

Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos

B.K. Dadzie et J.E. Orchard



Agradecimientos

Este manual fue producido como parte de un proyecto de investigación colaborativo internacional sobre la caracterización postcosecha de bananos y plátanos.

Los autores agradecen a los participantes en el proyecto, la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP), el *Natural Resources Institute* (NRI) y la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), por su asistencia.

Agradecemos a *British Overseas Development Administration* (ODA), quien financió este proyecto.

Nuestros agradecimientos especiales al Dr. N. Poulter y el personal del NRI, Dr. H. Wainwright (anterior personal del NRI), Dr. N. Mateo, Ing. R. Jaramillo, Dr. David Jones y el personal de INIBAP, Dres. P. Rowe, F. Rosales, A. Martínez, H. E. Ostmark y el personal de la FHIA por sus significativas contribuciones a este proyecto.

Agradecemos la asistencia de laboratorio ofrecida por el Sr. H. Banegas.

Contenido

Introducción	3
1. Características postcosecha durante la cosecha	5
2. Maduración de la fruta	15
3. Vida verde y vida útil	21
4. Calidad de maduración de la fruta	25
5. Propiedades organolépticas	31
6. Calidad para la cocción	37
7. Calidad para el procesamiento	41
8. Daños mecánicos	43
9. Trastornos fisiológicos	47
10. Enfermedades postcosecha	51
Bibliografía	57
Lista de abreviaturas	60
Apéndices	61
Ilustraciones	I a XII

Introducción

Los bananos, bananos de cocción y los plátanos (*Musa* spp., grupos AAA, AAB y ABB) son unos de los principales cultivos amiláceos en el mundo en vías de desarrollo. Ellos se consumen tanto como alimento que proporciona energía, como fruta de postre. Se estima que los plátanos y otros tipos de bananos suministran más de 200 calorías (energía alimenticia) por día a unos 60 millones de personas en África (Stover y Simmonds 1987). En América Tropical y en el Caribe, esta fruta tiene un gran significado socioeconómico y nutricional y su exportación genera considerables ingresos y empleos. En total, el banano y el plátano constituyen el cuarto producto alimenticio en importancia a nivel global después del arroz, trigo y maíz, en términos del PIB (CGIAR 1992, 1993). Alrededor de 90% de la producción mundial total (63 millones de toneladas) se consume localmente en los países productores, dejando sólo 10% para la exportación (CGIAR 1992, 1993).

En los últimos veinte años, la producción de bananos, bananos de cocción y plátanos continuó su declive como resultado de la disminución de la fertilidad de los suelos, fenómenos de disminución del rendimiento, problemas de plagas (picudos, nematodos) y, lo más importante, la propagación de la enfermedad de la raya negra de la hoja llamada Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) (IITA, 1992; Stover y Simmonds 1987; Swennen 1990). La Sigatoka negra puede ser controlada, pero el costo de los fungicidas químicos, que oscila en alrededor de US\$800-1000 por hectárea por año, es prohibitivo. En Guatemala, por ejemplo, algunos productores de bananos y plátanos rocían unas 50 veces al año (Hibler y Hardy 1994). La aplicación masiva de químicos en las plantaciones bananeras y plataneras también causa la indignación de los ambientalistas y consumidores preocupados. Por lo tanto, la mejor alternativa para el control de la Sigatoka negra es el mejoramiento de híbridos resistentes.

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) ha estado en la primera línea del mejoramiento de los nuevos y promisorios híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos resistentes a la Sigatoka negra, con potencial agronómico superior. Sin embargo, pocas investigaciones han sido realizadas para seleccionar y caracterizar sus características postcosecha y cualidades organolépticas. Como resultado, en 1993, se inició un proyecto colaborativo internacional, de dos años y medio de duración, con la participación de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP), el *Natural Resources Institute* (NRI) y la FHIA, financiado por la *British Overseas Development Administration* (ODA). El objetivo primordial del proyecto fue el establecimiento de los principales criterios postcosecha, así como de métodos y procedimientos para la evaluación rutinaria de nuevos híbridos de bananos y plátanos.

Este manual describe los principales criterios postcosecha y métodos/ procedimientos para la evaluación rutinaria de nuevos híbridos de *Musa*. La mayoría de los métodos y procedimientos descritos son sencillos, fáciles de aplicar y requieren equipos limitados y de bajo costo.

El manual está diseñado para suministrar información útil y asistir a los fitomejoradores e investigadores en la evaluación postcosecha de nuevos híbridos de *Musa*. Se anticipa también que el manual servirá como material de referencia útil para otras personas involucradas en la investigación postcosecha y transferencia de tecnología.

Existen muchos criterios postcosecha para la selección de nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, sin embargo, entre los principales se encuentran los siguientes:

1. Características postcosecha durante la cosecha;
2. Maduración de la fruta;
3. Vida verde y vida útil;
4. Calidad de maduración de la fruta;
5. Propiedades organolépticas;
6. Calidad para la cocción;
7. Calidad para el procesamiento;
8. Daños mecánicos;
9. Trastornos fisiológicos;
10. Enfermedades postcosecha;

Los principales métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación rutinaria de nuevos híbridos de *Musa* son descritos en los capítulos que siguen a continuación.

1. Características postcosecha durante la cosecha

Las características postcosecha durante la cosecha esenciales para la selección de nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos son las siguientes:

- (1) Características del racimo y del fruto;
- (2) Características de la calidad postcosecha.

Dependiendo de la localidad o país, la mayoría de los productores y consumidores de bananos, bananos de cocción y plátanos generalmente prefieren los racimos de gran tamaño con dedos pequeños y/o dedos largos o cortos. Por lo tanto, la evaluación del peso del racimo y de las características de la fruta, como su peso, longitud, circunferencia y volumen, representan importantes criterios para la selección postcosecha. Seleccionar nuevos híbridos de *Musa* por las características de su fruta durante la cosecha puede ser importante para el diseño del empaque, lo que mejoraría la eficiencia del manejo y del transporte. También es muy importante para la evaluación de la madurez de la fruta durante la cosecha. La evaluación de las características de calidad postcosecha (como por ejemplo, el color de la pulpa y de la cáscara, firmeza de la pulpa, sólidos solubles totales, humedad y contenido de materia seca) es importante para la determinación de la maduración de la fruta y podría también complementar los estudios de evaluación sensorial. La selección de nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos por sus características postcosecha durante la cosecha brindará al fitomejorador información útil para el futuro trabajo de mejoramiento. También permitirá una comparación significativa de los nuevos híbridos de *Musa* con los cultivares existentes.

1.1. Evaluación de las características postcosecha durante la cosecha

Para reducir la variación y obtener datos consistentes, es esencial que todas las mediciones se limiten a (o se tomen de) los dedos de la segunda mano de los racimos recién cosechados, maduros fisiológicamente (con frutas verdes). Sin embargo, si no hay cantidad suficiente de muestras, se puede incluir frutas de la tercera mano.

A continuación se presentan los métodos y procedimientos postcosecha para la selección rutinaria de los nuevos híbridos de *Musa* por sus características postcosecha durante la cosecha.

1.1.1. Características del racimo y de la fruta durante la cosecha

La evaluación de las características del racimo y de la fruta durante la cosecha incluye lo siguiente:

a. *Peso del racimo (kg)*

El peso del racimo (de cada cultivar/híbrido) se determina pesando racimos individuales en una balanza (usualmente, con dos puntos decimales).

b. *Cantidad de manos*

La cantidad de manos se obtiene contando las manos en cada racimo.

c. *Cantidad de dedos*

La cantidad de dedos se obtiene simplemente contándolos (por mano) en cada racimo.

d. *Peso de la fruta (g)*

El peso de la fruta se determina pesando el dedo individual en una balanza (por ejemplo, en una balanza electrónica de Mettler, usualmente, con dos puntos decimales).

e. *Longitud de la fruta (cm)*

Generalmente, la longitud de la fruta se determina midiendo la curvatura exterior del dedo individual con una cinta desde el extremo distal hasta el extremo proximal, donde se considera que termina la pulpa (Figura 1). Sin embargo, algunos investigadores determinan la longitud de la fruta de los dedos del banano, midiendo la curvatura interior de la fruta a partir de la juntura de la pulpa y del pedúnculo hasta la punta de la fruta, y otros la miden en línea recta desde el pedúnculo hasta la punta (extremo floral); (Thompson y Burden 1995). Cualquier método que sea utilizado, es importante registrarlo.

f. *Circunferencia de la fruta (cm)*

La circunferencia del dedo se determina midiendo la fruta individual con una cinta en su punto más ancho (Figura 2).

g. *Volumen de la fruta (cm³)*

El volumen de la fruta se obtiene por el desplazamiento directo del volumen o pesando la fruta bajo agua como sigue:

- Pesar (en una balanza electrónica de Mettler con dos puntos decimales, usualmente) el contenedor con agua, con espacio suficiente para sumergir luego la fruta.
- Sumergir la fruta mientras el contenedor se encuentra todavía sobre la balanza. Para evitar las formación de burbujas de aire en la superficie de la fruta, que causan lectura errónea, ponga unas pocas gotas de un agente humedecedor o detergente en el agua para reducir la tensión superficial. Procure que la fruta no toque los lados o el fondo del contenedor manteniéndola bajo el agua con un objeto (determine el peso del objeto en la balanza antes de colocarlo en el agua).
- Lea el peso del contenedor más el agua más la fruta sumergida (con el objeto).
- La diferencia en gramos entre los dos pesos es igual al volumen de la fruta en centímetros cúbicos (cm³).

h. Densidad de la fruta (gravedad específica)

La densidad de la fruta o la gravedad específica se obtiene dividiendo simplemente el peso de la fruta en el aire entre su volumen (Kushman y Pope 1968; Kushman *et al.* 1966).

i. Peso de la pulpa y de la cáscara (g)

El peso de la pulpa y de la cáscara se determinan después de pelar los dedos y pesar la pulpa y la cáscara por separado (por ejemplo, en una balanza electrónica de Mettler, con dos puntos decimales usualmente).

j. Relación pulpa/cáscara

Se separan la pulpa y la cáscara, se pesan individualmente y se expresan como una relación pulpa/cáscara (es decir, el peso de la pulpa dividido entre el peso de la cáscara).

k. Grosor de la cáscara y de la pulpa (cm)

Después de cortarla transversalmente en el punto central, la fruta se pela y se mide la cáscara y la pulpa por separado con un calibrador, como es mostrado en la Figura 3.

1.1.2. Cualidades postcosecha durante la cosecha

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de las características de calidad postcosecha durante la cosecha incluyen lo siguiente:

a. Color de la cáscara y de la pulpa

El color de los bananos, bananos de cocción y plátanos es probablemente el único factor por el cual el consumidor evalúa la calidad de la fruta. Por lo tanto, el color de la cáscara y de la pulpa de los bananos, bananos de cocción y plátanos representa importante criterio de selección postcosecha. El color de la fruta podría indicar el estado de deterioro, infestación por enfermedades y/o contaminación. El color de la fruta influye significativamente sobre la calidad, que exige el mercado, y la aceptabilidad por parte del consumidor de los bananos, bananos de cocción y plátanos. El color de la cáscara a menudo es el principal criterio postcosecha utilizado por los investigadores, productores y consumidores para determinar si la fruta es madura o verde (Medlicott *et al.* 1992). En algunos países (por ejemplo, en Ghana, Nigeria, Honduras, etc.), los consumidores han desarrollado distintas correlaciones entre el color y la calidad total de productos específicos. Los bananos de cocción o plátanos deben ser verdes o amarillos; los productos de cualquier otro color (por ejemplo, plátano rojo) serán difíciles de vender. De aquí, el color es crítico como primera evaluación visual de la calidad de los bananos de cocción o plátanos. Los consumidores asocian el color de la cáscara con sabores o usos específicos y usualmente comprarán los bananos de cocción o plátanos si este color satisface sus propósitos o deseos. En algunos países de Africa Occidental, si la pulpa de un plátano o banano de cocción es de color naranja o amarillo, esto indica que la fruta es madura. Por lo tanto, la evaluación del color de la pulpa y de la cáscara es importante en la selección postcosecha de los nuevos híbridos.

PRINCIPIO

La comunicación de una percepción del color necesita una evaluación, descripción y un medio para difundir los resultados de una manera sistemática. Tablas de colores o instrumentos de medición de colores son las herramientas que se utilizan para este propósito (Knee 1980; Wainwright y Hughes 1989, 1990).

Calibración del colorímetro

Calibre el colorímetro tal como lo describe el manual de usuario antes de realizar cada sesión de medición. Siga las instrucciones específicas del instrumento que se utiliza para la medición de los colores.

Medición del color de la cáscara y de la pulpa utilizando el colorímetro

El color de la cáscara y de la pulpa de los bananos, bananos de cocción y plátanos puede ser medido utilizando el cromametro Minolta (CR-100 o CR-200) con una cabeza de medición de 8 mm.

Medición del color de la cáscara: Coloque la cabeza de medición sobre la superficie de la fruta (superficie de la cáscara), tome aproximadamente 2-3 lecturas (en cada superficie de la fruta) y calcule el promedio.

Medición del color de la pulpa: Corte la fruta transversalmente en el punto medio y coloque la cabeza de medición en el centro o lóculo y tome una sola lectura.

Las mediciones de color se registran utilizando la escala L*, a* y b* de Hunter (Hunter 1975; Francis 1980). La coordenada "L" es una medida de claridad (blanco-negro y varía desde el punto de ausencia de reflejo, L = 0, hasta el punto de reflejo difuso perfecto, L = 100). La escala "a" varía desde los valores negativos para el color verde, hasta los positivos para el rojo. La escala "b" varía desde los valores negativos para el color azul, hasta los positivos para el amarillo. Los valores L*, a* y b* deben ser convertidos en el matiz, valor y croma (McGuire 1992). En algunos cromametros Minolta, los valores L*, a* y b* se convierten en el matiz, valor y croma automáticamente.

b. Firmeza de la pulpa

La textura o firmeza de la pulpa de los híbridos de banano, banano de cocción y plátano es una importante característica de calidad postcosecha en la evaluación de las características postcosecha durante la cosecha. La misma podría ser utilizada como un índice de madurez/maduración. También podría facilitar la comparación de la tasa de ablandamiento de los nuevos híbridos con la de sus progenitores. La estimación de la firmeza es importante en la evaluación de la susceptibilidad de la fruta a daños físicos o mecánicos o manejo postcosecha (Kramer 1964).

PRINCIPIO

La textura de los bananos, bananos de cocción y plátanos es una característica compuesta, que es el resultado de una combinación de varios factores, como la turgencia hídrica y los componentes estructurales de los tejidos y células. Cualquier procedimiento individual de evaluación física sólo puede suministrar una indicación limitada de estas propiedades de la textura. La mayoría de los dispositivos rutinarios de medición de textura determinan aspectos como compresibilidad, deformación o ruptura de la muestra examinada. La indicación de la firmeza se obtiene mediante la fuerza necesaria ejercida para causar la penetración de una sonda estándar a una profundidad

específica dentro del producto. Un penetrómetro manual (Figura 4) o de mesa, o el penetrómetro combinado con una prensa perforadora (Figura 5), son algunas de las herramientas que se utilizan usualmente para medir la firmeza de la pulpa.

Tipos de penetrómetros

Los tipos de penetrómetros disponibles son los siguientes:

- Penetrómetro Effegi;
- Probador de presión Magness-Taylor.

Fueron desarrolladas técnicas sónicas no destructivas, pero las mismas no se aplican ampliamente.

Calibración del penetrómetro

El penetrómetro debe ser revisado diariamente antes de usarlo. Es necesario mover el pistón durante unos diez minutos para asegurarse que su movimiento es suave; de otro modo las lecturas iniciales pueden ser mayores que las subsiguientes.

El penetrómetro usualmente mide la resistencia de la fruta a una fuerza constante. Por lo tanto, para obtener lecturas correctas de la firmeza de la fruta es esencial que el método empleado en la operación de un penetrómetro sea normalizado de la siguiente manera:

- Al utilizar un penetrómetro manual, mantenga la muestra firmemente con una mano contra una superficie firme.
- Al utilizar un penetrómetro de mesa o combinado con una prensa perforadora (permite obtener una fuerza de aplicación uniforme) para medir la fuerza de ruptura de la pulpa de las secciones transversales de los tejidos de la pulpa, coloque la muestra en una plataforma de plexiglás o similar con una abertura ligeramente mayor que el diámetro de la sonda. Esto se hace para reducir el riesgo de causar daños a la sonda o al manómetro de fuerza (Figura 5).
- La profundidad de inserción del pistón dentro de la fruta debe ser constante.
- Los pistones tienen un círculo marcado en el eje a una distancia de aproximadamente 7.9 mm desde la punta. El pistón debe ser insertado en la fruta hasta que alcance esta línea marcada y no hasta la placa, para evitar que los jugos salpiquen el instrumento o al operador.
- La velocidad con la cual se inserta el penetrómetro en la pulpa debe ser constante. Se necesitan unos dos segundos para insertar el pistón en la pulpa hasta la marca indicada en el pistón.

Aún, siguiendo estas instrucciones, puede haber diferencias en las lecturas obtenidas por diferentes operadores. De este modo, si es posible, una sola persona debe efectuar las pruebas para obtener resultados comparativos y consistentes.

Medición de la firmeza de la pulpa

La firmeza de la pulpa de los bananos, bananos de cocción y plátanos se determina en las secciones transversales de la fruta de la manera siguiente:

- Corte transversalmente, en el punto medio, 1 cm de tejido de la fruta (es decir, la cáscara y la pulpa).
- Coloque la muestra sobre una plataforma de plexiglás o similar, como muestra la Figura 5.
- Mida la fuerza necesaria para penetrar 1 cm del tejido de la pulpa con una sonda cilíndrica de 6 mm de diámetro, montada en un probador de firmeza de mesa, equipado con un manómetro electrónico de fuerza Salter de 0-10 kg (Figura 5).

- El valor registrado es la fuerza máxima necesaria para que la pulpa ceda a la punta de la sonda. La firmeza de la pulpa generalmente se registra en kilogramo-fuerza (kgf) o Newtons (N) (1 kgf = 9.80665 N).

La temperatura de las muestras puede afectar las mediciones (Bourne 1982) y debe ser normalizada. Es necesario registrar el diámetro de la sonda del penetrómetro.

c. *Sólidos solubles totales*

Las frutas, incluyendo los bananos, bananos de cocción y plátanos, contienen muchos compuestos solubles en agua, como por ejemplo, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos solubles forman el contenido de sólidos solubles de la fruta. En la mayoría de las frutas maduras, incluyendo el banano, banano de cocción y plátano, los azúcares representan el principal componente de los sólidos solubles. Sólidos solubles totales (SST) es una importante característica de la calidad postcosecha en la selección de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos. Ya que la cantidad de SST o azúcar en las frutas aumenta a medida que éstas maduran, el contenido de sólidos solubles en la fruta puede representar un índice o estado de madurez útil. El refractómetro es el instrumento que se utiliza para medir el contenido de sólidos solubles totales en las frutas.

