

Ensayos

Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto

Resumen

La cosecha de las frutas en el estado de madurez apropiado es un factor de primera importancia debido a que de él depende la duración en almacenamiento del fruto, así como la calidad del producto final y la aceptación por parte del consumidor. Cuando la fruta se cosecha inmadura, aunque reciba los más adecuados manejos de poscosecha, la calidad comestible y sensorial será inferior a la fruta que es cosechada con la madurez óptima. Debido a la problemática anterior se hace imprescindible el conocimiento y la selección de los índices de maduración idóneos para cada fruto. En el presente trabajo se muestran los índices principales de maduración, tanto tradicionales como aquellos que usan técnicas instrumentales avanzadas para determinar el momento adecuado de cosecha en las frutas que se pretenden comercializar.

Abstract

Harvesting of fruit at the right stage of ripeness is a vitally important factor since on this depends the duration of fruit storage, as well as the quality of the final product and acceptance by the consumer. When fruit is harvested while it is still unripe, even with the best of post-harvest handling the food will be less edible and taste inferior to fruit harvested at an optimum stage of maturity. In view of the foregoing problem, it is vitally important to know and select suitable signs of ripeness for each fruit. This study outlines the initial signs of maturity, both traditional as well as those used with advanced technical instruments to determine the adequate harvesting time for fruit destined for sale.

Résumé

La récolte des fruits en état de maturité approprié est un facteur de première importance car de ce dernier dépend la durée de stockage du fruit ainsi que la qualité du produit final et la satisfaction du consommateur. Quand on récolte un fruit pas encore assez mûr, bien qu'il reçoive les managements les plus adaptés de post-récolte, ses qualités comestible et sensorielle sont inférieures à celle d'un fruit récolté à sa maturité optimale. Étant donné la problématique antérieure, la connaissance et la sélection des indices de maturation idoines pour chaque fruit restent imprévisibles. Dans l'étude suivante, on montrera les indices principaux de maturation, tant du point de vue traditionnel que de celui des techniques instrumentales avancées utilisées pour déterminer le moment adéquat de récolte des fruits que l'on prétend commercialiser.

Angón-Galván Pedro., Santos-Sánchez Norma Francenia y Hernández -Carlos Guillermo

Palabras claves: frutas, maduración, cosecha, medidas Físicoquímicas y técnicas avanzadas.

Introducción

A lo largo de los últimos años, se ha observado una mayor conciencia sobre la necesidad de que el consumidor tenga a su disposición frutos comestibles que hayan alcanzado un nivel de madurez satisfactorio y que muestre sus verdaderas características organolépticas.

El concepto de calidad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, al principio la percepción de la calidad era diferente según el interés particular de cada uno de los agentes que intervenían en el proceso de producción (productor, consumidor, comerciante). Sin embargo, cada vez hay más visión entre los sectores implicados ya que todos ellos tienden a acercar sus criterios hacia los que impone el consumidor, en los que el estado de madurez de la fruta juega un factor importante (Vallejo, 1990). El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, después de la polinización y concebida la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin saber cuando acaba una y empieza la otra. Por lo que existen algunos índices que sirven tanto para seguir la maduración del fruto como la evolución de calidad organoléptica durante la frigoconservación y posterior maduración a temperatura ambiente (Wills *et al.*, 1997).

Universidad Tecnológica de la Mixteca,
Instituto de Agroindustrias.

Debido a la importancia de obtener frutos con características de madurez óptimas tanto para el consumo como para su conservación, de forma que lleguen con las mejores condiciones organolépticas posibles al usuario final. En el presente trabajo se mencionarán los índices de maduración más adecuados para determinar el momento óptimo de su recolección.

Desarrollo

La vida de las frutas se divide en tres etapas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, siendo la etapa más importante y compleja del desarrollo de la fruta, el proceso de maduración. Este último puede dividirse a su vez, en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la de maduración organoléptica. De hecho, en la literatura de habla inglesa se distingue entre ambas, denominando dichos procesos como “maturación” y “ripening” respectivamente. Además otro término empleado en el mercado es la madurez comercial siendo aquel estado fisiológico que los compradores exigen de la fruta (Rodees,1971).

