

# FISIOLOGIA POSCOSECHA DEL MANGO

Ing. Marco Vinicio Sáenz M. M.Sc.  
Laboratorio Tecnología Poscosecha  
Centro Investigaciones Agronómicas  
Universidad de Costa Rica.

## 1. INTRODUCCION:

El mango (*Mangifera indica* L.) es, por su importancia en el comercio y consumo a nivel mundial, quizás la segunda fruta tropical más importante después del banano. En la actualidad se produce comercialmente en India, Australia, Indonesia, Filipinas, Taiwan, Sudáfrica, Egipto, Israel, Estados Unidos, México, Perú, Ecuador, Venezuela, Brasil, España (Canarias), Haití, Colombia, y otros países, y por supuesto en Costa Rica.

En Costa Rica la producción de mango ha alcanzado cierta importancia comercial en cuanto la exportación de frutos a Europa y nos preparamos para iniciar exportaciones a los Estados Unidos.

Botánicamente el fruto de mango es una drupa típica, en la que los componentes están bien definidos: el exocarpo forma la cáscara del fruto que es usualmente gruesa (1-4 mm) con una epidermis fuertemente coloreada, recubierta de una gruesa capa de cera que es discontinua, la presencia de estomas y eventualmente lenticelas es evidente. Esta cáscara es fibrosa, elástica y fácilmente desprendible del resto del fruto. La pulpa comestible está constituida por el mesocarpo y es básicamente un tejido de almacenamiento con presencia de fibrosidad moderada a muy baja en las variedades comerciales, fuertemente coloreada, con una concentración de carotenoides (pigmentos amarillos) alta. El endocarpo se constituye en la cubierta dura-y en ocasiones fibrosa- de la semilla.

De la zona de unión del pedúnculo con la fruta, al ocurrir la cosecha, los frutos segregan latex, cuya composición es compleja incluyendo terpenoides, terpenolenos, fenoles y algunas enzimas proteolíticas, en general es una sustancia sumamente cáustica, cuya función primordial es proteger al fruto de ataques de insectos y patógenos.

El desarrollo de tecnología de producción y poscosecha para el mango es, a nivel mundial, copioso, sin embargo, a nivel de Costa Rica aun falta mucho por hacer, especialmente a nivel de producción y productividad y su influencia sobre productividad y su influencia sobre calidad de la fruta, como se verá en las charlas siguientes, el en campo de poscosecha hemos avanzado un poco más. Como sea, el mejoramiento de la calidad de la fruta, y su preservación, requiere que todos, productores e investigadores, tengamos un conocimiento pleno de las características fisiológicas del mango y como manipularlas en beneficio de la calidad del producto, atendiendo a las exigencias de un entorno económico cada vez más competitivo y que aplica normas de calidad cada vez más estrictas.

## **2. CRECIMIENTO DEL FRUTO:**

Los frutos de mango, al igual que la gran mayoría de los frutos, inicia su desarrollo inmediatamente después que ocurre la fertilización del ovario en la flor, debe recordarse que de el número de frutos obtenidos por cada cien flores (porcentaje de prendimiento o "cuaje") en muy bajo y está también relacionado con la alternancia de producción de los árboles. El fruto inicia su desarrollo reconocible en el estado que llamamos comúnmente cabeza de alfiler y de ahí en adelante el desarrollo inicial es aparentemente lento, lo que ocurre es las primeras etapas es que se están dividiendo las células y aun cuando su número aumenta no así su volumen individual, por tanto el crecimiento en las dos primeras semanas puede resultar para el observador algo lento. Luego de esta etapa el fruto inicia una fase de crecimiento muy acelerado y casi duplica su tamaño de una semana a otra, al alcanzar cierto tamaño, muy cercano a su tamaño final, el crecimiento se desacelera y se notan cambios muy pequeños en tamaño de una semana a otra, en esta etapa se está endureciendo el endocarpo o cubierta de la semilla y se está terminando el desarrollo del embrión de la misma, es decir, la fruta esta madurando para alcanzar la capacidad reproductiva, una vez que la alcanza, se considera que el fruto está en madurez fisiológica y listo para iniciar el proceso de maduración. De manera esquemática se presentan las fases de desarrollo del fruto en la figura 1.