Tipos de refractómetros

El tipo más común de refractómetro utilizado para evaluar el contenido de los sólidos solubles totales en las frutas, incluyendo el banano, banano de cocción y plátano, es el refractómetro manual. Estos refractómetros marcan la variación del grado Brix (°B) desde 0-20 o 0-32% en graduaciones de 0.2 o 0.5%. En el mercado existen varios tipos de refractómetros:

- Atago 0-20% o 0-32%;
- Bellingham y Stanley 0-28%;
- Erma 0-20%.

Selección de un refractómetro

Al seleccionar un refractómetro, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- La escala debe ser fácil de leer.
- Debe existir un buen contraste entre las porciones claras y oscuras del campo visual y las líneas de demarcación deben ser finas y distintivas.
- Poder calibrar el instrumento fácilmente y con precisión y que éste no se desajuste con facilidad.
- El instrumento debe ser robusto.

Calibración del refractómetro

Las lecturas del refractómetro de los grados Brix (°B) o de los sólidos solubles totales (% SST) se alteran ligeramente con los cambios de temperatura. El instrumento debe estar calibrado para ser utilizado a 20°C, e, idealmente, el instrumento y la fruta deben estar a esta temperatura. Nuevos modelos de refractómetros tienen controles automáticos de temperatura.

Para calibrar el refractómetro

- Coloque varias gotas de agua destilada sobre la superficie del prisma.
- Cierre la cubierta del prisma, asegúrese que no hay burbujas de aire atrapadas en la

película de agua, luego apunte el refractómetro hacia una fuente de luz. Un campo circular se observa a través de una mirilla que tiene una escala vertical en un lado con marcas de 0.2 o 0.5% de sólidos solubles (SS). Con el líquido en el prisma, el campo se dividirá en dos porciones: clara y oscura. El punto, en el cual la línea de demarcación entre estas dos porciones cruza la escala vertical, da la lectura de °B o el porcentaje (%) estimado de SST. Con agua destilada, esta lectura debería ser 0%. La línea puede ser ajustada en la escala vertical con tornillos debajo o por encima de la caja del prisma.

- Después de calibrar el refractómetro con agua destilada, es importante también revisar su precisión a °B mayores, utilizando soluciones frescas de sacarosa de concentración conocida, por ejemplo, 12% p/v de sacarosa (12 g de sacarosa en 88 ml de agua destilada).

Si la línea de demarcación en la escala del refractómetro no se distingue, esto podría haber sido debido a:

- Grandes burbujas de aire en la película del jugo. Una mayor cantidad de jugo puede ser necesaria para asegurar que la superficie del prisma esté bien cubierta.
- Humedad que penetró en el sistema óptico del refractómetro. Es necesario secar el refractómetro a 30-40°C.

Siempre limpie con cuidado la superficie del prisma del refractómetro con un papel tisú entre cada lectura. Después de usarlo, lave el prisma en agua destilada y séquelo bien con un papel tisú suave y guarde en un lugar seguro.

Medición de sólidos solubles totales

La medición con precisión de los sólidos solubles totales en las frutas requiere de métodos largos y tediosos. Sin embargo, comúnmente se utilizan dos métodos, menos difíciles, para estimar los sólidos solubles en el jugo de frutas. Uno mide la gravedad específica del jugo utilizando un hidrómetro.

El segundo método, y más popular, mide el índice refractivo del jugo utilizando un refractómetro. Abajo se describe sólo el segundo, ya que es el método más popular para medir el contenido de sólidos solubles totales en los bananos, bananos de cocción y plátanos.

Medición del índice refractivo del jugo de la pulpa utilizando un refractómetro

El índice refractivo (o el contenido de sólidos solubles totales) del jugo de la pulpa de bananos, bananos de cocción o plátanos se mide como sigue:

- Licúe en un mezclador de cocina 30 g del tejido de la pulpa (de la sección transversal de la fruta) en 90 ml de agua destilada, por 2 min. y luego filtre la mezcla (por ejemplo, a través de un papel de filtración).
- Coloque una gota del filtrado en el prisma del refractómetro (por ejemplo, en la Figura 6, el refractómetro Atago, N-20, Modelo N, McCormick Fruit Tech., brix varía entre 0 y 20% a 20°C).
- Dirija el refractómetro hacia una fuente de luz y lea el porcentaje de sólidos solubles totales.
- El valor registrado se multiplica por tres (debido a que la muestra inicial de la pulpa ha sido diluida tres veces con agua destilada).

El porcentaje del contenido de sólidos solubles totales de distintas frutas varía dependiendo del estado de madurez, por ejemplo, en los bananos, bananos de

cocción y plátanos, el centro de la pulpa, o área locular, usualmente tiene un mayor contenido de azúcares que el tejido cortical. Por lo tanto, para obtener un porcentaje de SST preciso, es necesario tomar varias muestras de pulpa, tanto de la parte central (área locular) como del tejido cortical.

Limitaciones

La temperatura de las muestras puede afectar las mediciones de los sólidos solubles totales (Bourne 1982) y debe ser normalizada. Se asume que el compuesto predominante en la solución o jugo de la fruta que se investiga, es la sacarosa o azúcar. Sin embargo, pueden estar presentes otros compuestos como ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas.

d. pH y la acidez titular total

Los valores de pH brindan la medida de la acidez o alcalinidad de un producto, mientras que la acidez titular brinda una medida de la cantidad de ácido presente. La evaluación del pH y de la acidez titular de los bananos, bananos de cocción y plátanos se utiliza primariamente para estimar la calidad para el consumo y características ocultas. Los mismos pueden ser considerados como indicadores de madurez de la fruta. Los ácidos contribuyen grandemente a la calidad postcosecha de la fruta, ya que el sabor es principalmente un balance entre los contenidos de azúcar y de acidez, por lo tanto, la estimación postcosecha de acidez es importante en la evaluación del sabor de la fruta.

PRINCIPIO

El valor de pH del filtrato de las muestras de pulpa se determina utilizando un electrodo de pH. La acidez titular del filtrato de las muestras de pulpa se determina mediante un análisis volumétrico con hidróxido de sodio de la muestra hasta el punto final de fenolftaleína y luego se calcula el ácido presente como ácido málico.

Preparación de reactivos

Preparación del indicador de fenolftaleína: Disolver 1.0 g de fenolftaleína en 50 ml de etanol y diluir con 100 ml de agua destilada. Guardar en botellas con gotero.

Preparación de la solución de hidróxido de sodio 0.1 N: Pesar 4 g de NaOH y disolverlo en 1 litro de agua destilada. La solución debe estar almacenada siempre en un contenedor sellado.

Calibración del medidor de pH

El pH del jugo de pulpa puede ser medido con un medidor de pH digital manual (Figura 7) o de mesa (Figura 8), mientras que la acidez titular total puede ser evaluada manualmente mediante volumetría (Figura 9) o utilizando un titulador automático (Figura 10). Siga las instrucciones particulares del fabricante del medidor de pH o del titulador.

Medición del pH del jugo de la pulpa

El pH del jugo de la pulpa de bananos, bananos de cocción y plátanos se mide de la siguiente manera:

- Pese 30 g de pulpa de banano, banano de cocción o plátano y colóquela en un mezclador de cocina, añadiendo 90 ml de agua destilada, luego licúe por 2 min. y

filtre (por ejemplo, a través de un papel de filtración).

- Lave el electrodo del medidor de pH en agua destilada y colóquelo en el filtrato.
- Permita unos minutos para que el medidor se estabilice para realizar la lectura. Registre el valor del pH del filtrato. Lave el electrodo del medidor con agua destilada y guarde como lo recomiendan las instrucciones del fabricante.
- Si no tiene un medidor de pH, use el papel indicador universal. Sumerja el papel en el filtrato preparado y compare el cambio de color con una tabla suministrada en el paquete del indicador. Identifique el color correspondiente y anote el pH.

Medición de la acidez titular total

La acidez titular total de los bananos, bananos de cocción y plátanos se mide de la siguiente manera:

- Pese 30 g del tejido de la pulpa y colóquelo en un mezclador de cocina, añadiendo 90 ml de agua destilada. Luego licúe la mezcla por 2 minutos y fíltrela.
- Transfiera 25 ml de filtrato en un frasco cónico de 125 ml.
- Añada 25 ml de agua destilada y 4-5 gotas de indicador de fenolftaleína.
- Llene una probeta de 25 ml de capacidad con 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH) y ajuste la marca cero después de eliminar las burbujas.
- Titule con 0.1 N de hidróxido de sodio hasta que el indicador cambie su color a rosado/rojo (Figura 9).
- Registre el volumen titulado del NaOH añadido. Los resultados se expresan (por ejemplo, como miliequivalentes por 100 g de muestra) en términos del ácido predominante presente. En banano, bananos de cocción y plátanos, el ácido málico es el predominante (Josylin, 1970).

Cuando se usa un titulador automático, titule las muestras de la pulpa hasta que el punto final de fenolftaleína alcance el pH 8.1, con 0.1 N de NaOH.

Limitaciones

El método de fenolftaleína para determinar la acidez titular total depende del cambio de color del producto, desde incoloro hasta rosado/rojo. A veces, cuando el producto tiene mucho color, es difícil notar el cambio de color a rosado/rojo. Para determinar la acidez titular total de los bananos, bananos de cocción y plátanos, el ácido predominante presente es el ácido málico, de aquí se asume que este es el único ácido presente.

e. Humedad de cáscara y pulpa y contenido de materia seca

La humedad de la cáscara y de la pulpa, así como el contenido de materia seca, son importantes criterios de calidad postcosecha en la selección de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, ya que suministran una medida del contenido de agua. Los mismos también brindan a los fitomejoradores la información que les es útil para determinar si el aumento del rendimiento es debido a un alto contenido de agua o debido a un genuino aumento del peso durante la cosecha. La evaluación del contenido de materia seca es esencial, porque la alta tasa de respiración, acompañada por una pérdida de agua que ocurre en bananos y plátanos durante la maduración, particularmente, durante la fase climatérica, causa una reducción neta en la proporción de la materia seca de la fruta. Adicionalmente, debido a que los progenitores masculinos, principalmente bananos (diploides), utilizados para obtener algunos híbridos de plátanos, tienen un bajo contenido de

materia seca, es importante evaluar el contenido de materia seca para averiguar si esta característica haya sido traspasada a los híbridos de plátano. La evaluación del contenido de materia seca podría brindar información útil sobre las diferencias en el contenido de humedad entre los híbridos de plátano y sus progenitores.

PRINCIPIO

La pérdida del peso por los materiales de la planta secados a 100°C se atribuye a la evaporación de agua higroscópica. Si el secado se prolonga químicamente, el agua de los tejidos también se evaporará. Sin embargo, la pérdida del segundo elemento es pequeña en comparación con la del primero (Kushman *et al.* 1966).

Medición del contenido de humedad y de materia seca

Los contenidos de humedad y de materia seca de los bananos, bananos de cocción y plátanos se miden de la siguiente manera:

- Etiquete y pese un contenedor vacío (por ejemplo, un plato de aluminio) en una balanza de Mettler (± 0.0001) y registre el peso (A).
- Coloque aproximadamente 30-50 g de muestras de cáscara o de pulpa frescas y molidas en el contenedor y registre el peso (B).
- Coloque las muestras en un horno de aire circulante a 100°C durante un día (24 horas).
- Transfiera las muestras del horno a un aparato par disecar y refresque a temperatura ambiente.
- Pese las muestras nuevamente después del secado (C).
- El porcentaje del contenido de humedad y materia seca de la muestra se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Peso fresco de la muestra} \quad (D) = B - A$$

$$\text{Peso de la muestra seca} \quad (E) = C - A$$

$$\% \text{ del contenido de humedad} = \frac{D - E}{D} \times 100$$

$$\% \text{ del contenido de materia seca} = 100 - (\% \text{ del contenido de humedad}).$$

2. Maduración de la fruta

La maduración de la fruta es un importante criterio postcosecha en la selección de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, ya que el estado de madurez de cualquier fruta cosechada influye enormemente sobre la vida verde o habilidad de almacenamiento de la fruta durante largos períodos de tiempo y calidad final para el consumo. Cada fruta desarrollará plenamente su olor, sabor y color característicos durante el almacenamiento, si la misma se recoge durante un período óptimo. Las frutas cosechadas en una etapa temprana de madurez son más susceptibles al marchitamiento y daños mecánicos y su calidad después de madurar resulta ser muy pobre, a pesar de tener una vida de almacenamiento larga. Por otro lado, la cosecha en una etapa avanzada no es conveniente para las frutas que serán transportadas por mar a largas distancias debido a su corta vida de almacenamiento (Harman 1981; Kader 1994). Por lo tanto, es importante realizar la cosecha en un estado de madurez adecuado para cumplir con los propósitos. La madurez en la cosecha es un factor importante que afecta la percepción de la calidad y la tasa de cambio de la calidad durante el manejo (manipulación) postcosecha. Conociendo el estado de madurez de un nuevo híbrido de *Musa*, se puede programar con eficiencia las operaciones de cosecha, manipulación y comercialización. Por lo tanto, es importante identificar los indicadores o índices claves de madurez para los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos de modo que se asegure la mejor calidad para el consumidor y se provea la flexibilidad necesaria en la comercialización.

2.1. Características del índice de madurez

Ya que las mediciones de la madurez la efectúan los productores, manipuladores y personal del control de calidad, éstas deben ser sencillas, poder ser realizadas con prontitud en el campo (y/o el laboratorio) o en el punto de inspección y requerir equipo de relativo bajo costo. El índice debe ser preferiblemente más objetivo, que subjetivo, e idealmente, no destructible.

2.2. Requerimientos para los índices de madurez

Muchas características de las frutas han sido utilizadas en intentos de proporcionar estimaciones adecuadas de madurez. El índice de madurez debe cumplir consistentemente con dos requerimientos para todos los productores, distritos y años (o estaciones).

El índice de madurez debe asegurar:

- Calidad mínima aceptable para el consumo
- Una vida de almacenamiento larga.

2.3. Criterios o índices comunes para la evaluación de la madurez de la fruta

No existen criterios objetivos reconocidos universalmente para determinar cuando cosechar los bananos, bananos de cocción o plátanos. Sin embargo, en la mayoría de las plantaciones y fincas, los criterios o índices comunes utilizados en la evaluación de la madurez o del tiempo de cosecha, pueden ser cualesquiera de los siguientes:

- Por experiencia y juzgando en gran parte por la apariencia visual del racimo colgante y particularmente por la angularidad de los dedos individuales (Palmer 1971).
- Las frutas se cosechan cuando los dedos de la primera mano muestran signos de maduración o amarillez, o cuando las puntas de los dedos se tornan negras (Dadzie 1994b, c).
- En la mayoría de las plantaciones bananeras, las frutas destinadas a los mercados distantes se cosechan en una etapa conocida como ‘tres cuartos lleno’, cuando los dedos están todavía claramente angulosos. Para los mercados locales, las frutas a menudo se cosechan cuando los dedos están llenos o redondeados.
- Usualmente, se utilizan cintas de colores para brindar información respecto a la edad del racimo.
- El diámetro (o grado del calibrador de la fruta) y la longitud de la fruta pueden ser utilizados como criterio para determinar el período de cosecha.

2.4. Control de la edad

El control apropiado de la edad o la evaluación de la edad del racimo de banano, banano de cocción o plátano es importante para decidir el tiempo de cosecha. Un control inadecuado de la edad de la fruta en la cosecha es uno de los factores que hacen que los cargamentos de banano muestren alguna cantidad de frutas maduras durante el viaje a su destino eventual. La falta de control de la edad de la fruta también puede resultar en una cosecha de racimos inmaduros o no suficientemente llenos. El control de la edad de la fruta es importante tanto para evaluar correctamente la vida verde, como para programar las operaciones de cosecha y manipulación eficientemente. Por lo tanto, es esencial el control adecuado de la edad de la fruta y la identificación de los índices claves de maduración para los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, que aseguran la vida máxima de almacenamiento, una mejor calidad para el consumidor y al mismo tiempo no arriesgan la maduración anormal.

2.5. Identificación de indicadores claves de maduración

El uso de un solo indicador de madurez puede ser aplicable a un cultivar/híbrido, pero no a otros, por lo tanto, el uso de una combinación de varios indicadores es esencial para determinar el tiempo de la cosecha. Los índices de madurez deben medir las características de la fruta y los atributos de calidad postcosecha, que cambian consistentemente a medida que se desarrolla la fruta, así que el cosechar la fruta con índices particulares permite predecir su calidad final para el consumo. Mientras que el índice de madurez

indestructible presenta ventajas para poder evaluar cada fruta, también es importante que los índices puedan ser medidos de una manera rápida, sencilla y poco costosa.

Indicadores de madurez adecuados para los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos asegurarían que las frutas alcancen una etapa de desarrollo apropiada antes de la cosecha. En adición a los criterios corrientes mencionados arriba, también deben ser identificados varios índices de madurez para cada nuevo híbrido de *Musa*.

2.6. Evaluación de la maduración de la fruta

En la identificación de los indicadores claves de maduración de la fruta deben ser utilizados métodos y procedimientos tanto de campo, como de laboratorio.

Métodos y procedimientos de campo

Los métodos y procedimientos de campo esenciales para la evaluación de los indicadores claves de la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos son los siguientes:

2.6.1. Etiquetado de las plantas durante la emergencia de las flores

Esto involucra la marcación de las plantas en el campo inmediatamente después de la emergencia de las flores (anotar la fecha de floración), o la utilización de cintas de colores para dar una indicación de la fecha de floración. El cálculo de la cantidad de días desde la anthesis hasta la cosecha brinda uno de los mejores indicadores de la madurez de los bananos, bananos de cocción o plátanos. Se notarán algunas variaciones en el desarrollo de cultivares/híbridos, así como variaciones en las condiciones de campo, sin embargo, este es el método más confiable para estimar la edad del racimo en los bananos, bananos de cocción o plátanos.

2.6.2. Observación visual del desarrollo del racimo y de las frutas

Después de efectuar el etiquetado de las plantas durante la emergencia de flores, una observación (o inspección) visual regular del desarrollo es extremadamente importante en la identificación de los indicadores externos de maduración de los bananos, bananos de cocción o plátanos. Anote cualesquiera cambios observados en el desarrollo del racimo y de los frutos en el campo.