Maduración fisiológica. La madurez fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas. La evolución de la maduración fisiológica sólo se completa adecuadamente cuando el fruto se encuentra en la planta (1).

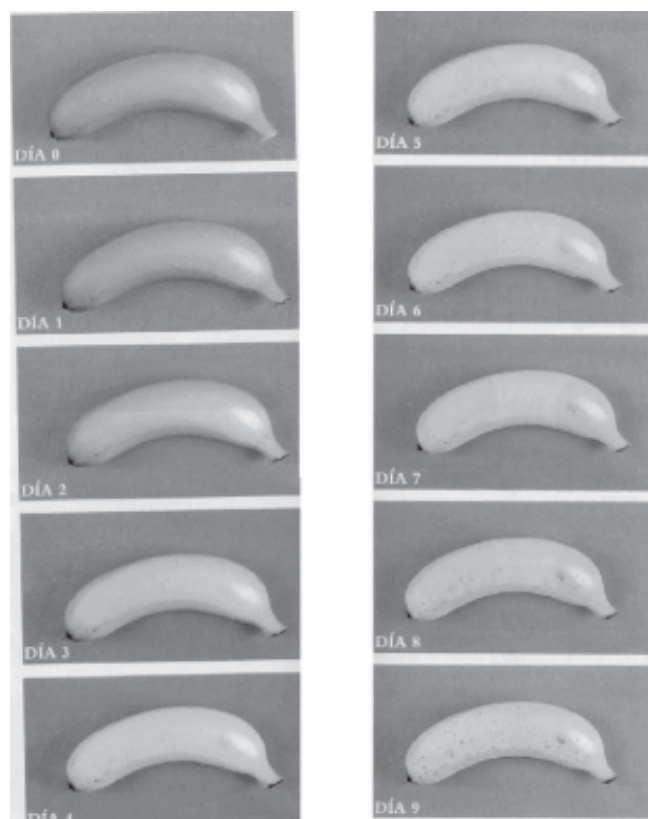
Maduración organoléptica. La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las define como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo (Leopold y Kriedemann, 1975). Aunque el resultado difiere significativamente, la maduración organoléptica se puede completar tanto en la planta como una vez que la fruta ya se ha recolectado. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta.

Madurez comercial. La madurez comercial hace referencia al momento adecuado de proceder a la recolección de un producto destinado a un fin concreto, al objeto de que cumpla las exigencias del mercado. En el grado de madurez comercial óptima, el producto debe tener los índices de madurez adecuada para el

FIGURA 1. EJEMPLO DE MADURACIÓN FISIOLÓGICA DE MANZANAS.



FIGURA 2. GRADOS DE MADUREZ DEL PLÁTANO, LAS PLACAS RECOGEN LOS CAMBIOS DIARIOS A 20°C.



consumidor (por ej., debe encontrarse organolépticamente maduro, en el caso de los frutos no climatéricos, como las naranjas) o ser capaz de alcanzarla. Generalmente la madurez comercial guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede coincidir con cualquier etapa del proceso de desarrollo (maduración fisiológica, maduración organoléptica o senescencia). Por lo que no suele ser fácil distinguir claramente las distintas etapas del desarrollo (crecimiento, madurez fisiológica, madurez organoléptica y senescencia) (Wills *et al.*, 1997).

Índices de maduración en un fruto

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. En los frutos climatéricos, este proceso es controlado, fundamentalmente, por el etileno y su actividad respiratoria (Moin, 1970). Por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. Debido a la importancia de obtener frutos con unas características de madurez óptimas existen índices para determinar el momento óptimo de recolección.

Los índices más utilizados para medir la de madurez de un fruto son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todos ellos de empleo muy práctico. Otros, como número de días desde plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas (Knee y Hattfield, 1989).