## **3. CAMBIOS DURANTE EL CRECIMIENTO:**

Debemos recordar que el desarrollo de un fruto tiene propósitos biológicos bien definidos, asociados con el proceso reproductivo. Un fruto no es nada más que la envoltura de las semillas y que debe protegerlas hasta que estén listas para perpetuar la especie. En este sentido el fruto de mango es particularmente eficiente en proteger la semilla. En las primeras semanas de desarrollo de produce el crecimiento del exo y mesocarpo que en estas etapas son tejidos extremadamente duros como para ser afectados excesivamente por insectos y pájaros. La producción interna de latex impide o reduce el desarrollo de los insectos que pudieran haber infestado la fruta en etapas tempranas. La concentración de fenoles (fitoalexinas posiblemente) en la cáscara retrasa considerablemente el desarrollo de patógenos que pudieran haber infectado al fruto. De hecho, es casi imposible observar frutos inmaduros de mango con lesiones de enfermedades como la antracnosis. Los cambios en la concentración relativa de fenoles en la cáscara de mango se muestran en la figura 2. Durante el crecimiento del fruto se almacenan progresivamente reservas de carbohidratos en forma de almidones, que son menos atractivos para los patógenos e insectos que crecen en el fruto. También durante esta etapa, el mango es totalmente incapaz de iniciar la maduración, y si lo hace o se le fuerza a hacerlo, la maduración será incompleta y el resultado final insatisfactorio en términos de calidad comercial.

Al alcanzar la madurez fisiológica, o estado de viabilidad reproductiva todas las características internas y externas del fruto empiezan a cambiar, con la finalidad de tomar estructuras de protección (en general duras y poco agradables) en estructuras de atracción para los posibles agentes dispersores de semillas, esos cambios que favorecen la dispersión de semillas es lo que llamamos maduración del fruto y esa la fase del desarrollo que comercialmente tiene valor en el mercado.

#### 4. MADURACION DEL FRUTO

La maduración comercial del fruto, hasta alcanzar el punto óptimo de consumo, sólo puede llevarse a cabo si el fruto se ha desarrollado normalmente hasta alcanzar el desarrollo pleno de la semilla en la etapa que hemos llamado madurez fisiológica. Como este proceso comercialmente se dará con frutos separados del árbol, obviaremos los aspectos relacionados con la maduración de la fruta en el árbol y se hará énfasis en la maduración de frutos cosechados y sus implicaciones comerciales.

Para poder entender la maduración de un fruto, mango en este caso, debemos comprender los aspectos fisiológicos de ese proceso. La primera consideración es definir cuando un fruto ha alcanzado la madurez fisiológica, sin tener que partir el fruto y estudiar el estado de la semilla y los tejidos accesorios. La primera gran consideración es el hecho que el mango es un fruto climatérico y esto tiene que ver con el patrón de cambios luego de alcanzada la madurez fisiológica. En la figura 3 se muestran los cambios en la tasa respiratoria del fruto, se observa que al inicio del desarrollo de éste, la respiración es sumamente alta, debido a que el proceso de división celular activo consume gran cantidad de energía. En la fase de expansión del fruto, el consumo energético tiende a disminuir puesto que la actividad principal es el traslado de productos de fotosíntesis y agua desde el árbol hacia el fruto. En un momento determinado, la respiración alcanza un punto mínimo, que coincide con el máximo de acumulación de materia seca y con una velocidad de crecimiento casi nula, es en este momento en que el fruto ha alcanzado la madurez fisiológica y está listo para iniciar la maduración, esa etapa de baja respiración puede variar en duración dependiendo del cultivar de que estemos hablando, por ejemplo es sumamente corta en el caso de Hacen o Amarillo y larga en el caso de Keith, en general se asocia la precocidad de producción con la longitud de este período, variedades tempranas tienden a iniciar la maduración rápido mientras que variedades tardías son más lentas.