Los cambios visuales más significativos en las características morfológicas de las frutas durante la maduración ocurren en su tamaño, forma, longitud y volumen (circunferencia), al avanzar la edad de los racimos. Generalmente, en la mayoría de los cultivares/híbridos de *Musa*, durante las etapas tempranas de desarrollo, los dedos individuales son angulosos, sin embargo, al progresar el crecimiento, los dedos pierden la angularidad y se tornan más redondeados y llenos en forma (al avanzar la edad de los frutos). El grado final de la redondez depende del cultivar. En algunos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, aparecen líneas verticales en la superficie de las frutas durante la maduración. Estas líneas son más pronunciadas en las frutas inmaduras, pero se vuelven menos pronunciadas al avanzar la maduración (Figura 11).

En algunos híbridos de los bananos de cocción, aparecen cortas líneas visibles de color marrón en una etapa posterior del desarrollo, las cuales se tornan más pronunciadas al avanzar la edad de las frutas. En algunos híbridos de *Musa*, los extremos del estilo se secan y se cuelgan de las frutas en la cosecha, mientras que en otros, se caen al madurar la fruta. Estos cambios, visibles en la morfología de la fruta durante la maduración, representan importantes índices de madurez, esenciales para la evaluación total de la época de cosecha. Es importante mencionar, que aunque algunos de los cambios morfológicos visibles, que ocurren en la fruta durante la maduración, pueden depender del cultivar/híbrido o ser únicos de un cultivar o híbrido particular, en general, la mayor parte de los mismos pueden manifestarse en la mayoría de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos. La Figura 11 es un ejemplo de los cambios típicos en las características morfológicas durante la maduración de la fruta.

Métodos y procedimientos de laboratorio

Coseche los racimos el mismo día (ver Figura 11) y con cuidado transporte las frutas al laboratorio para el análisis. Para reducir las variaciones y obtener datos consistentes, es esencial que todas las mediciones se limiten a (o se tomen de) los dedos de la segunda mano del racimo. Sin embargo, si no hay suficientes muestras, puede incluir las frutas de la tercera mano.

Los métodos y procedimientos de laboratorio, esenciales en la evaluación de los indicadores clave de maduración de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, incluyen los siguientes:

2.6.3. Cambios en las características de la fruta durante la maduración

Durante la maduración, las frutas muestran aumentos en varias de sus características, como el peso, la circunferencia con respecto a la longitud y la proporción entre la pulpa y la cáscara. Estos cambios ocurren simultáneamente con otros cambios visuales en la fruta, como el tamaño, forma, volumen, angularidad, color de la cáscara y naturaleza del extremo estilar. Generalmente, los cambios en las características de la fruta como el peso, longitud, circunferencia y área del corte transversal durante la maduración dependen del híbrido. Por lo tanto, en la selección postcosecha de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, las siguientes características de la fruta deben ser evaluadas para determinar la maduración de la misma:

a. Diámetro, longitud, peso, volumen y densidad de la fruta

La madurez de la fruta está usualmente relacionada con el diámetro o grado de los dedos, por lo tanto, se puede realizar una estimación de la madurez del racimo. En la práctica comercial, el diámetro del dedo o el grado de cosecha se determina midiendo con un calibrador el dedo medio en el círculo exterior de la segunda mano (en la parte más gruesa del dedo) en cada racimo (Figura 12). El grado se expresa de tres maneras dependiendo del país:

- (a) total de treinta y dos avos de pulgada (por ejemplo, el grado 42 es 110/32 de pulgada);
- (b) la cantidad de treinta y dos avos de pulgada sobre treinta y dos (por ejemplo, el grado 10 es 110/32 de pulgada);

(c) milímetros (por ejemplo, el grado 42 es 33 mm utilizando 0.794 para cada treinta y dos avos de pulgada. En América Central y del Sur, el grado se expresa como el número treinta y dos avos de pulgada sobre 1 pulgada, mientras que los milímetros se utilizan en el Caribe y en África (Stover y Simmonds 1987). Este parámetro puede variar dependiendo de las estaciones.

En la industria bananera, la longitud de la fruta o del dedo también se utiliza para evaluar la madurez del racimo antes de la cosecha y se determina midiendo el dedo medio en el círculo exterior de la segunda mano con una cinta diseñada especialmente para este propósito (Figura 13).

Durante la maduración, también ocurren cambios en el peso, volumen y densidad de los bananos, bananos de cocción y plátanos. Por lo tanto, es esencial evaluar estas características de la fruta en conjunto con otros cambios visuales de la misma.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del peso, longitud, volumen y densidad de la fruta han sido descritos en el capítulo anterior.

b. Relación pulpa/cáscara

Los cambios en la relación pulpa/cáscara de los bananos, bananos de cocción y plátanos durante la maduración es uno de los indicadores de la madurez más significativos y consistentes. Existen tanto una relación lineal como una fuerte correlación entre la relación pulpa/cáscara y edad del racimo (Dadzie 1993, 1994b, c). Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de la relación pulpa/cáscara han sido descritos en el capítulo anterior.

c. Área del corte transversal de la fruta

Generalmente, en algunos híbridos/cultivares de bananos, bananos de cocción y plátanos, el área del corte transversal o dimensiones de la fruta (es decir, los dedos cerca del ápice del racimo) cambian durante la maduración. La Figura 14 es un ejemplo de los cambios típicos que ocurren en los ángulos, forma y tamaño del área del corte transversal durante la maduración de la fruta.

EVALUACIÓN DEL ÁREA DEL CORTE TRANSVERSAL DE LA FRUTA

El área del corte transversal de la fruta se mide como sigue:

- Haga el corte transversal de la fruta en el punto medio y trace la superficie cortada sobre una hoja de papel con un lápiz suave afilado.
- Permita que el papel se seque y trace las secciones nuevamente sobre una hoja de papel limpia.
- Recorte las secciones (con unas tijeras) y pese en una balanza de Mettler (± 0.0001).
- De manera similar, recorte y pese un papel de 100 x 100 mm. El peso del papel de 100 x 100 mm da el peso por milímetros cuadrados (mm^2).

d. Arquitectura locular

En algunos híbridos, también ocurren cambios en la arquitectura locular de la fruta al progresar la maduración. La estructura locular, así como las semillas degeneradas en la fruta, se tornan pronunciadas al avanzar la edad de esta (Figura 14).

Los cambios en la arquitectura locular pueden ser evaluados cortando las frutas transversalmente en el punto medio y observando cualesquiera cambios en la arquitectura locular.

2.6.4. Cambios en las cualidades postcosecha durante la maduración

Durante la maduración, también ocurren cambios en las cualidades postcosecha de los bananos, bananos de cocción y plátanos, por lo tanto, es importante evaluar estas cualidades para poder identificar los índices claves de madurez. Las principales cualidades postcosecha que deben ser evaluadas son las siguientes:

a. *Color de la pulpa y de la cáscara*

Durante la maduración de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, ocurren cambios en el color de la pulpa y de la cáscara, que son esenciales en la evaluación total de la madurez de la fruta. En la mayoría de los híbridos de *Musa*, el color de la cáscara cambia de verde oscuro a verde claro (o amarillo/verde) al avanzar la maduración de la fruta. En la mayoría de los híbridos de bananos (y de algunos bananos de cocción), el color de la pulpa de las frutas preclimactericas cambia de blanco a cremoso o amarillo pálido durante las últimas etapas del desarrollo de la planta. En la mayoría de los híbridos de plátanos, el color de la pulpa es usualmente amarillo pálido en las frutas inmaduras, pero cambia a amarillo/naranja al avanzar la edad de la fruta. Estos cambios en el color de la pulpa y de la cáscara pueden significar el principio de la madurez fisiológica y podría ser utilizado en la estimación de la madurez de la fruta en los nuevos híbridos de *Musa*. Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del color de la pulpa y de la cáscara han sido descritos en el capítulo anterior.

b. *Firmeza de la pulpa*

Generalmente, la firmeza en la mayoría de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos no cambia significativamente durante las etapas tempranas de maduración, pero al progresar el crecimiento, pueden ocurrir cambios en la firmeza de la pulpa. Por lo tanto, es importante determinar la firmeza de la pulpa durante la maduración de la fruta.

Los métodos y procedimientos para la medición de la firmeza de la pulpa han sido descritos en el Capítulo 1.

c. *pH y acidez titular total de la pulpa*

Los cambios en el pH y en la acidez titular total de la pulpa durante la maduración dependen del híbrido. Algunos híbridos de *Musa* son caracterizados por una disminución del pH en la pulpa y el aumento en la acidez titular al avanzar la edad de la fruta, mientras que en otros híbridos no existen cambios significativos en el pH y acidez titular de la pulpa durante la maduración de la fruta. De este modo, el pH y la acidez titular total de la pulpa pueden ser utilizados como un indicador de madurez en algunos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos.

d. *Contenido de humedad y materia seca en la cáscara y en la pulpa*

El contenido de humedad y materia seca en la cáscara y en la pulpa de los bananos, bananos de cocción y plátanos son atributos de calidad postcosecha importantes en la evaluación de la maduración de la fruta. Durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos, ocurren cambios en el contenido de humedad y de materia seca en la cáscara y en la pulpa, sin embargo, estos cambios dependen del cultivar/híbrido.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del contenido de humedad y materia seca de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el capítulo anterior.

3. Vida verde

Los bananos de cocción, plátanos, y particularmente los bananos, usualmente se cosechan y almacenan cuando están en el estado verde maduro. Durante el almacenamiento, ellos permanecen firmes y verdes sin cambios significativos en el color de la cáscara, textura o composición por un prolongado período de tiempo (dependiendo de la temperatura, humedad y edad durante el período de cosecha), antes de que comience la maduración. Este bien definido período después de la cosecha, durante el cual las frutas permanecen verdes y firmes, se conoce como vida preclimacterica o vida verde (Blake y Peacock 1971; Peacock 1966; Peacock y Blake 1970). Una vez terminada la vida verde de la fruta e iniciada la maduración, la misma es irreversible y cualquier fruta en esta condición madurará demasiado durante el proceso de comercialización.

La introducción exitosa de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos no sólo se determinará por la durabilidad de su resistencia a las enfermedades y conveniencia agronómica. Su potencial de vida verde jugará un papel significativo en la aceptabilidad total (de los nuevos híbridos). La selección de híbridos que tienen una vida verde larga o permanecen verdes por un mayor período de tiempo después de la cosecha, o los que maduran lentamente, facilitaría la comercialización de la fruta y reduciría las pérdidas postcosecha. Por lo tanto, los nuevos híbridos de *Musa* deben ser seleccionados respecto a su potencial de vida verde.

A continuación se presentan los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de la vida verde de los bananos, bananos de cocción y plátanos.

3.1. Evaluación de la vida verde

La evaluación de la vida verde involucra los siguientes métodos y procedimientos:

- Marque las plantas en el campo inmediatamente después de la emergencia de las flores (registre la fecha de floración) y calcule la cantidad de días desde la anthesis hasta la cosecha para obtener una estimación precisa de la edad de los racimos.
- Coseche los racimos de diferentes edades (o maduración), desmánelos, empáquelos en cajas replicadas (forradas con una película de polietileno perforada) y almacénelos a dos temperaturas distintas de $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $27\pm 1^{\circ}\text{C}$. La humedad relativa debería ser bien controlada (por ejemplo, 90-95%) para prevenir la pérdida severa de agua o deshidratación de las frutas, lo que podría provocar la producción de etileno y, consecuentemente, la maduración prematura (George y Marritt 1983).
- Antes de almacenar, tome muestras representativas de las frutas y evalúe el color inicial de la cáscara y de la pulpa, la firmeza de la pulpa y sólidos solubles totales (como se describe en el Capítulo 1).

- La vida verde puede ser evaluada de la siguiente manera:
 - (a) Inspeccione visualmente el color de la cáscara de las frutas para cada temperatura de almacenamiento por lo menos dos veces al día.
 - (b) Tome muestras representativas de la fruta para cada temperatura de almacenamiento (a intervalos regulares) y mida las tasas de respiración, de producción de etileno (como se describe a continuación), la firmeza de la pulpa y sólidos solubles totales (como se describe en el Capítulo 1).
 - (c) Cualquier caja de frutas que se detecte haya empezado a madurar, debe ser removida del almacén (ya que el etileno producido por una fruta provocaría la maduración en el resto de las frutas).
 - (d) Al empezar la maduración, se termina la vida verde. La vida verde se calcula como el período de tiempo (en días) entre la cosecha y comienzo de la maduración.

La vida verde de los bananos, bananos de cocción y plátanos usualmente se relaciona con la edad de los racimos (Dadzie 1993, 1994b,c).

3.2. Métodos para la medición de las tasas de respiración y producción de etileno

Existen distintos métodos para estimar las tasas de respiración y producción de etileno en los órganos vegetales, incluyendo en los de los bananos, bananos de cocción y plátanos, pero ninguno de ellos es enteramente satisfactorio. Los métodos se basan en mediciones directas del dióxido de carbono (CO₂), u oxígeno (O₂) y etileno (C₂H₄), o sobre el monitoreo indirecto o variaciones del volumen de la producción de CO₂ (y C₂H₄) y absorción de O₂. Los siguientes son los dos métodos principales de estimación de CO₂ (o absorción de O₂) y producción de C₂H₄:

3.2.1. Flujo a través del sistema

El flujo a través del sistema involucra la incubación del órgano vegetal o fruta en un contenedor sellado a través del cual se hace pasar un flujo conocido de gas. La corriente de salida se pasa a través de una columna que contiene un absorbente de CO₂, como hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), que absorbe el CO₂ liberado. La cantidad de CO₂ producida durante un período de tiempo específico, se determina mediante el subsiguiente análisis titrimétrico o gravimétrico del material absorbido. Alternativamente, las diferencias en las concentraciones de CO₂ (u O₂) y C₂H₄ entre la entrada y la salida del contenedor pueden ser determinadas utilizando un cromatógrafo de gas (detector de conductividad termal (DCT) para la detección de CO₂ y O₂ o un analizador infrarrojo de gas (AIGR) para la detección de CO₂; y un detector de ionización de llamas (DILL) para la detección de C₂H₄) (Kader 1987; Solomos 1987).

La tasa de respiración (y producción de etileno) se calcula sobre la base del peso de la fruta, tasa de flujo y cambios en la concentración de CO₂ u O₂ (o la concentración de C₂H₄).

La tasa de respiración (ml o cm³ de O₂ (o CO₂) kg⁻¹hora⁻¹) o la tasa de producción de etileno (μl de C₂H₄ kg⁻¹ hora⁻¹) se calcula como:

$$\frac{\Delta O_2 \text{ o } \Delta CO_2 \text{ o } \Delta C_2H_4}{100} \times \frac{\text{tasa de flujo (ml/hora)}}{\text{peso de fruta (kg)}}$$

Donde:

ΔO_2 = cambios en la concentración de O_2 (%)

ΔCO_2 = cambios en la concentración de CO_2 (%)

ΔC_2H_4 = cambios en la concentración de C_2H_4 (ml^{-1})

Limitación

El sistema de flujo transversal es especialmente conveniente para la medición del flujo de CO_2 y C_2H_4 , ya que estos gases pueden ser depurados (utilizando KOH y $KmnO_4$ respectivamente) a partir del flujo gaseoso entrante de tal manera, que sólo las cantidades producidas por las frutas estén presentes en el flujo afluente de aire. También es extremadamente difícil medir el O_2 con precisión utilizando este enfoque, ya que es necesario medir con precisión la diferencia entre los flujos entrante y saliente, siguiendo una cantidad de absorción relativamente pequeña de O_2 por la fruta (Ben-Yehoshua y Cameron 1988).

3.2.2. Sistema cerrado

En este método, las frutas se sellan en un contenedor y se mide la acumulación de CO_2 y C_2H_4 y/o el agotamiento de O_2 en la atmósfera del contenedor sellado (utilizando un cromatógrafo gaseoso, DCT para CO_2 y O_2 ; AIGR para la detección de CO_2 ; DILL para la detección de C_2H_4) después de un período de tiempo específico, usualmente 1 hora.

Limitación

La principal limitación del sistema cerrado consiste en que este no es un sistema equilibrado, y el agotamiento de O_2 y la acumulación de CO_2 o C_2H_4 puede afectar el tejido y su tasa de respiración (Kader 1987). Estos problemas pueden ser vencidos manteniendo el período de incubación al mínimo posible (usualmente una hora).

Las tasas de la absorción de O_2 y producción de CO_2 y C_2H_4 se calculan de la manera siguiente:

a. Tasa de absorción de O_2 ($cm^3 kg^{-1} hora^{-1}$):

$$\frac{[O_2] \text{ inicial} - [O_2] \text{ final}}{100} \times (V_{\text{jarra}} - V_{\text{fruta}}) \times \frac{1000}{P_{\text{fruta}}} \times \frac{60}{T}$$

b. Tasa de producción de CO_2 ($cm^3 kg^{-1} hora^{-1}$):

$$\frac{[CO_2] \text{ final} - [CO_2] \text{ inicial}}{100} \times (V_{\text{jarra}} - V_{\text{fruta}}) \times \frac{1000}{P_{\text{fruta}}} \times \frac{60}{T}$$

c. Tasa de producción de C_2H_4 ($\mu l kg^{-1} h^{-1}$):

$$\frac{[C_2H_4] \text{ final} - [C_2H_4] \text{ inicial}}{1000} \times (V_{\text{jarra}} - V_{\text{fruta}}) \times \frac{1000}{P_{\text{fruta}}} \times \frac{60}{T}$$

Donde: $[O_2]$ inicial = concentración inicial de oxígeno (%)

$[O_2]$ final = concentración final de oxígeno (%) (0.01% = 100 ppm)

$[CO_2]$ inicial = concentración inicial de dióxido de carbono (%)

$[CO_2]$ final = concentración final de dióxido de carbono (%)

$[C_2H_4]$ inicial = concentración inicial de etileno (μl^{-1}) ([0.01 μl^{-1}] = ppm)

$[C_2H_4]$ final = concentración final de etileno (μl^{-1})

V_{jarra} = volumen del contenedor o jarra (cm^3)

V_{fruta} = volumen de fruta (cm^3)

P_{fruta} = Peso de fruta (kg)

T = Tiempo (horas).

