de maduración sean impermeables al gas y reducir la concentración de etileno puede hacer disminuir la contaminación por este gas en un 90%. El uso de concentraciones menores de etileno reduce igualmente la cantidad que se ha de comprar, que habrá de este contaminante en el aire y la que se liberará al medioambiente.

El etileno debe ser evacuado del cuarto de maduración hacia el exterior una vez completado el período de exposición. Ventiladores de evacuación con una capacidad para eliminar de seis a ocho veces el volumen de aire del cuarto por hora, permitirán que en solo 1 hora se reduzca la concentración de etileno hasta el 1% de la existente al inicio del proceso. Para permitir la entrada de aire fresco al cuarto se necesita

un conducto de entrada de aire que pueda también cerrarse y esté ubicado de modo que extraiga el aire del área refrigerada que rodea al cuarto de maduración. El cuarto de maduración nunca debe ventilarse abriendo las puertas. El área alrededor de los cuartos debe ser ventilada o estar equipada con un depurador de etileno. Los operarios deben inspeccionar el producto normalmente dos veces al día. Cuando abran las puertas del cuarto de maduración, el etileno escapará hacia el área que rodea los cuartos. Incluso después de que el etileno haya sido evacuado del cuarto, muchos de los productos madurados de forma natural continúan produciendo su propio etileno, lo que puede ocasionar concentraciones nocivas en el caso de productos sensibles.

En climas moderados, la ventilación con aire del exterior es más barata que el uso de depuradores, a pesar de que pueda hacer falta refrigeración o calefacción adicional. La ventilación puede hacerse por la noche cuando el aire exterior es más frío. En regiones con aire contaminado, las concentraciones de etileno externo pueden limitar el uso de este sistema. Así, por ejemplo, en días con mucha polución (*smog*) en el área de Los Ángeles, los niveles de etileno pueden elevarse a más de 0,15 ppm entre las 8 de la mañana y el mediodía. Los niveles nocturnos son generalmente un tercio o la mitad de los niveles máximos diurnos.

Los catalizadores calientes y los depuradores de permanganato potásico son efectivos para mantener un nivel bajo de etileno. El coste del material de reacción es dos tercios el de hacer funcionar un depurador de permanganato potásico. En un almacén de distribución de productos frescos con muchas fuentes de emisión de etileno, el sistema de permanganato potásico probablemente resultará más caro debido a la gran cantidad de etileno que debe eliminarse.

Los vehículos que operan con propano, gasolina o diésel emiten etileno y no deben utilizarse dentro de las instalaciones de almacenamiento en frío que contienen productos sensibles al etileno. Por ello, en las instalaciones de almacenamiento en frío para productos frescos es práctica común utilizar montacargas accionados por baterías. Las máquinas para lavar los pisos, que rara vez funcionan con baterías, pueden ser equipadas con convertidores catalíticos para reducir las emisiones de etileno.

Maduración y manejo en las operaciones de servicios de alimentación

por James F. Thompson y Adel A. Kader

Instalaciones limitadas

Por lo general, los restaurantes poseen instalaciones limitadas para la manipulación de frutas y hortalizas. El almacenamiento refrigerado se realiza habitualmente en un cuarto frío que puede ser utilizado también para las carnes frescas, los productos lácteos, los huevos, la salsas y los alimentos preparados, además de para las frutas y hortalizas. Muchos de estos artículos son considerados potencialmente peligrosos debido a la posibilidad de contaminación bacteriana y por ley deben mantenerse a una temperatura igual o menor a 5 °C (41 °F).

Tiempo máximo de almacenamiento: 1 o 2 días

La mayoría de productos frescos deben ser almacenados en un cuarto frío; sin embargo, esta temperatura no es la ideal para muchos productos. Por este motivo los productos frescos deben almacenarse solamente por un máximo de 1 o 2 días antes de su consumo, lo que significa que deben recibirse casi todos los días que el restaurante esté en servicio. Los envases deben tener su fecha y los productos más viejos deben utilizarse primero, a menos que un lote más reciente presente señales de maduración avanzada o deterioro. Algunos productos se conservan mejor a temperatura ambiente porque son sensibles al daño por frío y no pierden humedad rápidamente. Las bananas, la albahaca (en agua), la cebolla seca intacta, el ajo, el jengibre, la jícama, las papas (en la oscuridad), las calabacitas de cáscara dura, los melones, los camotes y los tomates pueden almacenarse a temperatura ambiente, es decir, a 20 °C (68 °F).

Medir y registrar las temperaturas

Los productos frescos cortados y preparados, así como las semillas germinadas son considerados potencialmente peligrosos y deben conservarse siempre a una temperatura igual o menor a 5 °C (41 °F). Incluso si el termostato está programado a 5 °C, la temperatura alrededor de la puerta puede ser mucho mayor debido a la entrada frecuente del personal. Almacene estos productos en las áreas más frías del cuarto frío, lejos de la puerta y cerca del aire frío que fluye del serpentín refrigerador. Mida y anote las temperaturas de todas las áreas de almacenamiento de productos frescos.

Las frutas que se cosechan en la etapa verde-madura, como los aguacates, las bananas, los mangos, las nec-

tarinas, las peras, los duraznos y las ciruelas pueden conservarse a temperatura ambiente y madurar hasta alcanzar una calidad comestible óptima. Estas deben recibirse parcialmente maduras de modo que necesiten poco tiempo para madurar completamente. Después de maduras pueden ser refrigeradas para su almacenamiento temporal.

Muchos restaurantes no tienen espacio para madurar frutas hasta su calidad comestible óptima y deben recibir fruta ya madura y lista para su consumo. Dado que la fruta madura se daña fácilmente y tiene una vida corta en almacenamiento, el chef y el proveedor deben determinar la mejor etapa de madurez para la fruta en su establecimiento.

Minimice la pérdida de humedad de los productos frescos

Minimice la pérdida de humedad de los productos frescos manteniendo un ambiente de alta humedad relativa alrededor de los productos perecederos. El refrigerador debe estar diseñado para mantener una humedad relativa de un 85-95 %. Si una unidad no mantiene este nivel de humedad o el producto fresco la pierde en exceso, a pesar de los altos niveles de humedad en el interior del refrigerador, guarde los productos perecederos en bolsas o cajas plásticas. Los recipientes deben tener ranuras de ventilación para evitar que un ambiente con una concentración accidentalmente elevada de dióxido de carbono dañe el producto. Un recipiente con capacidad de 1 kg debería tener entre 8 y 12 ranuras de ventilación de 1 cm cada una.

Minimizar el daño por etileno

El gas etileno puede causar daños tales como manchas marrones en las cabezas de lechuga y pérdida del color verde en las hortalizas, que aparecen generalmente por la exposición a concentraciones de 1 ppm durante 24 horas. Esta exposición puede suceder en varios puntos de la cadena de manejo. El chef debe trabajar con el proveedor para determinar la fuente de etileno. Si el daño sucede en el restaurante, puede minimizarse ventilando con regularidad las áreas de almacenamiento y abriendo las puertas periódicamente. Si la ventilación no es posible, el etileno puede ser controlado gracias a sistemas de absorción de permanganato potásico.