Una vez superado este período de baja respiración, se desencadenan cambios acelerados que conllevarán a la maduración comercial del fruto. El más notorio de esos cambios se observa en la misma figura 3, la tasa respiratoria se incrementa de manera exponencial hasta alcanzar un máximo reportado de 175 mg CO<sub>2</sub>/Kg/h (Cua y Lizada, 1989). Ese incremento en la tasa respiratoria obedece a la necesidad de energía para producir los cambios asociados a maduración y para eliminar del sistema una serie de ácidos orgánicos que se han acumulado e interfieren con el sabor de la fruta.

Los cambios que ocurren durante la maduración, en aspectos importantes como firmeza, color, azúcares solubles, acidez, se muestran en la figura 4, en general todos los cambios tienden a hacer la frutas más atractiva y apetecible.

La maduración de los frutos de mango está caracterizada por hidrólisis de almidones y su transformación en azúcares solubles, de ahí el aumento en brix que se observa durante la maduración, se presenta una disminución de la acidez desde niveles de 0.8-1.0 % en frutos inmaduros hasta 0.09% en frutos maduros de algunas variedades. Los cambios de color que se experimentan obedecen a degradación de la clorofila (pigmentos verdes), síntesis de antocianinas (pigmentos rojos) a nivel de la cáscara, también ahí la concentración de pigmentos amarillos (carotenos) es más o menos constante, pero se evidencian más al desaparecer la clorofila. A nivel de pulpa se sintetizan nuevos carotenos y se desarrolla la pigmentación amarilla típica de frutos maduros, usualmente los cambios de color en la pulpa inician sobre la superficie de la semilla, en un patrón bastante regular. Se evidencian cambios considerables en la firmeza de la pulpa que tiende a

suavizarse por efecto de una enzima llamada poligalacturonasa y que se sintetiza durante la maduración.

Sin embargo, aun queda por definir que desencadena esta serie de cambios, hasta ahora es universalmente aceptado que el proceso de maduración en frutas es inducido por una hormona vegetal llamada etileno. Esta hormona, a temperatura ambiente es un gas. Según Saucedo (1977), el contenido interno de etileno en frutos de mango en la etapa preclimática es de 0.1 ug/ml y aumenta hasta 3 ug/ml antes del máximo incremento en la respiración. De hecho, la aplicación externa de etileno, puede acelerar la maduración de frutos de mango y de casi cualquier otro fruto climatérico. En adición a ser la hormona de maduración, el etileno es también producido en situaciones de estrés para la planta, por ejemplo, árboles de mango en condiciones de déficit hídrico pueden producir etileno que acelerará la maduración del fruto, así mismo ataques severos de enfermedades pueden acelerar la maduración, daños por viento producen caída del fruto y esto está también mediado por el etileno. En consecuencia, cualquier tipo de estrés que sufra la planta antes o durante el crecimiento puede acelerar la caída y/o la maduración del fruto. Así mismo cualquier daño que hubiera sufrido el fruto durante la fase de maduración puede acelerar, por ejemplo frutos infestados con moscas de las frutas pueden madurar más rápido que frutos sanos, de igual manera las infecciones de antracnosis pueden acelerar la maduración.

El proceso de maduración es irreversible e indetenible, una vez iniciado concluirá con la muerte o senescencia de los tejidos y la liberación de la semilla, en términos comerciales el producto debe ser consumido antes que se inicie la degradación final de tejidos (frutos sobremaduros o "pasados") o el fruto terminará indefectiblemente en la basura.