3.3. Vida de almacenamiento

La vida de almacenamiento es simplemente el período de tiempo durante el cual se espera que una fruta mantenga un nivel predeterminado de calidad bajo condiciones de almacenamiento especificadas. En otras palabras, es el período (en días) entre la iniciación o comienzo de la maduración (es decir, el final de la vida verde) y el final de la vida vendible o vida comestible (de la fruta) en el almacén. Es esencial que los nuevos bananos, bananos de cocción y plátanos sean seleccionados para determinar su potencial de vida de almacenamiento, ya que así obtendríamos información útil sobre el potencial de almacenamiento y comercialización de los nuevos híbridos. El conocimiento de la vida de almacenamiento también permitiría diseñar técnicas adecuadas para el almacenamiento, manipulación y comercialización de la fruta.

3.3.1. Evaluación de la vida de almacenamiento

La determinación de la vida de almacenamiento requiere la especificación de los criterios de calidad y las condiciones de almacenamiento. La vida de almacenamiento empieza inmediatamente después de que se termina la vida verde de la fruta. Las frutas, almacenadas a dos temperaturas, $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ (como se describe en el capítulo anterior), deben ser transferidas a temperatura ambiente inmediatamente después de que se termina la vida verde, y se debe empezar el monitoreo de la vida de almacenamiento.

La vida de almacenamiento se evalúa mediante la inspección visual regular de las frutas. La vida de almacenamiento se calcula como el período de tiempo (en días) entre el comienzo de la maduración y el final de la vida vendible (es decir, calidad vendible) o vida comestible (de la fruta) en el almacén.

4. Calidad de maduración de la fruta

Durante la maduración, la mayoría de las frutas sufren muchos cambios físicos y químicos después de la cosecha, los cuales determinan la calidad de la fruta que adquiere el comprador. La calidad de maduración de la fruta es un criterio de selección postcosecha importante, por eso, los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos deben ser seleccionados con respecto a su calidad de maduración. La calidad de maduración de los nuevos híbridos de *Musa* debe ser consistente con los progenitores de los cuales fueron desarrollados.

Tradicionalmente, el grado de madurez de los bananos, bananos de cocción y plátanos ha sido fuertemente ligado a los cambios en el color de la cáscara (Læsecke 1950; Palmer 1971), además, la comparación del color de la cáscara con una serie de láminas a colores es un método común, utilizado para evaluar la madurez de la fruta. Algunas veces, debido a las altas temperaturas y la baja humedad relativa, las frutas retienen el color verde de su cáscara, aunque la maduración ya ha comenzado internamente, lo que crea una situación en la cual el color de la cáscara no refleja los cambios internos. Por lo tanto, el uso de una combinación de indicadores de maduración externos e internos es esencial en la evaluación de los grados de madurez de los nuevos híbridos de *Musa*. Métodos y procedimientos postcosecha, sencillos y confiables, para evaluar la calidad de maduración o la etapa de madurez ayudarán a programar las operaciones de cosecha, transporte y comercialización eficientemente.

4.1. Cambios que pueden ocurrir durante la maduración

La maduración de la fruta es el resultado de un complejo de cambios, muchos de los cuales probablemente ocurren independientemente unos de otros (Brady 1987). La siguiente lista presenta algunos de los principales cambios que ocurren en la mayoría de los bananos, bananos de cocción y plátanos durante la maduración:

- Cambios en el color de la cáscara y de la pulpa;
- Transformación del almidón en azúcar;
- Cambios en la proporción pulpa/cáscara (y facilidad para pelar);
- Cambios en la firmeza de la pulpa o el ablandamiento de la pulpa;
- Cambios en el contenido de sólidos solubles totales;
- Cambios en el pH y acidez titular total de la pulpa;
- Cambios en la humedad de la cáscara y la pulpa y en el contenido de materia seca;
- Cambios en la tasa de respiración y producción de etileno.

4.2. Evaluación de los cambios que ocurren durante la maduración

Para evaluar los cambios que ocurren durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos:

- Coseche los racimos maduros fisiológicamente y tome los dedos de la segunda mano de cada racimo. Sin embargo, si no tiene suficientes muestras, puede incluir las frutas de la tercera mano.
- Madure las frutas naturalmente a temperatura ambiente o exponiéndolas al etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas.
- Ventile y permita que las frutas maduren a temperatura de 18°C y humedad relativa de 90-95%.

Los siguientes cambios que ocurren durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos se evalúan como se describe a continuación:

4.2.1. Cambios del color de la cáscara y de la pulpa

La desaparición o pérdida del color verde en la cáscara y la intensificación correspondiente del color amarillo durante la maduración son manifestaciones obvias en los bananos, bananos de cocción y plátanos. La pérdida del color verde se debe a la degradación de la estructura de la clorofila. Los cambios externos en el color de la cáscara durante la maduración a menudo reflejan los cambios del color de la pulpa (Deullin 1963; Wainwright y Hugues 1989, 1990).

Clasifique las frutas visualmente de acuerdo al color de la cáscara, comparándolas con una guía especial (por ejemplo, Figura 15). Asimismo, el uso de dispositivos para medir el color (métodos y procedimientos descritos en el Capítulo 1) podría dar una buena indicación de los cambios que ocurren (en la cáscara y en la pulpa) durante la maduración o el grado de madurez de la fruta. Las tablas del color de la cáscara y de la pulpa pueden ser desarrolladas para cada híbrido con el fin de ayudar a normalizar los grados de madurez.

4.2.2. Transformación del almidón en azúcar

El cambio químico postcosecha más impresionante que ocurre durante la maduración postcosecha de los bananos, bananos de cocción y plátanos es la hidrólisis del almidón y la acumulación de azúcar (es decir, sacarosa, glucosa y fructosa; Løesecke 1950; Palmer 1971), que son los responsables por la intensificación del sabor dulce de la fruta (a medida que madura). En los bananos de postre (por ejemplo, Cavendish), la descomposición del almidón y la síntesis del azúcar usualmente se completan al alcanzar la maduración total (grado del color de la cáscara 6-7), mientras que en el plátano esta descomposición es más lenta y menos completa y continúa en las frutas muy maduras y senescentes (Marriott *et al.* 1981).

Distintos métodos y procedimientos para evaluar el contenido de almidón (o azúcar) durante la maduración de las frutas (incluyendo bananos, bananos de cocción y plátanos) han sido descritos por varios investigadores (AOAC 1990; Josylin 1970; Kayisu *et al.* 1981). Sin embargo, la mayoría de estos métodos son complejos, laboriosos y requieren de personal entrenado y tecnología costosa. Por lo tanto, un método fácil, rápido y de bajo costo para estimar el contenido de almidón en la fruta podría servir como un indicador útil de madurez. La prueba del yodo de almidón es un método sencillo, rápido y de bajo costo para evaluar visualmente la conversión del almidón en azúcar durante la maduración de la fruta.

Prueba de yodo del almidón

La prueba de yodo del almidón originalmente fue desarrollada para ayudar a evaluar la madurez en manzanas (especialmente, la variedad Granny Smith; Reid *et al.* 1982; Saltvet y Hale 1982). La técnica ha sido adoptada para asistir en la evaluación de la conversión del almidón en azúcar durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos (Blankenship *et al.* 1993; Dadzie 1993, 1994b, c; García y Lajolo 1988; Kader *et al.* 1994).

PRINCIPIO

La base de la prueba de yodo del almidón consiste en que el almidón acumulado por la fruta durante el crecimiento y maduración se convierte en azúcar a medida que la fruta madura. El proceso de degradación del almidón o del grado relativo de hidrólisis o de la conversión del almidón en azúcar puede ser evaluado visualmente coloreando las secciones transversales de la fruta con el yoduro de yodo-potasio. Esta acción muestra que la pérdida del almidón comienza en los lóculos próximos a los óvulos degenerados y se extiende a través de los lóculos a medida que la maduración progresa en un patrón característico del cultivar/híbrido (Blankenship *et al.* 1993; Dadzie 1993, 1994b, c; Kader *et al.* 1994). La prueba es más útil cuando los valores del índice (por ejemplo, la escala de 1-8 que corresponde a los grados del color de la cáscara (Figura 15); Løsecke 1950) son asignados al cambio del patrón del almidón.

Preparación del reactivo

Disuelva 10 g de yoduro potásico (primero disuelva una pequeña cantidad en agua caliente, ya que se toma más tiempo para que el yoduro potásico se disuelva en agua fría) y 2.5 g de yodo en 1 litro de agua destilada. La solución debe estar almacenada en un contenedor de vidrio sellado en un lugar oscuro (ya que se deteriora con la luz).

Evaluación de los cambios durante la maduración utilizando la prueba de yodo del almidón

Los siguientes son los métodos y procedimientos para evaluar los cambios durante la maduración en los bananos, bananos de cocción y plátanos, utilizando la prueba de yodo del almidón:

- Corte una rueda de banano en el punto central aproximadamente de 2-3 cm de grosor y separe la cáscara de la pulpa.
- Un lado de superficie cortada de la pulpa debe ser coloreada por 5 segundos con la solución de yoduro potásico/yodo (Figura 16).
- El almidón presente en la pulpa reaccionará con el yodo causando el cambio de color a azul oscuro. Los bananos, bananos de cocción y plátanos inmaduros tienen un alto contenido de almidón y, por consiguiente, un alto grado de coloración azul. En los lugares, donde el almidón de la pulpa se convirtió en azúcar (durante la maduración), no ocurre ninguna reacción y el área permanece de color crema pálido.
- La evaluación del patrón de almidón de cada fruta se realiza comparando la superficie cortada coloreada acompañándola con una fotografía (por ejemplo, Figura 17).
- La escala de 1 a 8 que corresponde al grado de color de la cáscara debe ser asignada al cambiante patrón del almidón (Figura 17).

Los primeros signos visuales que indican que el almidón no se coloreó durante la maduración, ocurren en los lóculos próximos a las semillas degeneradas donde la degradación del almidón usualmente comienza (y se propaga durante la maduración). La intensidad de la coloración depende grandemente del grado de madurez, de la cantidad de almidón en la pulpa y del cultivar/híbrido (Figura 17). Por ejemplo, en los bananos de postre maduros (grado 7 del color de la cáscara) en la mayor parte de los lóculos el almidón no se colorea, mientras que en los plátanos y bananos de cocción la falta de coloración puede empezar sólo en la etapa cuando la cáscara es amarilla. Por consiguiente, las diferencias en la regulación de estos cambios y en los tamaños relativos de los tejidos locales pueden ser explicadas en parte por las diferencias entre las *Musa* spp. con respecto a su contenido de almidón en edades fisiológicas equivalentes (color de la cáscara). El uso del índice patrón del almidón para distinguir entre diferentes grados de madurez brinda un método rápido y sencillo para evaluar la conversión del almidón de la pulpa en azúcar.

Limitación

Las diferencias entre los colores, cuando el contenido de almidón es alto, no son muy distintivas.

4.2.3. Cambios de la relación pulpa/cáscara

La relación pulpa/cáscara es un índice bueno y consistente de la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos. La relación pulpa/cáscara aumenta en respuesta a la maduración (es decir, escala de color de la cáscara). Los cambios en las relaciones pulpa/cáscara durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos indican cambios diferenciales en el contenido de humedad de la cáscara y de la pulpa. El aumento de la relación pulpa/cáscara durante la maduración está relacionado con la concentración de azúcar en los dos tejidos. Durante la maduración, la concentración de azúcar en la pulpa aumenta rápidamente en comparación con la cáscara, contribuyendo de este modo a un cambio diferencial en la presión osmótica. La cáscara pierde agua por transpiración tanto a la atmósfera, como a la pulpa por ósmosis (Stover y Simmonds 1987), contribuyendo de este modo a un aumento del peso fresco de la pulpa a medida que la fruta madura. Esto resulta en un aumento de la relación pulpa/cáscara durante la maduración.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de la relación pulpa/cáscara durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

4.2.4. Cambios en la firmeza de la pulpa

Bajo condiciones normales de almacenamiento, los bananos, bananos de cocción y plátanos sufren transformaciones de textura a medida que pasan a través del proceso de maduración. La fruta crujiente, dura y verde se convierte en una fruta amarilla con la pulpa interna tierna y suave en la etapa óptima de madurez, y se torna blanda a medida que avanza hacia la senescencia. La pérdida de la firmeza durante la maduración lleva a una calidad más baja y una mayor incidencia de daños mecánicos durante la manipulación y transportación. La pérdida de la firmeza de la pulpa durante la maduración varía de acuerdo al cultivar/híbrido. La firmeza de la pulpa a menudo está relacionada con la maduración, implicando que, al progresar la maduración, la firmeza

de la pulpa disminuye (Smith *et al.* 1989). Generalmente, los cultivares triploides son más firmes que los híbridos tetraploides (Dadzie 1994c). La pérdida de la firmeza o ablandamiento durante la maduración ha sido asociada con dos o tres procesos. El primero es la degradación del almidón para formar azúcar. El segundo proceso es la degradación de las paredes celulares o reducción en la cohesión de la lamella media debido a la solubilización de las sustancias pécticas (Palmer 1971; Smith *et al.* 1989). El tercero es el movimiento de agua desde la cáscara hacia la pulpa debido al proceso de ósmosis.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de la firmeza de la pulpa durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

4.2.5. Cambios del contenido de sólidos solubles totales

Durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos, el contenido de sólidos solubles totales aumenta. Sin embargo, la magnitud del aumento depende del cultivar/híbrido. En la mayoría de las frutas maduras, incluyendo los bananos, bananos de cocción y plátanos, el azúcar forma el principal componente de los sólidos solubles. Ya que la cantidad de azúcar en las frutas usualmente aumenta a medida que las frutas maduran, el contenido de sólidos solubles de la fruta podría representar un índice útil del grado de madurez. El contenido de sólidos solubles varía entre los cultivares y entre los grados de madurez. Por ejemplo, en algunos híbridos, el contenido de sólidos solubles aumenta hasta un pico y luego disminuye (la caída en sólidos solubles totales puede ser debido a la conversión del azúcar de la pulpa en alcohol). En otros híbridos los sólidos solubles totales continúan su aumento con la maduración.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del contenido de sólidos solubles totales durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

4.2.6. Cambios del pH y de la acidez titular total de la pulpa

El pH y la acidez titular total de la pulpa son importantes características de calidad postcosecha en la evaluación de la calidad de maduración de la fruta. En la mayoría de los cultivares e híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos existe una rápida disminución del pH de la pulpa en respuesta al aumento de la madurez. Sin embargo, la magnitud de la disminución depende del cultivar. Generalmente, cuando las frutas se cosechan con el grado de madurez verde maduro, el pH de la pulpa es alto, pero al progresar la maduración, el pH cae. De este modo, el pH de la pulpa podría ser utilizado como un índice de maduración.

Usualmente, los ácidos orgánicos disminuyen durante la maduración debido a la respiración o su conversión en azúcar (Wills *et al.* 1989). Los ácidos orgánicos son importantes por suministrar un balance azúcar/ácido deseable, que da como resultado un sabor agradable a la fruta durante la maduración. La acidez medida como acidez titular en los tejidos de la pulpa de la mayoría de los cultivares/híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos, muestra grandes aumentos durante la maduración o a medida que la maduración progresa. Por lo tanto, la acidez titular total podría ser utilizada como un índice de maduración.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del pH y de la acidez titular total de la pulpa durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

4.2.7. Cambios del contenido de humedad y de materia seca en la cáscara y en la pulpa

El contenido de humedad y de materia seca en la cáscara y en la pulpa son importantes parámetros postcosecha en la evaluación de la calidad de maduración de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos. Durante la maduración, el contenido de humedad de la cáscara disminuye, mientras que el de la pulpa aumenta, debido a que la cáscara pierde agua liberándola tanto a la atmósfera, como a la pulpa. En la mayoría de los cultivares/híbridos, el contenido de materia seca de la cáscara y de la pulpa durante la maduración no cambia significativamente.

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación del contenido de la humedad y de materia seca durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

4.2.8. Cambios en la tasa de respiración y de producción de etileno

Durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos, existe un tremendo aumento en la cantidad de etileno producido. Este aumento usualmente es acompañado por un aumento en la tasa de respiración de la fruta (un fenómeno llamado el climacterio). La tasa de respiración y de producción de etileno usualmente depende de la temperatura de almacenamiento, edad de la fruta y del cultivar/híbrido (Kader 1987).

Los métodos y procedimientos postcosecha para la evaluación de la tasa de respiración y de producción de etileno durante la maduración de los bananos, bananos de cocción y plátanos han sido descritos en el Capítulo 1.

5. Propiedades organolépticas

Aunque se puede utilizar instrumentos para medir varios aspectos de la calidad postcosecha de los bananos, bananos de cocción y plátanos, estas mediciones serían de poco valor si a las mismas no se aplican las evaluaciones hechas por el hombre. Además, los instrumentos sólo analizarán los componentes dentro de sus capacidades, mientras que los análisis sensoriales cuentan con la evaluación a través del uso de nuestros sentidos para brindar una total impresión del aroma, sabor, temperatura, componentes auditivos y táctiles. Por lo tanto, las mediciones fisiológicas objetivas deben ser complementadas con estudios subjetivos de la palatabilidad de la fruta, para lo cual deben ser utilizados paneles de sabor. Los resultados de las pruebas organolépticas, químicas y objetivas fácilmente pueden ser correlacionados para identificar las relaciones entre las propiedades químicas y físicas de un cultivar o híbrido y sus propiedades organolépticas.

Los estudios de la evaluación organoléptica son muy importantes durante la selección de los nuevos híbridos de *Musa*, ya que dan una indicación del potencial para la aceptabilidad por los consumidores de los nuevos híbridos. También suministran información valiosa a los fitomejoradores para los futuros trabajos de mejoramiento.

5.1. Preparación y presentación de muestras

La prueba organoléptica no requiere facilidades elaboradas, pero se debe cumplir con algunos requerimientos básicos si las pruebas han de ser conducidas eficientemente para obtener resultados confiables (Watts *et al.* 1989). Idealmente, las pruebas de evaluación organoléptica deben ser realizadas como se describe a continuación:

- En establecimientos especiales con cabinas individuales o cabinas portables que pueden ser construidas fácilmente.
- Las cabinas deben:
 - (a) ser divididas para eliminar la interacción entre los panelistas y facilitar la concentración;
 - (b) suministrar una atmósfera conductiva para hacer juicios audibles;
 - (c) estar limpias, iluminadas adecuadamente (en algunos casos es deseable tener luces que disfrazan las diferencias de color entre las muestras) y ventiladas, libres de olores químicos o humo de cigarrillos, distracciones auditivas y visuales, equipadas con un lavamanos para enjuague y expectoración, con un rápido acceso al área de preparación de los alimentos.
- Las muestras deben ser presentadas a los panelistas en una forma y a temperatura a la cual las mismas se consumen normalmente.