En la tabla 1, (Kader, 1992), proporciona algunos ejemplos de los índices de madurez utilizados.

Recientemente se han empezado a investigar técnicas de valoración de índices de madurez, basadas en la medición de compuestos aromáticos. La ventaja de estas técnicas es una buena correlación con las características organolépticas de la fruta (López *et al.*, 2000). Sin embargo, su compleja aplicación sólo las hace aconsejables en estudios en los que evalúan diferentes técnicas de producción y no para un uso rutinario de índices de calidad de las partidas de frutas que llegan a un centro de distribución.

Medidas fisicoquímicas

Índices para la determinación de las condiciones...

TABLA 1. ÍNDICES DE MADUREZ PARA FRUTAS.

Índice	Ejemplos
Días transcurridos desde la floración hasta la cosecha	Manzanas y peras.
Promedio de unidades de calor durante el desarrollo	Manzanas y maíz (elote).
Desarrollo de la capa de abscisión	Algunos melones y manzanas
Morfología y estructura de la superficie	Formación de la cutícula en uvas y tomates.
	Malla en algunos melones.
	Brillo de algunos frutos (desarrollo de cera).
Tamaño	Todas las frutas.
Gravedad específica	Cerezas y sandías.
Forma	Angularidad en la banana. Llenado de los hombros del mango.
Firmeza	Manzanas, peras y frutos de hueso.
Color externo	Todas las frutas.
Color y estructuras internas	Color de la pulpa en frutas.
Contenido en almidón	Manzanas y peras.
Contenido en azúcares	Manzanas, peras, frutos de hueso y uvas.
Contenido en ácidos, proporción azúcar/ácido	Granada, cítricos, papaya, melones y kivi.
Contenido en zumo (jugo)	Cítricos.
Astringencia (contenido en taninos)	Caqui y dátiles.
Concentración interna de etileno	Manzanas y peras.

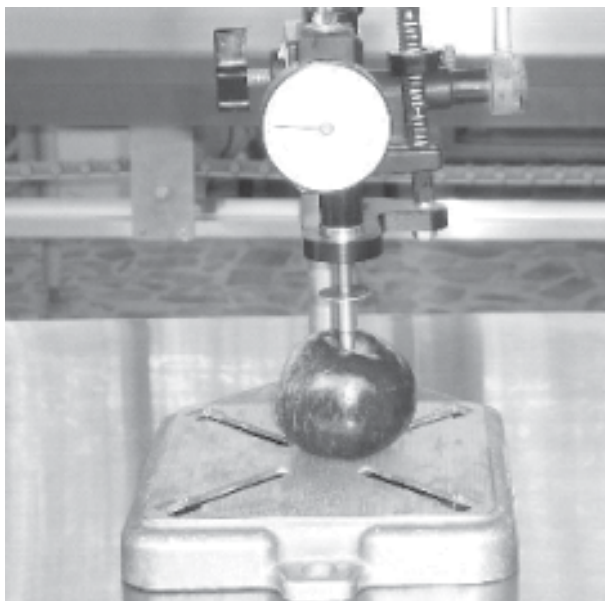
Fuente: Kader, A.A. 1983. Postharvest Quality Maintenance of Fruits and Vegetables in Developing Countries. En: Lieberman, M., Post-Harvest Physiology and Crop Preservation.

Los índices de madurez catalogados como fisicoquímicos pueden ser considerados como tradicionales en el mundo de las frutas. Su aplicación puede ser sencilla y los resultados se obtienen en poco tiempo, aunque su correlación con el grado de maduración y con la calidad según el criterio del consumidor rara vez es completamente satisfactoria. De hecho, suele ser necesario utilizar varios de ellos conjuntamente para garantizar un control adecuado de la madurez de la fruta analizada. Los indicadores fisicoquímicos más utilizados, son la firmeza, la acidez, la colorimetría tradicional, la medición de sólidos solubles y el índice de almidón (Crisosto, 1994).