## 5. CUANDO COSECHAR:

Como se mencionó ya, el principal cambio asociado con el inicio de maduración es la producción de etileno la consecuente aceleración del proceso respiratorio, sin embargo, para poder medir ambos cambios se requiere la utilización de un cromatógrafo de gases, y ese equipo es complicado de usar y sumamente caro, por lo que se le emplea únicamente para investigación. A nivel práctico, debe poder identificarse un fruto que ya ha alcanzado la madurez fisiológica y definir de ahí en adelante cuando se deberá cosechar de acuerdo al mercado de destino. Se emplean múltiples criterios para realizar la cosecha, y sólo los mencionaremos aquí dado que será tema de otra conferencia. En general nuestros agricultores emplean cambios en la forma (hinchamiento de la zona de inserción del pedúnculo u hombros, redondeamiento de la fruta, relación largo-ancho), cambios en coloración del fruto (amarillamiento), edad del fruto como indicativo muy general, muestreo de coloración de la pulpa, etc.

En general ningún criterio de cosecha es completamente confiable y el agricultor o inspector deberá ejercer su buen juicio. El crecimiento y maduración de un fruto está influenciado por múltiples factores como clima, sombreo, alternancia en la producción, disponibilidad de agua, nutrición del árbol, etc, que de una u otra manera hacen que los síntomas de maduración cambien ligera o severamente año con año. En todo caso, el grado de madurez que se escoja a la cosecha debe estar íntimamente ligado a la distancia al mercado y las condiciones en que se llevará a cabo el transporte.

En general, entre más temprano se coseche (más cerca a madurez fisiológica) mayor será la duración o vida poscosecha del fruto, sin embargo al acercarse al punto de madurez fisiológica aumenta el riesgo de cosecha frutos inmaduros incapaces de alcanzar madurez comercial.

## 6. CONSERVACION DE FRUTOS DE MANGO BAJO REFRIGERACION

Si bien el proceso de maduración no puede ser revertido o detenido, existen varias técnicas para lograr retrasarlo. La más común de esas técnicas es el empleo de bajas temperaturas o refrigeración.

El efecto de las bajas temperaturas se basa en fenómenos bioquímicos y fisicoquímicos bien elucidados. La mayoría de las reacciones biológicas, las asociadas a la maduración entre ellas, tienen umbrales óptimos de acidez, concentración de sustratos y catalizadores, temperatura a la que procede la reacción, etc. Fuera de los límites óptimos el sistema de reacciones enzimáticas asociado con el inicio del aumento respiratorio, el ensuavizamiento de tejidos por acción enzimática, la degradación de clorofila, la hidrólisis de almidones para formar azúcares simples, etc, se ven afectados por la temperatura, y en el caso de temperaturas bajas, esos procesos se desaceleran. Entre más baja la temperatura más baja será la velocidad de reacción, sin embargo, las temperaturas excesivamente bajas pueden conllevar al daño de ciertos sistemas que impedirán la vida normal del producto una vez retirado de refrigeración.

La mayoría de las referencias, especialmente en manuales genéricos de transporte como los publicados por las compañías navieras, mencionan que el mango puede almacenarse o transportarse en frío a 12-13 °C, 85-90% de humedad relativa, hasta por períodos de dos a tres semanas y con cierto grado de seguridad. Sin embargo estos manuales no hacen mención a variedades específicas o a grados de maduración específicos, y en general deben tomarse como una guía básica para empezar a optimizar las condiciones de almacenamiento y transporte para cada variedad pues, tanto variedad como madurez, influyen grandemente en la resistencia del mango al almacenamiento en frío y en la definición de la temperatura óptima.

Por el contrario, temperaturas por arriba del óptimo de almacenamiento no tendrán el efecto deseado sobre retraso de maduración y la vida poscosecha del producto será corta.