- Las muestras deben ser codificadas de manera que no predisponga a un panelista (por ejemplo, códigos de tres dígitos extraídos al azar de una tabla de números son suficientes).
- Los panelistas deben ser instruidos para que tomen agua o se enjuaguen la boca entre muestras.
- No debe permitirse la comunicación entre los panelistas durante la evaluación organoléptica.
- Las pruebas deben ser conducidas a la misma hora cada día, preferiblemente para no intervenir con los períodos de descanso o cerca de la hora de la comida normal.

Para obtener más detalles sobre el ambiente de los paneles y preparación de las muestras, refiérase a Watts *et al.* (1989); Piggott (1988); O'Mahony (1986); Lawless (1991); Laramond (1987).

5.2. Diseño del cuestionario

El diseño de un cuestionario apropiado para una prueba organoléptica es crítico. El cuestionario debe:

- Formular adecuadamente los objetivos de la prueba.
 - Ser fácilmente comprensible, utilizando un lenguaje inequívoco y claro.
 - No ser largo, para no abrumar a los panelistas.
 - Presentar las muestras a los panelistas en el mismo orden en el cual se presentan físicamente.
 - Ser diseñado para generar datos válidos, precisos a partir de las pruebas organolépticas.
- Siempre explique el cuestionario a los panelistas antes de realizar la prueba.

5.3. Selección de los panelistas

En la selección de los panelistas, es importante contar con una muestra grande de personas representativas de la población, objetivo de usuarios potenciales, con el fin de obtener información sobre las actitudes y preferencias de los consumidores. Es importante que los panelistas sean personas sin entrenamiento, ni escogidos por su agudeza sensorial, sino los usuarios del producto.

En la selección de los nuevos híbridos de *Musa* por sus propiedades organolépticas, los panelistas usualmente pueden ser escogidos del personal de la institución u organización, donde se realiza la investigación. La mayoría de las personas dentro de una organización son panelistas potenciales. Ellos usualmente estarán interesados en participar si sienten que su contribución es importante. También pueden ser reclutadas personas fuera de la institución u organización, que desean dedicar su tiempo. Para obtener más detalles sobre la selección de los panelistas, refiérase a Watts *et al.* (1989); Piggott (1988); O'Mahony (1986); Lawless (1991); Laramond (1987).

5.4. Tipos de pruebas organolépticas

Existen dos clasificaciones principales de pruebas sensoriales: pruebas orientadas al consumidor (o afectivas) y pruebas orientadas al producto (o analíticas) (Institute of Food Technologists 1981).

5.4.1. Pruebas orientadas hacia el consumidor o afectivas

Las pruebas orientadas hacia el consumidor o afectivas se utilizan para evaluar la preferencia (por ejemplo, prueba de preferencia emparejada) o el grado de satisfacción (por ejemplo, escala hedónica) y/o la aceptación y/o las opiniones sobre los productos. Generalmente, para tales evaluaciones se necesita una gran cantidad de personas. Puede ser utilizado un mínimo de 24 panelistas; sin embargo, usualmente se considera adecuado utilizar de 50 a 100 personas. A diferencia de las pruebas analíticas, estos panelistas son personas no entrenadas, seleccionadas al azar, representativas de una población objetivo. Los panelistas se seleccionan de acuerdo a un número de criterios, entre los cuales pueden ser incluidos los siguientes: uso previo del producto, edad, sexo, nivel económico o social, área geográfica, etc.

5.4.2. Pruebas orientadas al producto o analíticas

Las pruebas orientadas al producto o analíticas se utilizan para las evaluaciones en laboratorio de los productos en términos de diferencias o similitudes y para la identificación y cuantificación de las características organolépticas. Existen dos tipos principales de pruebas analíticas: discriminativas y descriptivas. En ambas se emplean panelistas experimentados y/o entrenados. Los panelistas potenciales se seleccionan por características personales deseables, interés y habilidad para discriminar las diferencias y generar resultados reproducibles. La capacitación posterior familiariza a los panelistas con los procedimientos de la prueba y aumenta su habilidad para reconocer, identificar y recordar características organolépticas. En efecto, los panelistas son personas entrenadas para funcionar como instrumentos analíticos humanos.

- Las pruebas discriminativas consisten de pruebas de diferencia y de sensibilidad:
 - (a) Las pruebas de diferencia (por ejemplo, comparación emparejada, duo-trio, triángulo, prueba de rangos, etc.) miden simplemente si las muestras son diferentes. Estas pruebas contestan la pregunta: ¿existen algunas diferencias percibidas entre las muestras?
 - (b) La prueba de sensibilidad mide la habilidad de los individuos para detectar características organolépticas.
- Las pruebas descriptivas (por ejemplo, tanteo, valoración) contestan la pregunta: ¿cuáles son las características organolépticas percibidas y sus intensidades relativas? Estas pruebas miden características cualitativas y/o cuantitativas.

Para obtener más detalles sobre las pruebas organolépticas que podrían ser utilizadas, refiérase a Watts *et al.* (1989); Piggott (1988); O'Mahony (1986); Lawless (1991); Laramond (1987); Stone y Sidel (1985).

5.5. Aspectos claves de la evaluación sensorial

Antes de realizar cualquier estudio sensorial de los bananos, bananos de cocción y plátanos, es esencial evaluar objetivamente algunas características postcosecha claves

(por ejemplo, color de la pulpa y de la cáscara, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales, pH y acidez titular, etc.) relevantes para la prueba sensorial. Los datos obtenidos podrían ser relacionados con propiedades organolépticas determinadas, y también ayudarían a explicar algunas de las diferencias en la preferencia y aceptabilidad de los consumidores (Dadzie 1993, 1994b,c).

Los tres aspectos claves de la evaluación sensorial esenciales para la selección postcosecha de los híbridos de *Musa*, son los que se describen a continuación (en cualquier estudio sensorial de esta naturaleza es muy importante siempre tener muestras testigo).

5.5.1. Criterios de los consumidores para la selección al momento de la compra

Al momento de la compra de los bananos, bananos de cocción o plátanos, los criterios de los consumidores para la selección están basados en gran medida en la impresión visual o apariencia, color, forma y tamaño.

Para determinar los criterios de los consumidores para la selección:

- A los panelistas sin entrenamiento (tanto hombres, como mujeres) deben ser presentadas las muestras codificadas (por ejemplo, dedos o manos) de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos y de los cultivares estándar.
- A los panelistas se debe dar un cuestionario (o una hoja para la prueba de sabor) donde se les pide que asuman que están en un supermercado (o mercado) donde se venden diferentes cultivares de bananos, bananos de cocción y plátanos.
- Se les debe pedir a los panelistas que clasifiquen las muestras codificadas para cada característica sensorial (es decir, apariencia, color, forma y tamaño de las muestras) en orden de preferencia (el Apéndice 1 es un ejemplo de la hoja para la prueba de sabor o cuestionario, que puede ser modificado para adecuarlo a los objetivos de la prueba).

En la selección de los nuevos híbridos de plátano respecto a sus propiedades organolépticas, también es importante evaluar el color de la pulpa de estos nuevos híbridos frente a los cultivares estándar. La mayoría de los consumidores de plátanos los prefiere con la pulpa de color naranja/amarillo. Si la pulpa es de color blanco, los consumidores sienten que la fruta no está madura y pueden no aceptarla. Por consiguiente, los nuevos híbridos de plátanos o bananos de cocción deben ser seleccionados respecto al color de su pulpa. A los panelistas se les debe presentar una prueba ciega con diferentes muestras de pulpa (es decir, remover la cáscara y colocar las muestras de la pulpa en bolsas de polietileno). Se les debe pedir a los panelistas clasificar las muestras en orden de preferencia basándose en el color de la pulpa (el Apéndice 2 es un ejemplo de la hoja para la prueba de sabor o cuestionario, que puede ser modificado para adecuarlo a los objetivos de la prueba).

5.5.2. Aceptabilidad de los consumidores

La evaluación de la aceptabilidad por los consumidores de los bananos o de los platos preparados de plátanos o bananos de cocción es esencial en la selección postcosecha de los nuevos híbridos de *Musa*.

Para determinar la aceptabilidad de los consumidores de los bananos o platos preparados de plátanos (Dadzie y Wainwright 1995) o bananos de cocción:

- Deben realizarse estudios donde los panelistas, tanto hombres como mujeres, participarían en la evaluación sensorial de las muestras de banano (maduro e

inmaduro) o platos preparados de plátano o banano de cocción (por ejemplo, rodajas inmaduras fritas, muestras maduras fritas, etc.).

- Entre los criterios de evaluación se puede incluir la textura, sabor, olor, dulzura, consistencia crujiente, color y aceptabilidad total (el Apéndice 3 es un ejemplo de la hoja para la prueba de sabor o cuestionario, que puede ser modificado para adecuarlo a los objetivos de la prueba).

5.5.3. Evaluación comparativa

Previo a la introducción general de los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos como sustitutos de los cultivares existentes, es necesario realizar estudios organolépticos comparativos para determinar:

- Si las personas no entrenadas y escogidas al azar podrían distinguir entre los cultivares existentes y los nuevos híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos.
- De que manera los nuevos híbridos difieren respecto a su calidad de consumo, si hay.
- Las preferencias de aquellos que pueden distinguir entre los cultivares.

Este estudio debe suministrar datos comparativos respecto a como los híbridos individuales se desempeñan frente a los cultivares estándar y/u otros híbridos.

6. Calidad de cocción

Los plátanos y bananos de cocción casi siempre son cocidos antes de ser consumidos y pueden ser hervidos, fritos, asados o disecados intactos o después de rallarlos o molerlos. La diversidad de procesos culinarios depende en gran manera de la textura y composición de la fruta. La textura y la apariencia de la pulpa de los plátanos o bananos de cocción después de cocinarlos son particularmente importantes para el consumidor. Los consumidores de plátanos o bananos de cocción verdes hervidos usualmente prefieren que la pulpa permanezca firme y ‘crujiente’ después de la cocción en lugar de ser blanda y empapada. De aquí, la textura de la pulpa cocida es a menudo importante en la determinación de un buen cultivar de plátano o banano de cocción. Por lo tanto, es esencial seleccionar nuevos híbridos de *Musa* respecto a sus cualidades de cocción o conveniencia para la cocción.

6.1. Parámetros de la calidad de cocción

Los siguientes parámetros son esenciales en la evaluación de la calidad de cocción o adecuación para la cocción de los híbridos de bananos, bananos de cocción y plátanos:

- (1) Facilidad de pelado;
- (2) Firmeza de la pulpa (antes y después de hervirlos);
- (3) Absorción de agua por la pulpa;
- (4) Duración de la cocción (o hervido).

6.2. Evaluación de la calidad de cocción

La calidad de cocción o adecuación (o respuesta) para la cocción de los bananos, bananos de cocción y plátanos podría ser evaluada utilizando los siguientes métodos y procedimientos postcosecha:

6.2.1. Facilidad de pelado

Los consumidores de plátanos o bananos de cocción verdes hervidos a menudo prefieren los cultivares/híbridos que son fáciles de pelar, por lo tanto, es necesario determinar la facilidad o dificultad de pelado. En la etapa maduro verde, la facilidad de pelado de los bananos de cocción o plátanos depende en gran medida del grosor de la cáscara y del grado de adhesión de la misma a la pulpa. Cuando las frutas maduran, ellas generalmente son fáciles de pelar, por lo tanto, la facilidad de pelado debería ser evaluada en las frutas verdes o inmaduras, y no en las frutas maduras.

La facilidad o dificultad de pelado se evalúa subjetivamente en los plátanos o bananos de cocción verdes madurados pelando cada fruta y determinando (la facilidad o dificultad de

pelado) en una escala de 1 a 5. Es importante que los nuevos híbridos sean evaluados respecto a los cultivares estándar.

Después de evaluar la facilidad de pelado, se evalúa la relación pulpa/cáscara y el grosor de la pulpa. La relación pulpa/cáscara y el grosor de la pulpa son importantes índices de calidad postcosecha esenciales en la evaluación de la calidad de cocción de los plátanos y bananos de cocción verdes madurados. Esto se debe a que los consumidores de plátanos o bananos de cocción verdes hervidos prefieren la pulpa más gruesa y grande (es decir, más pulpa que cáscara). De este modo, al evaluar la relación pulpa/cáscara y el grosor de la pulpa de los nuevos híbridos, se obtiene un buen indicador de la proporción de la pulpa respecto a la cáscara, así como el grosor de la pulpa.

Los métodos y procedimientos para la evaluación de la relación pulpa/cáscara y del grosor de la pulpa han sido descritos en el Capítulo 1.

6.2.2. Firmeza de la pulpa y absorción de agua

Durante la cocción o hervido, los bananos, bananos de cocción y plátanos absorben alguna cantidad de agua que al final resulta en el ablandamiento de la pulpa. La cantidad de agua absorbida a menudo depende hasta cierto punto de la duración de la cocción, el cultivar y otros factores. Usualmente, las buenas cualidades de cocción de un cultivar/híbrido pueden ser relacionadas con su bajo potencial de absorción de agua, alta firmeza inicial de la pulpa, alto porcentaje de la materia seca de la pulpa y bajo contenido de humedad. De aquí, es necesario evaluar estos parámetros.

La evaluación de la calidad de cocción o adecuación para cocción envuelve el hervido o la cocción controlados de las muestras de pulpa como sigue a continuación:

- Coseche racimos verdes fisiológicamente maduros y tome los dedos de la segunda mano del racimo. Sin embargo, si no hay muestras suficientes, se puede incluir frutas de la tercera mano.
- Mida la firmeza inicial de la pulpa, el contenido de materia seca de la pulpa y el contenido de humedad de una muestra representativa (utilizando los métodos descritos en el Capítulo 1), antes de realizar la evaluación de la calidad de cocción.
- Corte la pulpa en rodajas de 1 cm de grosor.
- Tome 5-10 rodajas de las muestras cortadas de la pulpa a la vez y péselas en una balanza (por ejemplo, la balanza electrónica de Mettler con 4 puntos decimales).
- Coloque 5-10 muestras de la pulpa a la vez en un vaso de pyrex de 600 ml de capacidad que contiene 300 ml de agua destilada hirviendo, más 1 gramo de sal.
- Permita que las muestras hiervan a intervalos de por ejemplo 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos (utilice un cronómetro para monitorear el tiempo).
- Después de hervir las muestras por 5, 10, 15, 20, 25 o 30 minutos, vacíe rápidamente las muestras en un colador de cocina (para colar el agua hirviendo).
- Permita que las muestras se enfríen por 10 minutos a temperatura ambiente, péselas nuevamente (como se describe arriba) y mida la firmeza de la pulpa (como se describió anteriormente).
- La calidad de cocción o adecuación (o respuesta) para la cocción se determina a partir del porcentaje de absorción de agua, que se calcula como la diferencia de peso de la pulpa antes y después de la cocción expresada como un porcentaje del peso inicial.

- Los cambios en la firmeza de la pulpa o absorción de agua pueden ser determinados dividiendo la firmeza de la pulpa o porcentaje de absorción de agua, por el tiempo de cocción (es decir, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos).

La materia seca de la pulpa y el contenido de humedad deberían ser relacionados con la firmeza de la pulpa y absorción de agua, ya que pueden ayudar a distinguir entre un buen cultivar/híbrido de cocción y uno malo.

6.2.3. Duración de cocción

Después de cocinar las muestras de pulpa por 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos, se determina el tiempo de cocción adecuado como el tiempo durante el cual la muestra de la pulpa se cocina bien, permanece firme y no aguada. Mientras más corto es el tiempo de cocción, es mejor. Usualmente, los cultivares/híbridos con la firmeza inicial de la pulpa más alta, alto contenido de materia seca y bajo contenido de humedad requieren mayor tiempo de cocción (Dadzie 1993, 1994b, c).

7. Calidad de procesamiento

La mayor parte de los bananos, bananos de cocción y plátanos se consumen crudos, en estado maduro, o como un vegetal cocido, y sólo una muy pequeña proporción se procesa para obtener un producto almacenable. Generalmente, los productos conservados no contribuyen significativamente a la dieta de los millones de personas que consumen bananos, bananos de cocción y plátanos. Sin embargo, en algunos países o áreas, los productos procesados o conservados son importantes en períodos cuando la comida es escasa. El procesamiento se reconoce como una vía de conservación de la fruta. No obstante, la proporción de frutas procesadas y la adecuación de varios grupos de *Musa* para el procesamiento son relativamente desconocidas. Por lo tanto, los nuevos híbridos de *Musa* deben ser seleccionados respecto a su calidad de procesamiento o adecuación para el procesamiento.

Existen muchos productos diferentes que pueden ser obtenidos a partir de los bananos, bananos de cocción y plátanos y sólo los más comunes y populares serán descritos en este capítulo. Los siguientes son algunos de los productos:

7.1. Harina

La harina puede ser obtenida a partir de los bananos, bananos de cocción o plátanos verdes inmaduros. Las frutas deben ser peladas manualmente y rebanadas o picadas en pedazos de 5-10 mm de grosor. Las rodajas pueden ser secadas al sol distribuyéndolas sobre unos tapetes, en marco de bambú, o pisos de cemento, o sobre los techos u chapas onduladas o simplemente sobre el terreno barrido. Se puede utilizar distintos diseños de secadores solares, o secar las rodajas en hornos, sobre fuego, en gabinete secador o secador de túnel. Después del secado, las piezas cortadas tienen un contenido de humedad de alrededor 5-10%. Las piezas secadas se muelen y usualmente se ciernen para producir la harina. La harina puede ser empacada en bolsas resistentes a la humedad. Las rodajas secas pueden ser almacenadas y sólo convertidas en harina cuando se necesita, ya que la harina tiende a perder su sabor rápidamente o puede absorber humedad (higroscópica) y llenarse de moho.

7.2. Polvo

El polvo puede ser preparado de bananos, bananos de cocción o plátanos totalmente maduros. Las frutas deben ser lavadas, peladas manualmente y cortadas en pedazos grandes. El material se convierte en una pasta pasándolo a través de un molino para reducir las partículas a un tamaño coloidal (por debajo de 10 mm). En esta etapa se le añade una solución de metabisulfito de sodio a 1-2% para mejorar el color del producto final o prevenir la decoloración. Luego, el material se seca. El secado puede ser logrado en un secador rociador (a 30-32°C y menos de 30% de HR en vacío), o en un secador de tambor (la temperatura del producto no debe exceder 94°C). Después del secado en

tambor, podría ser necesario secar el producto en un secador tipo gabinete. El contenido de humedad final del polvo debe ser de alrededor de 2% y el mismo debe ser almacenado en bolsas resistentes a la humedad (Thompson 1995).