Firmeza. Esta medida se relaciona con el nivel de madurez y puede estar influenciada por la variedad del producto y la región y condiciones de cultivo. El penetrómetro se utiliza por productores, empacadores y distribuidores para contribuir a determinar la etapa de maduración de un fruto y por los vendedores al menudeo para establecer la presencia de un sabor agradable para el consumidor y la vida de anaquel para sus propios registros (Crisosto, 1994).

La determinación de la firmeza de una fruta por medio del penetrómetro se basa en la presión necesaria para insertar un puntal de tamaño específico en la pulpa de la fruta a una profundidad dada.

FIGURA 3. PENETRÓMETRO MONTADO EN MESA DE TRABAJO.



Sólidos solubles totales (SST). A lo largo del desarrollo de la pulpa de una fruta, se depositan nutrientes en forma de almidón que se transforman en azúcares durante el proceso de maduración. El avance del proceso de maduración lleva a un aumento en los niveles de azúcar.

El método es en especial conveniente para frutas maduras y jugosas, con un contenido importante de

azúcar, pues la determinación de los SST se basa en la capacidad para desviar la luz de los azúcares en un jugo por medio del refractómetro el cual mide los SST como porcentaje en grados Brix (2).

Colorimetría tradicional. Es una técnica en la que el productor, establece sus propios colores para un determinado fruto, en base a la experiencia de las personas, registrando los distintos colores de maduración en tablas, las cuales se les proporciona a los recolectores.

Acidez. La proporción entre azúcar y ácido provee a muchas frutas su sabor característico, además de ser un indicador de la madurez comercial y organoléptica. Al inicio del proceso de maduración, esta proporción es baja debido al contenido bajo de azúcar y contenido alto de ácido en la fruta, lo que le da el sabor ácido al fruto. Las frutas demasiado maduras tienen niveles muy bajos de ácido y consecuentemente, carecen de su sabor característico (3).

La titulación es un proceso químico utilizado en la evaluación de la cantidad de ácidos y consiste en la utilización de un reactivo de compensación estandarizado, por ejemplo, el hidróxido de sodio (NaOH) (2).

Una vez que el nivel de ácido en una muestra ha sido determinado, se puede utilizar para calcular la proporción entre azúcar y ácido.

Índice de almidón. Durante el desarrollo de la pulpa de un fruto, los nutrientes se depositan en forma de almidón que, durante el proceso de maduración se transforman en azúcares. El avance del proceso de maduración, lleva a la disminución de los niveles de almidón.

Esta prueba determina la cantidad de almidón en la pulpa de un fruto por medio de una solución de yodo. El yodo toma un color azul al entrar en contacto con el almidón. Esta prueba es especialmente adecuada para el grupo de frutos de las pomáceas (por ejemplo manzanas y peras). Conforme madura una fruta, una cantidad creciente de almidón se convierte en azúcar y la zona azul es menos notoria. La maduración generalmente sucede desde el corazón de la fruta hacia su piel. Si se le trata con yodo, un fruto en proceso de maduración mostrará, en general, un anillo blanco creciente alrededor del corazón (3).

Tecnologías modernas para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto.

Obtener medidas significativas de la madurez es una tarea difícil, porque la maduración forma parte integral

FIGURA 4. REFRACTÓMETRO MANUAL.