La escogencia de una temperatura, o la exposición accidental, más baja de lo recomendado, puede producir daños por frío (chilling injury) que acortan considerablemente la vida del producto y reducen su valor comercial. Esos daños por frío pueden ocurrir a temperaturas apenas 0.5 °C por abajo de la óptima, por lo que se deduce que el umbral de seguridad es sumamente estrecho. La mayoría de estos daños están asociados a pérdida de integridad física por parte de las membranas celulares y las membranas de compartimentalización internas en la células, que al perder funcionalidad son incapaces de participar en los procesos normales de maduración y pueden permitir la liberación de sustancias tóxicas contenidas en las organelas de la célula, por ejemplo alcoholes y aldehídos almacenados en la vacuola. Desafortunadamente, los síntomas no se observan de inmediato sino que requieren períodos de 6 a 12 días para expresarse, y usualmente se evidencian cuando el producto llega al mercado, con los problemas que esto puede acarrear. Cabe mencionar que los daños por frío son acumulativos, exposiciones cortas a temperaturas por abajo del óptimo pueden producir el mismo efecto final que una sola exposición prolongada a esa misma temperatura, por tanto debe serse muy cuidadoso en la selección del equipo de refrigeración que se va a utilizar y en la calibración de las temperaturas seleccionadas.

En mango, los daños por frío más comunes descritos hasta ahora son:

- a. Decoloración de la piel en áreas irregulares que se tornan pardo-grisáceos. Para este tipo de síntomas es suficiente exposición a temperaturas por abajo de 9-10°C por uno o dos días, en mangos en 20-25% de maduración.

b. Punteado de la cáscara, se evidencia como pequeñas áreas hundidas, que pueden llegar a unirse y formar regiones completas con hundimientos. Estas áreas son susceptibles de ser invadidas por patógenos.

c. Maduración desuniforme y anormal, pérdida incompleta de pigmentación verde, desarrollo irregular de pigmentación roja o amarilla, malos sabores y olores, pueden producirse por exposiciones de 10 o más días a temperaturas de 10 °C.

Se estima que la temperatura crítica para el mango es de 10°C, por debajo de esta se pueden producir niveles crecientes de daños, sin embargo, algunas variedades como Kent pueden desarrollar daños por exposición prolongada a esta temperatura.

Un aspecto que casi nunca se menciona es que la temperatura que se establece en la cámara fría o el contenedor refrigerado puede ser diferente a la temperatura de la fruta, aun en la superficie. Factores como generación de calor interno por parte del fruto, área disponible para el intercambio de aire y enfriamiento en las cajas, capacidad de refrigeración y desplazamiento de aire de la cámara, patrón de estiba, etc, pueden afectar grandemente la uniformidad de remoción de calor y por tanto la temperatura real de la fruta, por lo que medir simplemente la temperatura de la cámara fría no es suficiente para asegurarse la óptima del producto.

## LITERATURA CONSULTADA

- ARAUZ,L.F; CALDERON,M.E; CERDAS,M.M; SAENZ,M.V.Ed. 1994. Memoria: I Taller Regional de Manejo Poscosecha de Productos de Interés para el Trópico. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.450p.
- CECILIANO,R. 1995. Caracterización de compuestos fenólicos en la cáscara de mango y su efecto sobre el desarrollo de antracnosis. Sin Publicar.
- CUA,A.U; LIZADA,M.C.C. 1989. Ethylene production in the CARABAO mango fruit during maturation and ripening. Symposium on Tropical Fruit International Trade. Honolulu, Hawaii.
- LAZAN, H; et al. 1993. The biochemical bases of differential ripening in mango. Acta Horticulturae 341: 500-509.
- SAUCEDO,V.C; ESPARZA,T.F. 1977. Effect of refrigerated temperatures on the incidence of chilling injury and ripening quality of mango fruit. Proc. Fla. State Hort. Soc. 90: 205-210.
- SALUNKE,K,K. Ed. 1984. Postharvest Biotechnology of fruits. CRC Press. Boca Raton Florida. Vol 1:77-93.
- WANG,Y.Ch. 1992. Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press. Boca Raton, Florida. 313p.