7.3. Rodajas enlatadas

Fueron descritos varios métodos para enlatar las rodajas de banano en almíbar (Lawler 1967; Smit y Burger 1957). Las rodajas de mejor calidad se obtienen de la fruta en una etapa temprana de madurez. Las rodajas se procesan en un almíbar de 25° Brix con un pH de alrededor 4.2 y, en algunos procesos, se les añade cloruro de calcio (0.2%) o lactato de calcio (0.5%), como agente de firmeza (Marriot y Lancaster 1983).

El enlatado de los plátanos en almíbar se considera poco satisfactorio (Sánchez-Nieva y Hernández 1967). Sin embargo, las rodajas maduras pueden ser cocidas en un almíbar de 40° Brix hasta que la concentración del almíbar alcance 54-60° Brix, para añadirles canela y jugo de limón lo que mejorará el color. El producto puede ser empacado en bolsas plásticas resistentes al calor y congelado rápidamente a -23°C. Se sirve después de hervir las bolsas en agua por 15 minutos.

7.4. Chips

Han sido descritos diferentes métodos para preparar chips de banano o plátano (Bai y Roa 1969; Berg *et al.* 1971; Jain *et al.* 1962). Típicamente, los bananos y plátanos inmaduros pueden ser cortados en rebanadas finas vertical o transversalmente (1.2-0.8 mm de grosor). Las rebanadas se sumergen en una solución de metabisulfato de sodio o potasio (para mejorar el color del producto final o prevenir la decoloración) y fritas en aceite hidrogenado a 180-200°C. Las rebanadas fritas se espolvorean con sal y antioxidante (por ejemplo, butilatedihidroxitolueno para demorar la aparición del olor a rancio) (Marriot y Lancaster 1983).

Alternativamente, se puede secar las rebanadas antes de freír y añadirles antioxidante y sal junto con el aceite. El contenido de humedad de los chips fritos debe estar alrededor de 1.5-2%. La temperatura y el tiempo de freidura de los chips afecta su contenido de aceite, apariencia, textura y sabor (Thompson 1995). Los chips deben ser empacados en bolsas resistentes a la humedad para prevenir su absorción y la pérdida de la calidad de crujiente.

7.5. Mermelada y jalea

Se han descrito varios métodos para preparar mermeladas y jaleas. De acuerdo a uno de los métodos para la preparación de jalea, se utilizan frutas totalmente maduras o pasadas. Las frutas se pelan manualmente y se cortan en pedazos o rodajas de 2 cm. Las rodajas se hierven por 1 hora en un almíbar de azúcar de 60° Brix en una proporción de 1 libra de banano por 1 pinta de almíbar (454 g por 0.568 litro). Luego, se cuele y la solución aclarada se hierva otra vez hasta que cuaje. El pH debe ser ajustado a 3.5. Para mejorar el cuajado, se le puede añadir pectina (Thompson 1995).

Una fórmula comercial para producir mermelada de banano es la siguiente (Løsecke 1949): 90 kg. de azúcar -45 l de agua -340 g de crema tártara.

Calentar hasta 110°C y luego añadir 11,3 l de jugo de limón (se puede utilizar jugo de lima o ácido cítrico para reemplazar el jugo de limón, con el fin de reducir el pH de la mermelada a 3.5), 90 kg. de pulpa de bananos maduros. Calentar a 107°C hasta obtener una consistencia adecuada.

8. Daños mecánicos

Los daños mecánicos son uno de los principales factores que conllevan al deterioro postcosecha de los bananos, bananos de cocción y plátanos. Pueden ocurrir en cualquier momento desde el punto de la cosecha hasta el punto de consumo. Los daños mecánicos pueden restar valor a la apariencia del producto y crean el potencial para la penetración de infecciones. También pueden resultar en una baja calidad de mercado y precios más bajos. Por lo tanto, los nuevos híbridos de *Musa* deben ser seleccionados respecto a la susceptibilidad a daños mecánicos.

8.1. Fuentes de daños mecánicos

Existen tres principales fuentes de daños mecánicos que afectan a los bananos, bananos de cocción y plátanos, y son las siguientes:

8.1.1. Impacto

Los daños por impacto pueden resultar en magulladuras con o sin rotura de la cáscara. Las magulladuras por impacto son causadas por un golpe fuerte como, por ejemplo, el de un objeto que cae sobre la fruta, el de la fruta que cae contra otra fruta o en una superficie dura con fuerza suficiente para dañar y hasta separar las células. El daño por impacto puede ocurrir a través de todo el proceso de comercialización desde la cosecha hasta la llegada al consumidor. Algunas veces los daños no son visibles, pero pueden presentarse más tarde.

8.1.2. Presión (o compresión)

Los daños por presión (o compresión) resultan de la presión excesiva sobre la fruta. No hay necesidad de movimiento físico para que ocurra el daño por presión. El daño por presión puede ser causado por otras frutas y ocurre primeramente durante y después del empaque como resultado de forzar la entrada de demasiados productos en un contenedor muy pequeño (es decir, sobreempacado, o cuando los empaques se apilan muy alto, uno arriba de otro).

8.1.3. Vibración

El daño por vibración es principalmente asociado con el transporte y resulta de la vibración repetida y prolongada de la fruta. Este daño es mayor en las capas superiores de la fruta, particularmente, cuando el empaque es poco compacto, ya que en esta situación nada impide que la fruta vibre durante el transporte y distribución. El daño por vibración es particularmente severo cuando el empaque de las frutas es muy suelto.

8.2. Factores que pueden ser causa de daños mecánicos

Los factores que pueden ser causa de daños mecánicos son los siguientes:

8.2.1. Factores precosecha

Entre los factores precosecha que pueden ser causa de daños mecánicos en los bananos, bananos de cocción y plátanos se encuentran el clima, viento, aspersion y aplicación de fertilizantes, plagas de insectos, pájaros, roedores e implementos de cultivo.

8.2.2. Factores de cosecha

Durante el proceso de la cosecha, el daño mecánico podría resultar de las pobres técnicas de cosecha y manipulación. La tierra que se adhiere a las frutas (cuando se permite su caída durante la cosecha) también puede causar daños rayando las frutas al remover la tierra o lavarla.

8.2.3. Factores postcosecha

Los factores postcosecha que pueden ser causa de daños mecánicos son los siguientes:

- Alta o baja densidad en el empaque de las frutas.
- Empaque o manipulación pobres de las frutas empacadas durante la carga y descarga.
- Vibración (sacudidas) de los vehículos especialmente en malas carreteras, velocidad de transporte y el tipo de suspensión.

8.3. Efecto de los daños mecánicos

- Cambios físicos del color y sabor de la fruta.
- Ablandamiento del tejido de la fruta que resulta del colapso de las paredes celulares individuales.
- Las frutas dañadas se maduran generalmente más temprano que las frutas sin daños. Esto sucede debido a un aumento en la tasa de respiración asociada con el daño mecánico, así como a un aumento en la producción de etileno que apresura la maduración.
- La pérdida de peso de la fruta es otro resultado de los daños mecánicos con consecuencias obvias de menor calidad de venta y precios más bajos. La pérdida de peso se debe al colapso de las paredes celulares y aumento de la permeabilidad de las células exteriores al vapor de agua.
- Facilitan la invasión de microorganismos, lo que resulta en una descomposición progresiva que puede afectar la fruta entera.

8.4. Evaluación de los daños mecánicos

La evaluación de la susceptibilidad de la fruta a daños mecánicos es un importante criterio de selección postcosecha, ya que puede suministrar información sobre el potencial de manipulación y almacenamiento de la fruta o del cultivar/híbrido. Es importante en el diseño del empaque y del material de empaque para el producto.

También es esencial en la determinación de la fuerza textural de la fruta o del cultivar/híbrido.

Varios autores, incluyendo a Banks *et al.* (1991); Banks y Joseph (1991); Klevin (1987); Schoorl y Holt (1980); Saltveit (1984); Toppling y Luton (1986), han descrito diferentes métodos para evaluar la susceptibilidad o resistencia de la fruta a magulladuras o daños mecánicos. En la evaluación de los nuevos híbridos de *Musa* respecto a su susceptibilidad o resistencia de la fruta a magulladuras o daños mecánicos, pueden ser utilizados los siguientes métodos y procedimientos:

8.4.1. Enfoque del impacto o la altura de la caída

Este método está basado en la evaluación del impacto de un objeto (desde una altura predeterminada) sobre la fruta. En este enfoque, se deja caer un objeto desde varias alturas sobre la fruta (la prueba puede ser aplicada a las frutas tanto maduras, como inmaduras). Los siguientes son los detalles del enfoque del impacto o la altura de la caída:

- Cosechar los racimos fisiológicamente maduros del mismo cultivar /híbrido y tomar los dedos de la segunda mano del racimo. Sin embargo, si no hay suficientes muestras, se puede incluir frutas de la tercera mano.
- Con un marcador, hacer un círculo en la superficie de la fruta /en la mitad).
- Golpear cada fruta dejando caer un peso u objeto conocido (por ejemplo, un cilindro de mármol o bronce de 1000 g) desde diferentes alturas (por ejemplo, 15, 30, 45, 60 y 120 cm) sobre cada fruta.
- Utilizar un tubo (por ejemplo, de vidrio, plástico o metálico) para guiar la caída del peso conocido de tal manera que el impacto sea siempre perpendicular a la superficie de la fruta (en el área marcada sobre la superficie de la fruta).
- Mantener la fruta firmemente sobre una almohadilla de espuma de goma durante el golpe para minimizar un daño adicional al lado opuesto.
- Dejar que las magulladuras se desarrollen durante al menos 24 horas.
- Cortar la fruta por la mitad, exactamente a través del centro de magulladura. Colocar el borde de una regla transparente contra la magulladura en su punto más ancho y medir el diámetro (d).
- La profundidad de la magulladura (r) se estima como la distancia entre la parte más profunda de la magulladura y la superficie original de la fruta antes de producirse la misma.
- Calcular:
 - área de la magulladura (A) como $\pi \times (d/2)^2$;
 - volumen de la magulladura (V) como $A \times r/2$;
 - volumen promedio de la magulladura a cada altura de la caída;
 - energía de impacto (E, joules) como: $E = m \cdot g \cdot h$;
 - la susceptibilidad de la magulladura se cuantifica como una proporción entre el volumen de la magulladura y la energía de impacto.

Donde:

m = la masa del peso de impacto;

g = la constante gravitacional (9.81 m.s⁻²);

h = la altura de la caída (en metros).

8.4.2. Enfoque de vibración o transporte

Este método está basado en la evaluación del efecto de vibración durante el transporte de la fruta (la prueba puede ser aplicada a las frutas tanto maduras, como inmaduras). Este enfoque permite la evaluación del porcentaje de frutas magulladas, basándose en el método de empaque durante y después de la transportación. Los siguientes son los detalles:

- Cosechar cuidadosamente las frutas verdes fisiológicamente maduras del mismo cultivar/híbrido.
- Hacer una evaluación visual inicial del daño mecánico o de las magulladuras de la fruta y calcular el porcentaje de frutas magulladas.
- En el caso del banano, desmanar y empaquetar las frutas (como manos intactas) en cajas de cartón recubiertas con polietileno perforado (como se hace en la industria bananera) y cargar las cajas en un camión. En el caso de los bananos de cocción y plátanos, cargar las frutas en un camión como sigue:
 - como racimos intactos,
 - como manos intactas empacadas en sacos de yute, cajas de cartón y un testigo (es decir, colocar directamente en el camión sin ninguna clase de empaque),
 - separar los dedos individuales empacados en los sacos de yute, cajas de cartón y un testigo (es decir, colocar directamente en el camión sin ninguna clase de empaque).
 - Transportar las frutas en un camión a una distancia conocida (por ejemplo, 50 km).
 - Descargar y desempacar las frutas del camión y almacenarlas por 24 horas a temperatura ambiente.
 - Realizar una evaluación visual final de los daños mecánicos o magulladuras en las frutas y calcular el porcentaje de frutas magulladas.

9. Desórdenes fisiológicos

Los desórdenes fisiológicos simplemente se refieren al colapso del tejido de la planta o de la fruta que no es causado ni por la invasión de patógenos (organismos que causan enfermedades), ni por daños mecánicos. Ellos pueden desarrollarse en gran medida como respuesta a un ambiente adverso, especialmente, la temperatura, o a la deficiencia nutricional durante el crecimiento y desarrollo (Wills *et al.* 1989). La mayoría de los desórdenes fisiológicos afectan áreas discriminadas del tejido. Algunos desórdenes pueden afectar la cáscara de la fruta, pero dejar la pulpa adyacente intacta; otros afectan sólo ciertas áreas de la pulpa o la región cortical.

Los principales desórdenes fisiológicos que pueden ocurrir en los bananos, bananos de cocción y plátanos incluyen la caída de los dedos, la partición de la cáscara y los daños por el frío. Estos desórdenes pueden disminuir la calidad y el valor en el mercado o la pérdida total de la fruta. Por lo tanto, es esencial seleccionar los nuevos híbridos de *Musa* respecto a su susceptibilidad a estos principales desórdenes fisiológicos. Los siguientes son algunos de los principales desórdenes fisiológicos de los bananos, bananos de cocción y plátanos:

9.1. Caída de los dedos

Los bananos, bananos de cocción y los plátanos a menudo se comercializan como grupos de dedos unidos para formar una mano. Si los dedos individuales se desprenden de la mano, ellos tienen un menor valor en el mercado (y también pueden predisponer las frutas a los patógenos). Este efecto se llama la caída de los dedos. La caída de los dedos (ver Figura 18) es un desorden fisiológico que ocurre como resultado del ablandamiento y debilitación del pedicelo, que causa que la fruta individual en una mano se separe o se desprenda fácilmente de la corona durante la maduración (Baldry *et al.* 1981; Semple y Thompson 1988). Se considera que la caída de los dedos es asociada con una maduración rápida precipitada por temperaturas demasiado altas en la cámara de maduración (New y Marriot 1974). Los híbridos tetraploides a menudo son más susceptibles a la caída de los dedos en comparación con los cultivares triploides (Dadzie 1993, 1994b, c; Marriot 1989). Es esencial que los nuevos clones de *Musa* se seleccionen respecto a su susceptibilidad a la caída de los dedos, ya que los progenitores masculinos de algunos híbridos de bananos de cocción y plátanos son en gran parte los bananos, los cuales son muy susceptibles a la caída de los dedos. Por lo tanto, existe la tendencia que esta característica pueda ser heredada o transferida a los nuevos híbridos. Además, los minoristas y consumidores no desean frutas que tienen tendencia a que los dedos se desprendan fácilmente de la corona durante la manipulación.

9.1.1. Evaluación de la caída de los dedos

Varios autores han descrito una serie de métodos y procedimientos para evaluar la susceptibilidad a la caída de los dedos, incluyendo a Baldry *et al.* (1981); New y Marriot (1974).

La susceptibilidad a la caída de los dedos en los bananos, bananos de cocción y plátanos puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Cosechar los racimos verdes maduros fisiológicamente.
- Desmanar los racimos y cortar en manojos.
- Empacar los manojos en cajas de cartón (forradas con una película de polietileno perforada).
- Madurar las frutas mediante la exposición a etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas a temperatura de 14-18°C y humedad relativa de 90-95%.
- Ventilar y permitir que las frutas maduren a una temperatura de 18°C (HR de 90-95%) hasta alcanzar el grado 6 o 7 en la escala de color (Figura 15).
- La caída de los dedos se evalúa de la siguiente manera:
 - (a) sometiendo cada manajo a sacudidas manuales consecutivas por 3-5 segundos y registrando la cantidad de frutas desprendidas;
 - (b) calculando el porcentaje de caída de dedos por manajo de la siguiente manera:

$$\frac{\text{cantidad de dedos desprendidos del manajo}}{\text{total cantidad de dedos en el manajo}} \times 100$$

9.2. Partición de la cáscara

La partición de la cáscara (Figura 19) es un desorden fisiológico que ocurre en los bananos, bananos de cocción y plátanos. Puede ocurrir como resultado de la maduración de las frutas a temperaturas altas en una atmósfera saturada, así como puede desarrollarse dentro del empaque de polietileno. Algunas veces es observado en el campo durante el desarrollo del racimo cuando existen deficiencias hídricas. El toque más ligero de la fruta con algún objeto filoso (por ejemplo, cuchillo) podría causar la partición de la cáscara. Las frutas que están cerca de la madurez total son las más susceptibles a la partición de la cáscara durante una temporada seca con lluvias fuertes intercaladas. También puede ocurrir en las frutas que han sido maduras prematuramente (Snowdon 1990). Durante la maduración, la cáscara pierde agua por transpiración (a la atmósfera) y por ósmosis hacia la pulpa. Esto resulta en el aumento del volumen de la pulpa que presumiblemente provoca la partición de la piel. Los cultivares/híbridos que tienen la piel delgada, son los más susceptibles a la partición de la cáscara. La partición de la cáscara podría resultar en la pérdida de la calidad de venta y del valor de la fruta.

9.2.1. Síntomas

Los síntomas de la partición de la cáscara (Figura 19) se caracterizan por una partición longitudinal de la misma, que comienza usualmente en el extremo proximal cerca del pedicelo. La partición usualmente divide la cáscara en mitades desiguales y, por último, expone la pulpa al ampliarse la partición.

9.2.2. Evaluación de la partición de la cáscara

La susceptibilidad de la cáscara a partirse en los bananos, bananos de cocción y plátanos puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Cosechar los racimos verdes maduros fisiológicamente.
- Desmanar los racimos, cortarlos en manojos y empacar las frutas en cajas de cartón (forradas con una película de polietileno perforada).
- Madurar las frutas exponiéndolas a etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas a una temperatura de 14-18°C.
- Ventilar y permitir que las frutas maduren a una temperatura de 18°C (y humedad relativa de 90-95%) hasta que alcancen el grado 6 en la tabla de colores (Figura 15).
- Inspeccionar las frutas respecto a la partición de la cáscara, contar la cantidad de frutas que tienen la cáscara partida y calcular el porcentaje.