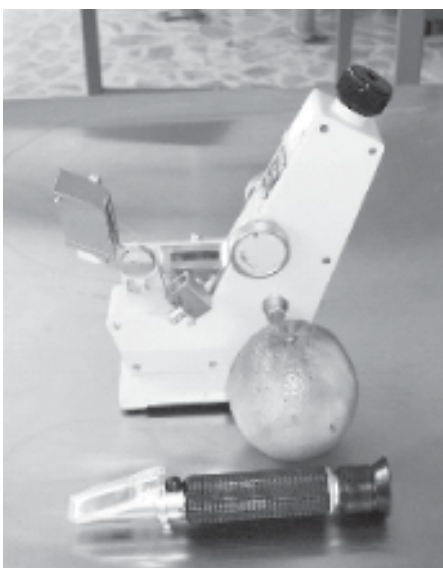
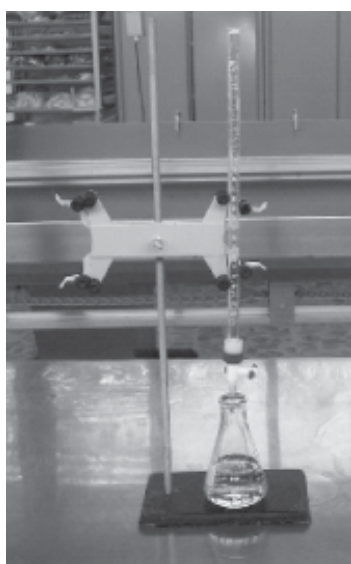


FIGURA 5. EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ.



del desarrollo de la planta (o de un órgano) en el que no hay transiciones bruscas. Por ello no es posible establecer un valor concreto de ningún parámetro que indique su comienzo o final. De ahí, que los investigadores estén en la continua búsqueda de nuevas técnicas para valorar el índice de madurez y defectos internos. Entre las tecnologías modernas que pueden utilizarse, en un futuro más o menos próximo cabe citar, la fluorescencia, la tomografía de rayos x, la obtención de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN), las sondas moleculares y los detectores de productos volátiles (Wills *et al.*, 1997).

Se pueden usar espectrofotómetros de fluorescencia para detectar la pérdida de integridad de los cloroplastos asociada con el estrés (Por ej., Provocado por el frío o temperaturas altas) o la senescencia.

FIGURA 6. EQUIPO DE ESPECTROFOTOMETRÍA (UV/VISIBLE).



Otras técnicas no destructivas útiles, son la obtención de imágenes de rayos X y los sistemas de resonancia magnética nuclear (RMN), que se basan en la detección de la diferencia en la densidad de los tejidos o en la movilidad de los protones en el seno de los frutos, respectivamente. Ambas técnicas pueden revelar por ej., el inicio de la madurez del mesocarpio, la pulpa del fruto. Al igual que los instrumentos que miden el color (por ej., colorímetros, analizadores de imágenes de color), los aparatos de rayos x y RMN utilizan diferentes partes del espectro electromagnético.

Uno de los nuevos avances en determinar el estado de madurez de las pomáceas, es mediante la técnica de colorimetría avanzada por medio de un colorímetro, que es un instrumento que mide el color en la fruta; en general este aparato puede ser utilizado en varios tipos de frutas, tanto en pomáceas, cítricos como en carozos (Pitts *et al.*, 1997).

FIGURA 7. COLORÍMETRO MARCA MINOLTA, MODELO CR-300.



El colorímetro usa sensores que simulan el modo en que el ojo humano ve el color. El colorímetro expresa el color en forma numérica y cuantifica la diferencia de color entre un estándar y una muestra de producción.

La espectroscopia del infrarrojo (IR) utiliza otra zona del espectro y está siendo cada vez más empleada para la determinación, por procedimientos no destructivos, del contenido de azúcares y su correlación con la madurez de algunos productos como melones.

Las sondas moleculares que se ligan al ARNm, o las proteínas, que permiten la detección de cambios bioquímicos en una fase temprana del proceso de madurez, por ej., la síntesis de Acetil-Coenzima A Carboxilasa (ACC) sintasa o ACC oxidasa.

La firmeza en frutas es uno de los factores más importantes en la determinación de los índices de madurez, por lo cual se han estado evaluando diversos sensores de firmeza que tienen la particularidad de no ser destructivos; pero son sistemas que todavía se encuentran en una etapa embrionaria y que hasta el momento no han dado buenos resultados, siendo todavía el penetrómetro más exacto que estos sensores.


La razón para buscar un sensor que pueda determinar la firmeza de la fruta, se debe a que el método tradicional sigue produciendo pérdidas, este último cuando se aplica en embarques. Las pérdidas llegan a alcanzar hasta un 10% por ablandamiento de la fruta (Watkins y Bartsch, 1997).

También se pueden usar narices electrónicas, basadas en la detección de productos químicos (como aldehídos), o biosensores, para oler los productos y detectar la presencia de los compuestos asociados a la maduración organoléptica, a las alteraciones metabólicas o a otro tipo de deterioros. Así como el uso de robots conectados a computadoras, por ej., las líneas de empaquetado de melón en Francia (Wills *et al.*, 1997).

Conclusiones

La selección y aplicación adecuada de los índices de maduración ayudan a determinar el momento apropiado para cosechar un fruto. Este último es uno de los aspectos más importantes en la producción de frutas para su consumo, o posterior conservación. Además, la determinación de índices de maduración se refleja en la calidad de la fruta y por consiguiente en las utilidades, al generar menos desperdicio (fruto con características no deseadas por el consumidor).

Las investigaciones recientes, están abocadas en obtener métodos nuevos para determinar la fecha adecuada para la recolección de los frutos, esto se hace con más precisión debido a lo exigente de los mercados importadores; además estas pruebas no son destructivas, y las pérdidas por realizarlas son mínimas.

En el mundo, lo que más se sigue usando en el ámbito de campo son los métodos tradicionales, pero a nivel de embalaje se ha observado la incorporación de tecnología nueva como lo es el colorímetro, esto debido a la necesidad de satisfacer parámetros de color específicos, que cada vez exige más el mercado. Así como también el uso de robots; el problema es el costo alto y conocimiento técnico que se requiere para su uso. Por otra parte, las investigaciones recientes sobre sensores que determinan firmeza del fruto, no han podido cumplir los requerimientos mínimos para ser un método totalmente confiable 

Referencias

- CRISOSTO C.H.
1994. Optimum procedures for ripening stone fruit, *Management of ripening fruit*. 24-25.
- KNEE M., HATFIELD S; SMITH S.M.
1989. Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruits intended for long-term storage, *J. Hortic. Sci.* 64, 403-411.
- KENNETH L.
1987. La maduración de la manzana. *Revista Frutícula*. 8, 3-6.
- LEOPOLD, A.C; KRIEDEMANN P.E
1975. *Plant Growth and development*. Ed. McGraw Hill, N. Y., 16-34.
- LÓPEZ M.L., LAVILLA M.T., RECASENS I., GRAELL J., VENDRELL M.
2000, Changes in aroma quality of "Golden Delicious" apples, *J. Sci. of Food and Agric.* 80, 311-324.

- RODEES M.J
1971. The climacteric and ripening of fruits; The biochemistry of fruits, and their products *Food sci. and techn.*, Ed. A.C. Hulme, A. P. London and N. Y., 333-373.
- PITTS, M., CAVALIERI R., DRAKE S., FELLMAN J.
1997. Evaluating apple firmness sensors. Washington State University tree fruit postharvest, *journal*. 8, 4.
- URBINA VALLEJO V.
1990. La calidad de los frutos. *Revista de fruticultura*. 5, 2.
- WATKINS C., BARTSCH J.
1997. *Calibration and use of penetrometers, refractometers, gas monitoring equipment, and thermometers*. 31-36.
- WILLS R.H., LEE T.H., MCGLOSSON W.B., MAY E.G, GRAHAM D.
1997. *Fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. 2ª. Acribia, S.A. 143-166.

Referencia selecta

1. <http://ikxur.com/01ed5595c80a42e33.html>
2. <http://www.oecd.org/dataoecd/1/4/31593715.pdf> (regimen de la OCDE de norma-s Internacionales para frutas y hortalizas)
3. <http://faostat.fao.org/agriculturechapingo>
4. <http://www.jenk.com/minolta>