9.3. Daños ocasionados por el frío

Los daños ocasionados por el frío son daños fisiológicos permanentes e irreversibles de los tejidos de las plantas o frutas, células u órganos, que resultan de la exposición de las plantas u órganos (por ejemplo, frutas) sensibles al frío, a temperaturas menores a algún límite crítico para esta especie o tejido (Lyons 1973). Es un desorden fisiológico que ocurre en la mayoría de las frutas (incluyendo bananos, bananos de cocción y plátanos) de origen tropical (o subtropical), cuando se someten a temperaturas por debajo de la temperatura crítica (que generalmente en la región es de 12-14°C). En los bananos, bananos de cocción o plátanos, los daños ocasionados por el frío ocurren a temperaturas de 12°C o menores (dependiendo del cultivar y otros factores). Aún unas pocas horas de temperaturas frías pueden ser suficientes para inducir daños permanentes o irreversibles. Los daños ocasionados por el frío pueden ocurrir tanto en frutas maduras, como inmaduras. Pueden causar la disminución de la calidad de venta y del valor e incluso pérdidas totales. Los daños ocasionados por el frío pueden ser evitados fácilmente en los cultivares/híbridos de *Musa* simplemente limitando el almacenamiento o manipulación a temperaturas por encima de las críticas.

Para prevenir los daños ocasionados por el frío, los nuevos híbridos de *Musa* deben ser seleccionados respecto a su susceptibilidad a este fenómeno.

9.3.1. Factores que contribuyen al desarrollo de los daños ocasionados por el frío

Varios factores contribuyen al desarrollo de los daños ocasionados por el frío en los bananos, bananos de cocción o plátanos. Ellos incluyen los siguientes (Lyons 1973; Morris 1982; Saltveit y Morris 1990):

- Temperatura de almacenamiento.
- Duración de la exposición de las frutas a las temperaturas frías.
- Si la exposición de las frutas (es decir, de los cultivares/híbridos) a una temperatura fría es continua o intermitente.
- Humedad relativa, composición de la atmósfera de almacenamiento y tratamiento postcosecha.

- Edad fisiológica, madurez o condición de la fruta expuesta.
- Sensibilidad relativa de la fruta (es decir, del cultivar/híbrido) al frío.
- Condiciones de cultivo y crecimiento.

9.3.2. Síntomas de los daños ocasionados por el frío

Los síntomas de los daños ocasionados por el frío (Figura 20) no son evidentes inmediatamente debido a las temperaturas que ocasionan los mismos, sin embargo, se vuelven evidentes de modo creciente después de transferir las frutas a temperaturas normales. Existe una cantidad de síntomas visuales que ocurren comúnmente y que son característicos a los daños ocasionados por el frío en los bananos, bananos de cocción y plátanos, y entre éstos (Lyons 1973; Morris 1982; Saltveit y Morris 1990; Snowdon 1990; Wang 1991) se encuentran los siguientes:

- Lesiones superficiales, como hoyos, grandes áreas hundidas y decoloración de la superficie.
- Áreas oscuras, impregnadas de agua, en la cáscara.
- Decoloración interna (ennegrecimiento) de la pulpa.
- Colapso de los tejidos.
- Las frutas no maduran normalmente: la cáscara de las frutas cosechadas maduras fisiológicamente, pero verdes, es descolorida y gris, el almidón ya no se convierte en azúcar y las frutas no maduran de manera habitual. Cuando ocurren daños severos, la fruta verde desarrolla un ennegrecimiento subepidérmico extenso y la piel puede tornarse totalmente negra durante la maduración. Cuando el daño no es tan severo, las frutas verdes usualmente no muestran efectos visibles, pero al madurar, el color de la piel varía desde un amarillo descolorido hasta grisáceo-amarillo o gris. Estos síntomas surgen de la acumulación de sustancias fenólicas oxidadas en las áreas epidérmicas y subepidérmicas, acompañada por alguna retención de clorofila (Palmer 1971). En frutas maduras, la apariencia general es la de una fruta descolorida, la cáscara es de color grisáceo, sin embargo, la pulpa puede no ser afectada. Las frutas dañadas severamente, desarrollan un ennegrecimiento subepidérmico extenso y eventualmente se tornan negras. Existe una pérdida de desarrollo del sabor y aroma característicos, y a menudo se desarrolla un sabor desagradable.

9.3.3. Evaluación de los daños ocasionados por el frío

Los daños ocasionados por el frío en los bananos, bananos de cocción y plátanos pueden ser evaluados de la manera siguiente:

- Someter las frutas, tanto maduras como inmaduras (siempre es necesario tener muestras testigo como es mostrado en la Figura 20), a períodos variables (por ejemplo, 24, 36, 48, 72 y 84 horas) y temperaturas por debajo de 12°C.
- Transferir las frutas a temperaturas normales (por ejemplo, a temperatura ambiente de 20-25°C) por 24-48 horas para la observación y registrar el desarrollo de los síntomas (es decir, evaluación de los daños ocasionados por el frío).
- Los síntomas mencionados arriba pueden servir como una guía en la evaluación de los daños ocasionados por el frío.

10. Enfermedades Postcosecha

Las enfermedades postcosecha pueden ocasionar serias pérdidas de fruta tanto en términos de cantidad, como de calidad. Las frutas infectadas con enfermedades pierden valor comercial. Existen muchas enfermedades postcosecha que afectan los bananos, bananos de cocción y plátanos. Sin embargo, en este capítulo se discutirán sólo las más importantes: la podredumbre de la corona, la antracnosis, la podredumbre de la punta del cigarro y la podredumbre de los dedos. Es importante que los nuevos híbridos de *Musa* sean seleccionados para la susceptibilidad respecto a estas enfermedades postcosecha.

10.1. Podredumbre de la corona

La podredumbre de la corona es una de las más importantes enfermedades postcosecha de los bananos y plátanos. Este es un complejo de enfermedades causadas por varios hongos, algunas veces en asociación con otros microorganismos como bacterias (Lukezic *et al.* 1967; Meredith 1965, 1971; Ogawa 1971; Snowdon 1990). Dos o más de estos hongos pueden atacar la corona, simultánea o sucesivamente, y causar la pudrición de los tejidos. Diferentes organismos predominan de acuerdo a la localidad, estación y otros factores.

Los patógenos más comunes asociados con la podredumbre de la corona son *Colletotrichum musae* (*Gloesporium musarum*), *Fusarium roseum*, *Fusarium semitectum* y *Botryodiplodia theobromae*. Otras especies incluyendo *Cephalosporium* sp., *Verticillium theobromae*, *Ceratocystis paradoxa* y *Phomosis* sp. han sido asociadas con el complejo de la podredumbre de la corona (Lukezic *et al.* 1967; Pløtz *et al.* 1994; Snowdon 1990). En adición, más de una docena de otros hongos han sido encontrados en los tejidos afectados por la podredumbre de la corona (Pløtz *et al.* 1994).

En su estado natural, la fuerte cáscara de banano o plátano protege la fruta contra las enfermedades fungosas. Pero cuando las manos se han cortado de los tallos, la gran herida abierta es un punto débil ideal para que entren y se desarrollen los hongos que ocasionan la podredumbre de la corona. Los hongos de la podredumbre de la corona se encuentran en todos lados en forma de pequeñas esporas microscópicas. Las esporas de los hongos que se encuentran sobre la fruta en el campo son trasladadas (después de cortar los racimos) a la estación de empaque. Las esporas siguen la fruta hacia los tanques de lavado de látex, donde penetran profundamente en el punto débil, que es la herida en el tejido de la corona (debido al desmane). Las esporas también permanecen en el exterior de la fruta y son empacadas junto con ésta.

10.1.1. Síntomas

- Los síntomas de la podredumbre de la corona (Figura 21) son caracterizados por (Lukezic *et al.* 1967; Meredith 1965, 1971; Ogawa 1971; Plötz *et al.* 1994; Snowdon 1990):
- Ablandamiento y ennegrecimiento de los tejidos en la superficie del corte de la corona.
- Moho de color blanco, gris o rosado puede formarse en la superficie de la corona cortada.
- Los tejidos infectados se tornan negros y la podredumbre puede avanzar hacia el pedúnculo del dedo.
- Cuando la infección es severa, los dedos caerán de la corona si ésta se cuelga. La severidad de la podredumbre de la corona es altamente impredecible y se desconoce porqué algunas manos tienen la podredumbre y otras, no.

10.1.2. Evaluación de la podredumbre de la corona

La podredumbre de la corona puede ocurrir tanto en las frutas verdes como maduras de los bananos, bananos de cocción y plátanos y puede ser evaluada como se describe abajo:

- Cosechar racimos fisiológicamente maduros del mismo cultivar/híbrido.
- Desmanar los racimos, cortarlos en manos y, con la asistencia de un patólogo calificado, inocular la corona de las manos con una cantidad conocida de inóculo. Es necesario tener siempre muestras de control para la comparación.
- Empacar las manos en cajas de cartón (forradas con una película de polietileno perforada).
- Las frutas deben mantenerse a 14°C por unos 14 días. Luego, inicie la maduración exponiendo las frutas al etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas a una temperatura de 18°C y humedad relativa de 90-95%. Ventilar el cuarto de almacenaje y permitir que las frutas maduren a 18°C y humedad relativa de 90-95%.
- La podredumbre de la corona debe ser evaluada con la asistencia de un patólogo calificado, quien puede diagnosticar apropiadamente la enfermedad y cuantificar la infección correctamente. También es importante aislar e identificar los patógenos que causan la infección.

10.1.3. Control

El control de la podredumbre de la corona empieza en el campo con la remoción regular de los desechos foliares. La sanidad adecuada de la plantación puede reducir grandemente la cantidad de esporas de hongos presentes que causan la podredumbre. No guarde las frutas podridas o los materiales de desecho vegetal cerca de la estación de empaque. Mantenga limpia el agua en los tanques de lavado y cámbiela frecuentemente, antes de que se contamine fuertemente con las esporas. El desmane debe realizarse cuidadosamente con un cuchillo afilado para evitar un corte desigual. Finalmente, es esencial realizar un tratamiento postcosecha de las frutas con un fungicida eficaz.

10.2. Antracnosis

La antracnosis es una de las principales enfermedades postcosecha de los bananos, bananos de cocción y plátanos. Esta enfermedad es causada por el hongo *Colletotrichum musae* (Berk y Curt) v. Arx. La antracnosis es común en las heridas, pero también es capaz de atacar la fruta sana. Ocasionalmente, invade los cuellos de los dedos, cuando éstos están dañados.

10.2.1. Síntomas

Los hongos inician dos tipos de infección (Meredith 1971; Pløetz *et al.* 1994; Snowdon 1990):

- (1) Infección no latente.
- (2) Infección latente.

La infección no latente ocurre en pequeñas heridas, empezando desde la cosecha y continuando hasta desarrollarse luego sin un período de dormancia.

En frutas verdes, las lesiones por antracnosis son generalmente de color marrón oscuro hasta negro con un margen pálido, de forma lenticular y ligeramente hundidas.

Las lesiones por la antracnosis no latente, que se desarrollan en las frutas en proceso de maduración (Figura 22), son caracterizadas por numerosas manchitas circulares de color marrón o marrón oscuro. Estas manchitas aumentan de tamaño y se funden para formar manchas grandes. Al progresar la enfermedad, las manchas se tornan hundidas, cuyo centro está cubierto por masas de esporas de color naranja. Los dedos afectados maduran rápidamente, pero eventualmente se pudren.

La infección latente empieza temprano, durante el período cuando la fruta todavía se encuentra en la planta, pero el patógeno permanece inactivo como un hifa subcuticular, hasta que la fruta se acerque a la maduración. Cuando el patógeno reanuda su actividad durante la maduración, la infección causa la formación de manchas típicas de color marrón sobre las frutas maduras. También puede desarrollarse y llegar a pudriciones destructivas de los dedos de las frutas verdes durante el almacenamiento en frío a 12-14°C.

Las manchas en las frutas primero son aguadas, usualmente de forma irregular y amarillentas. Las manchas se agrandan, pueden adquirir la forma de lente o de huso y se tornan de color marrón oscuro o negro con un margen amarillento aguado. El centro de las manchas puede romperse. Varias manchas pueden unirse y afectar grandes áreas del dedo. Las masas de esporas de color naranja se desarrollan en el centro de las manchas en condiciones húmedas. La enfermedad, común sobre la cáscara lesionada, se agrava debido a las rozaduras y heridas provocadas durante la manipulación posterior. El almacenamiento durante largos períodos y las fluctuaciones de altas temperaturas de almacenamiento favorecen el desarrollo de la antracnosis (Meredith 1971; Pløetz *et al.* 1994; Snowdon 1990).

10.2.2. Evaluación de la antracnosis

La antracnosis en bananos, bananos de cocción y plátanos puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Cosechar racimos maduros fisiológicamente del mismo cultivar/híbrido.
- Desmanar los racimos, cortarlos en manos y con la asistencia de un patólogo calificado inocular las frutas con una cantidad conocida de inóculo del hongo *Colletotrichum musae*. Es necesario tener siempre muestras de control para la comparación.

- Empacar las manos en cajas de cartón (forradas con una película de polietileno perforada).
- Las frutas pueden ser maduras naturalmente a temperatura ambiente o artificialmente exponiéndolas al etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas, a una temperatura de 18°C y humedad relativa de 90-95%.
- Ventilar el cuarto de almacenaje y permitir que las frutas maduren a 18°C y humedad relativa de 90-95%.
- La evaluación de la antracnosis debe ser realizada con la asistencia de un patólogo calificado, quien puede diagnosticar apropiadamente la enfermedad y cuantificar la infección correctamente. También es importante aislar e identificar el hongo *Colletotrichum musae*, que causa la infección.

10.2.3. Control

Las medidas preventivas empiezan en la plantación. Es importante mantener una estricta higiene o sanidad en la plantación y estación de empaque para minimizar la cantidad de esporas que puedan causar la infección. Todas las prácticas culturales, que reducen la aparición de rozaduras y daños a la fruta, prevendrán la antracnosis. Finalmente, un tratamiento eficaz con fungicidas también ayudará a reducir la incidencia.

10.3. Podredumbre de la punta del cigarro

La podredumbre de la punta del cigarro de bananos y plátanos también es una enfermedad postcosecha importante causada por los hongos *Trachysphaera fructigena* Tabor y Bunting y *Verticillium theobromae* (Turc) Mason y Hughes.

10.3.1. Síntomas

- La podredumbre de la punta del cigarro (Figura 23) es esencialmente una enfermedad del plátano (pero también puede ser encontrada en bananos y bananos de cocción), y las frutas aparentemente son más susceptibles a su ataque en las etapas inmaduras de la fruta (Wardlaw 1961).
- La cantidad de dedos afectados en el racimo varía.
- La infección, que empieza con un localizado oscurecimiento y arrugamiento de la cáscara, se origina en el periantio y se propaga lentamente hacia atrás a lo largo del dedo (Warlaw 1931). El área oscurecida es bordeada por una banda negra y una angosta región clorótica que separa los tejidos infectados y sanos.
- En la podredumbre de las puntas causada por *Trachysphaera*, la superficie de la lesión se cubre con esporas blancas que luego se tornan rosadas o marrones a medida que maduran, dando a la punta del dedo de la fruta una apariencia ceniza grisácea, usualmente asociada con la podredumbre de la punta del cigarro. Internamente, la pulpa puede experimentar una pudrición seca y momificarse (Brun 1970). Una podredumbre húmeda puede ocurrir cuando están presentes organismos secundarios.
- En la podredumbre de las puntas causada por *Verticillium*, el tejido es característicamente seco y fibroso y las esporas son grises y se parecen al polvo. En ambas enfermedades, los síntomas se asemejan a la punta ceniza de un cigarro prendido (Pløetz *et al.* 1994; Snowdon 1990).

10.3.2. Evaluación de la podredumbre de la punta del cigarro

La evaluación de la podredumbre de la punta del cigarro debe ser realizada con la asistencia de un patólogo calificado quien puede inocular apropiadamente, diagnosticar la enfermedad y cuantificar la infección correctamente. También es importante aislar e identificar el patógeno que causa la infección.

10.3.3. Control

El método principal de control es la remoción manual frecuente y quema de las partes florales muertas y frutas infectadas. También se recomienda el uso de fungicidas para controlar la enfermedad. En la estación de empaque, se debe tener cuidado de recoger las frutas infectadas para evitar la contaminación del agua de lavado con las esporas. La podredumbre de la punta del cigarro se controla eficazmente cubriendo las flores (inmediatamente después de la emergencia) con una bolsa de polietileno antes de la emergencia de las manos.

10.4. Pudrición de los dedos

La pudrición de los dedos es causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. que invade las heridas sobre la piel de la fruta. La infección penetra en la pulpa y causa la pudrición de los dedos enteros, también puede provocar la maduración prematura de toda una caja.

10.4.1. Síntomas

Los síntomas de la pudrición de los dedos son caracterizados por (Ogawa 1971; Williams y Tandon 1966; Plötz *et al.* 1994; Snowdon 1990):

- Los síntomas usualmente empiezan en el punto floral del dedo o en una herida.
- La pudrición se propaga uniformemente y causa la decoloración de la cáscara de color marrón negro, así como el ablandamiento de la pulpa.
- El área afectada de la cáscara se vuelve arrugada y incrustada de unos cuerpos negros diminutos (picnidia).
- La pulpa se reduce a una masa suave (o estado semilíquido) podrida, y un moho de color gris oscuro crece sobre la superficie de la cáscara cuando la humedad es alta.
- La tasa de desarrollo de la enfermedad aumenta durante el período de maduración de la fruta y ésta puede propagarse hacia los dedos adyacentes.
- Las manos infectadas tienden a madurar prematuramente y las frutas totalmente maduras son las más susceptibles a la infección.

10.4.2. Evaluación de la pudrición de los dedos

La pudrición de los dedos en los bananos, bananos de cocción y plátanos puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Cosechar los racimos fisiológicamente maduros del mismo cultivar/híbrido.
- Desmanar los racimos, cortarlos en manos y con la asistencia de un patólogo calificado inocular las frutas con una cantidad conocida de inóculo del hongo *Botryodiplodia theobromae*. Es necesario tener siempre muestras de control para la comparación.

- Empacar las manos en cajas de cartón (forradas con una película de polietileno perforada).
- Las frutas pueden ser maduras naturalmente a temperatura ambiente o artificialmente exponiendo las frutas a etileno (1 ml/litro) por 24-48 horas a una temperatura de 18°C y humedad relativa de 90-95%.
- Ventilar el cuarto de almacenaje y permitir que las frutas maduren a 18°C y humedad relativa de 90-95%.
- La pudrición de los dedos debe ser evaluada con la asistencia de un patólogo calificado quien puede diagnosticar apropiadamente la enfermedad y cuantificar la infección correctamente. También es importante aislar e identificar el hongo *Botryodiplodia theobromae*, que causa la infección.

10.4.3. Control

La enfermedad puede mantenerse bajo control minimizando los daños a las frutas con un fungicida sistémico y reduciendo rápidamente la temperatura de la fruta después de la cosecha.

Bibliografía

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) 1990. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.
- Bai, S. G. & Roa, M. N. 1969. The use of packaging and antioxidants in banana chipping. *Jou. Food Sci. Technol.* 6:169-172.
- Baldry, J., Coursey, D. G. & Howard, G. E. 1981. The comparative consumer acceptability of triploid and tetraploid banana fruit. *Trop. Sci.* 23:33-66.
- Banks, N. H. & Joseph, M. 1991. Factors affecting resistance of banana fruit to compression and impact bruising. *Jou. Sci. Food Agric.* 56:315-323.
- Banks, N. H., Borton, C. A. & Joseph, M. 1991. Compression bruising test for banana. *Jou. Sci. Food Agric.* 56:223-226.
- Ben-Yehoshua, S. & Cameron, A. C. 1988. Exchange determination of water vapour, carbon dioxide, oxygen, ethylene and other gases of fruits and vegetables. Pp. 178-193 *in* Gases in plant and microbial cells. Modern methods of plant analysis. New series vol. 9 (H.F. Linskens and J.F. Jackson, eds.).
- Berg, J. R., Berg, R. C. Sarna, E. J. & Bates, B. 1971. Banana and plantain products and process for preparing same. British Patent 1:232, 773.
- Blankenship, S. M., Ellsworth D. D. & Powell, R. L. 1993. A ripening index for banana fruit based on starch content. *HortTechnol.* 3(3):338-339.
- Blake, J. R. & Peacock, B. C. 1971. Effects of temperature on the preclimacteric life of bananas. *Queensland Jou. Agric. Anim. Sci.* 28:243-248.
- Bourne, M. C. 1982. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. *Jou. Food Sci.* 47:440-444.
- Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 38:155-178.
- Brun, J. 1970. Un nouvel aspect des pourritures de bananes 'Poyo' en cours de transport. *Fruits* 25:781-784.
- CGIAR 1992. Future priorities and Strategies. CGIAR Technical Advisory Committee. TAC Secretariat FAO, Rome, Italy.
- CGIAR 1993. Progress report by the CGIAR Task Force on Banana and Plantain Research. CGIAR Secretariat, World Bank, Washington, D.C., USA.
- Dadzie, B. K. 1993. Quarterly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterisation (October - December, 1993).
- Dadzie, B. K. 1994a. Post-harvest handling of plantains in Ghana. *INFOMUSA* 3(2):9-10.
- Dadzie, B. K. 1994b. Quarterly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterisation (October - December, 1994).
- Dadzie, B. K. 1994c. Six monthly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterisation (April - September, 1994).
- Dadzie, B. K. & Wainwright, H. 1995. Plantain utilization in Ghana. *Trop. Sci.* 35:405-410.
- Duelin, R. 1963. Mesure de la couleur de la pulpe de la banane en phase préclimactérique. *Fruit* 18:23-26.
- Francis, F. J. 1980. Colour quality evaluation of horticultural crops. *HortSci.* 15:58-59.

- George, J. B. & Marriott, J. 1983. The effect of humidity in plantain ripening. *Scientia Horticulturae* 21:37-43.
- Garcia, E. & Lajolo, F. M. 1988. Starch transformation during banana ripening. The amylase and glucosidase behaviour. *Jou. Food Sci.* 53:1181-1186.
- Harman, J. E. 1981. Kiwifruit maturity. *The Orchardist of New Zealand* (May):126-128.
- Hibler, M. & Hardy, D. 1994. Breeding a better banana. *IDRC Reports* 22(1):16-18.
- Hunter, R. S. 1975. *The measurement of appearance*. Wiley, New York.
- IITA. 1992. *Sustainable food production in Sub-Saharan Africa*, 1. IITA, Ibadan, Nigeria. 208pp.
- Institute of Food Technologists. 1981. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food Technol.* 35(11):50-59.
- Jain, N. L., Nair, K. G., Siddappa, G. S. & Lal, G. 1962. Studies to improve the keeping quality of fried salted banana chips. *Food Sci.* 11:335-338.
- Josylin, M. A. 1970. Acidimetry. Pp. 401-559 *in* *Methods in food analysis* (M. A. Josylin, ed.). Academic Press, New York.
- Kader, A. A. 1987. Respiration and gas exchange of vegetables. Pp. 27-30 *in* *Post-harvest physiology of vegetables*. (J. Weichmann, ed.). Marcel Dekker Inc., New York.
- Kader, A. A. 1994. Fruit maturity, ripening and quality relationships. *Perishables Handling Newsletter* 80:2.
- Kader, A. A., Mitcham, B. & Hess-Pierce, B. 1994. Optimum procedures for ripening bananas. *Perishables Handling Newsletter* 80:12-13.
- Kayisu, K, Hood, L. F. & Vansoest, P. J. 1981. Characterisation of starch and fiber of banana fruit. *Jou. Food Sci.* 46(6):1885-1890.
- Klevin, J. D. 1987. Relationship of harvest date, storage conditions, and fruit characteristics to bruise susceptibility of apple. *Jou. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:113-118.
- Knee, M. 1980. Methods of measuring green colour and chlorophyll content of apple fruit. *Jou. Food Technol.* 15:493-500.
- Kramer, A. 1964. Definition of texture and its measurement in vegetable products. *Food Technol.* (May): 46-49.
- Kushman, L. J. & Pope, D. T. 1968. Procedure for determining intercellular space of roots and specific gravity of sweetpotato root tissue. *HortSci.* 3(1):44-45.
- Kushman, L. J., Pope, D. T. & Monroe, R. J. 1966. Estimation of intercellular space and specific gravity of five varieties of sweetpotato root. *N. C. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul.:* 175.
- Kushman, L. J., Pope, D. T. & Warren, J. A. 1966. A rapid method of estimating dry matter content of sweetpotato. P. 240 *in* *Proc. South Agr. Workers Meetings 64th Ann. Conv.*
- Larmond, E. 1987. Sensory evaluation can be objective. Pp. 3-14 *in* *Objective Methods in Food quality Assessment* (J.G. Kapsalis, ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Lawless, H. 1991. The sense of smell in food quality and sensory evaluation. *Jou. Food Qual.* 14:33-60.
- Lawler, F. D. 1967. Banana challenges food formulators. *Food Eng.* 39(5):58-63; (6):62-65.
- Løesecke, H. Von. 1949. *Bananas*. InterScience, New York.
- Løesecke, H. Von. 1950. *Bananas*. 2nd edition. InterScience, New York.
- Lukezic, F. L., Kaiser, W. J. & Martinez, M. M. 1967. The incidence of crown rot of boxed bananas in relation to microbial populations of the crown. *Canadian Jou. Bot.* 45:413-421.
- Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24:445-466.
- Marriott, J. 1980. Banana - Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *CRC Cri. Rev. Food Sci. Nutr.* 13(1):41-88.
- Marriott, J. & Lancaster, P. A. 1983. Bananas and plantains. Pp. 85-143 *in* *Handbook of Tropical Foods* (H. T. Chan Jr, ed.) Marcel Dekker Inc., New York and Basel.
- Marriott, J., Robinson, M. & Karikari, S. K. 1981. Starch and sugar transformation during ripening of plantains and bananas. *Trop. Sci.* 32:1021-1026.

- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective colour measurements. *HortSci.* 27(12):1254-1255.
- Medlicott, A. P., Semple, A. J., Thompson, A. J., Blackbourne, H. R. & Thompson, A. K. 1992. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Trop. Agric. (Trinidad)* 69(2):161-166.
- Meredith, D. S. 1965. Tip rot of banana fruits in Jamaica. 2. *Verticillium theobromae* and *Fusarium* spp. *Transactions of the British Mycological Society* 48:327-336.
- Meredith, D. S. 1971. Transport and storage diseases of bananas: Biology and control. *Trop. Agric. (Trinidad)* 48(1):35-50.
- Morris, L. L. 1982. Chilling injury of horticultural crops: An overview. *HortSci.* 17(2):161-165.
- New, S. & Marriott, J. (1974). Factors affecting the development of finger drop in bananas after ripening. *Jou. Food Technol.* 18:241-250.
- Ogawa, J. M. 1970. Post-harvest diseases of banana in China (Taiwan). *FAO Plant Protection Bulletin* 18:31-42.
- O'Mahony, M. 1986. *Sensory evaluation of Food - Statistical Methods and Procedures.* Marcel Dekker Inc, New York, USA.
- Palmer, J.K. 1971. The banana. Pp. 65-105 in *The Biochemistry of fruits and their products.* Vol. 2. (A. C. Hulme, ed.). Academic Press, London.
- Peacock, B. C. 1966. Relationship between physical changes and the climacteric phase in the banana. *Queensland J. Agric. Anim. Sci.* 23:77-80.
- Peacock, B. C. & Blake, J. R. 1970. Some effects of non-damaging temperatures on the life and respiratory behaviour of bananas. *Queensland Jou. Agric. Anim. Sci.* 27:147-168.
- Piggot, J. R. 1988. *Sensory Analysis of Foods: 2nd edition,* Elsevier Applied Science, London, UK.
- Ploetz, R. C., Zentmyer, G. A., Nishijima, W. T., Rohrbach, K. G. & Ohr, H. D. 1994. *Compendium of tropical fruit diseases.* APS Press, USA. 88 pp.
- Reid, M. S., Padfield, C. A. S., Watkins, C. B. & Harman, J. E. 1982. Starch iodine pattern as a maturity index for Granny Smith apples. 1. Comparison with flesh firmness and soluble solids content. *New Zealand Jou. Agric. Res.* 25:229-237.
- Saltveit, M. E. Jr., 1984. Effect of temperature on firmness and bruising of 'Starkinson Delicious' and 'Golden Delicious' apples. *HortSci.* 19(4):550-551.
- Saltveit, M. E., Jr., & Hale, S. A. 1982. Determining the maturity of North Carolina apples. *North Carolina Agric. Ext. Bul.* AG-282.
- Saltveit, M. E., Jr. & Morris, L. L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. P. 313 in *Chilling injury of horticultural crops.* (C. Y. Wang, ed.). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Sanchez-Nieva, F. & Hernandez, I. 1967. Preparation and preservation for freezing of ripe plantains in syrup. *Misc. Pub. 7. Food Tech. Lab., Agric. Expt. Stat., Univ. of Puerto Rico.* (in Spanish).
- Schoorl, D. & Holt, J. E. 1980. Bruise resistance measurements in apples. *Jou. Texture Studies* 11:389-394.
- Semple, A. J. & Thompson, A. K. 1988. Influence of the ripening environment on the development of finger drop in bananas. *Jou. Sci. Food Agric.* 46:139-146.
- Smith, N. J. S., Tucker, G. A. & Jeger, J. 1989. Softening and cell wall changes in bananas and plantains. *Aspects of Applied Biology* 20:57-65.
- Smit, C. J. B. & Burger, I. J. 1957. The canning of bananas and banana pureé. *Food Ind. South Africa* 10:19-20.
- Solomos, T. 1987. Principles of gas exchange in bulky plant tissues. *HortSci.* 22:766-771.
- Snowdon, A. L. 1990. *A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables Vol. 1: General introduction and fruits.* Wolfe Scientific Publications, London, UK. 302 pp.
- Stone, H. & Sidel, J. L. 1985. *Sensory Evaluation Techniques.* Academic Press Inc., London, UK. 322p.

- Stover, R. H. & Simmonds, N. W. 1987. Banana (3rd edition). John Wiley & Sons, Inc. New York. 468p.
- Swennen, R. 1990. Plantain cultivation under West African conditions: A reference manual. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. Amarin Printing Group Co. Ltd. Thailand. 24p.
- Thompson, A. K. 1995. Banana processing. Pp. 481-492 in Bananas and Plantains (S. Gowen, ed.). Chapman & Hall, London, UK.
- Thompson, A. K. & Burden, O. J. 1995. Harvesting and fruit care. Pp. 403-433 in Bananas and Plantains (S. Gowen, ed.). Chapman & Hall, London, UK.
- Topping, A. J. & Luton, M. T. 1986. Cultivar differences in the bruising of English apples. *Jou. Hort. Sci.* 61:9-13.
- Wainwright, H. & Hughes, P. 1989. Objective measurement of banana pulp colour. *International Jou. Food Sci. Technol.* 24:553-558.
- Wainwright, H. & Hughes, P. 1990. Changes in banana pulp colour during ripening. *Fruits* 45(1):25-28.
- Wang, C. Y. 1991. Reduction of chilling injury in fruits and vegetables. *Post-harvest News and Information* 2(3):165-168.
- Wardlaw, C. W. 1931. Banana diseases. *Trop. Agric.* 8(2):293-298.
- Wardlaw, C. W. 1961. Banana diseases. Longmans, Green & Co. Ltd., London, UK. 648 pp.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery L. E. & Elias, L. G. 1989. Basic sensory methods for food evaluation. International Development Research Centre, Ottawa, Ont., Canada. 141 pp.
- Williamson D. & Tandon, R. N. 1966. Some pathological studies on *Botryodiplodia theobromae* Pat. causing banana rot. *Mycopathologia et Mycologia Applicata* 29:245-253.
- Wills, R. H. H., McGlasson, W. B., Graham, D., Lee, T. H. & Hall, E. G. 1989. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 176 pp.

Lista de Abreviaturas

- CGIAR Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
- CIID Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo
- FHIA Fundación Hondureña de Investigación Agrícola
- IITA International Institute of Tropical Agriculture
- INIBAP Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano
- NRI Natural Resources Institute
- ODA Overseas Development Administration

Apéndice 1

Criterios de los consumidores para la selección de plátanos al momento de la compra

Nombre _____ Sexo _____ Fecha _____

El propósito de este estudio es evaluar los criterios de los consumidores para la selección de plátanos al momento de compra. Asumiendo que Usted va al mercado para comprar plátanos y observa que existe alrededor de cinco (o más) cultivares de plátano diferentes en el mostrador, ¿qué criterios utilizará Usted para decidir cual de todos comprará? Por favor, utilice los siguientes criterios como ayuda para contestar a las preguntas presentadas a continuación.

Instrucciones

1. Por favor, observe las muestras codificadas de plátanos en el mostrador.
2. Por favor, haga su propio juicio individual después de considerar un poco.

Por favor, conteste las siguientes preguntas lo más preciso posible.

Coloque las muestras codificadas en orden de preferencia (5 = la más preferida, 1 = la menos preferida) de acuerdo a:

A. Color de los dedos

Orden	Muestra No.	Razones de preferencia
5 _____	_____	_____
4 _____	_____	_____
3 _____	_____	_____
2 _____	_____	_____
1 _____	_____	_____

B. Forma de los dedos

Orden	Muestra No.	Razones de preferencia
5 _____	_____	_____
4 _____	_____	_____
3 _____	_____	_____
2 _____	_____	_____
1 _____	_____	_____

C. Tamaño de los dedos

Orden	Muestra No.	Razones de preferencia
5 _____	_____	_____
4 _____	_____	_____
3 _____	_____	_____
2 _____	_____	_____
1 _____	_____	_____

D. Apariencia de los dedos

Orden	Muestra No.	Razones de preferencia
5 _____	_____	_____
4 _____	_____	_____
3 _____	_____	_____
2 _____	_____	_____
1 _____	_____	_____

¿Algunos comentarios adicionales?

Gracias por su participación.

Apéndice 3

Nombre _____ Sexo _____ Fecha _____

Instrucciones

1. Usted recibe las muestras codificadas de los chips de plátano.
2. Por favor, haga su propio juicio individual después de considerar un poco.
3. Se requiere que tome un sorbo de agua y espere un poco antes de probar cada muestra; repetir las pruebas lo menos posible.

Por favor, conteste las siguientes preguntas lo más preciso posible.

Por favor, evalúe las muestras de acuerdo a los parámetros de calidad sensorial presentados a continuación, utilizando la escala apropiada.

Escala	Textura	Sabor	Color	Consistencia	Aceptabilidad total
5	muy dura	excelente	excelente	muy crujiente	excelente
4	dura	muy aceptable	gusta mucho	crujiente	gusta mucho
3	Suave	bueno	bueno	Ligeramente crujiente	bueno
2	muy suave	regular	regular	suave	regular
1	Demasiado suave	pobre	pobre	muy suave	pobre

Escala	Textura	Sabor	Color	Consistencia	Aceptabilidad total

¿Cuál de las muestras (una) le gusta más? _____

Razones para preferirla:

¿Algunos comentarios adicionales?

_____ Gracias por su participación.



Figura 1: Medición del largo de la fruta con una cinta.



*Figura 2:
Medición
de la circunferencia
de la fruta con una cinta.*



Figura 3: Medición del grosor de la cáscara y de la pulpa con un calibrador.



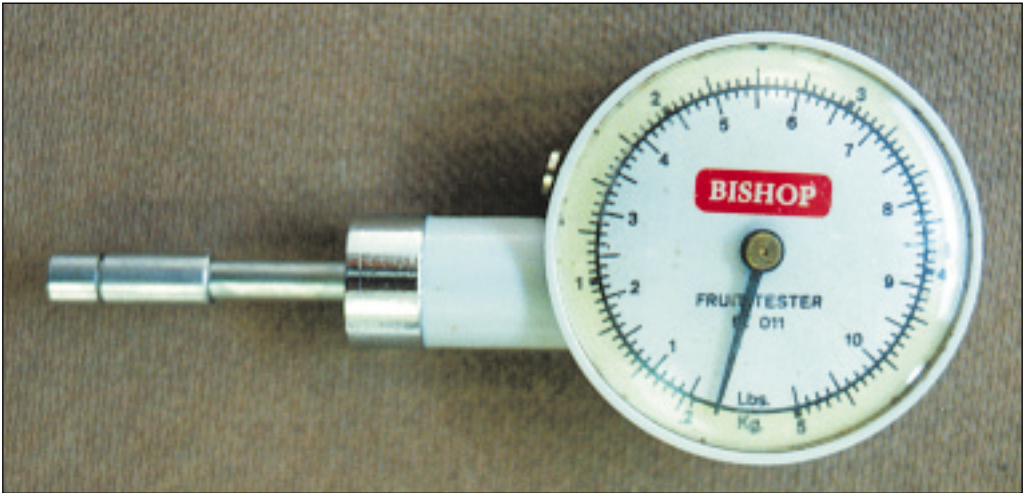


Figura 4:
*Penetrómetro manual equipado con una sonda de 6 mm
para la medición de la firmeza de la pulpa.*

Figura 5:
*Uso del probador de mesa equipado con una sonda de 6 mm
para medición de la firmeza de la pulpa.*





Figura 6:
*Medición del contenido de sólidos solubles
totales con un refractómetro manual.*



Figura 7:
*Medidor digital manual
del pH, para medir
el pH del jugo
extraído de la pulpa.*

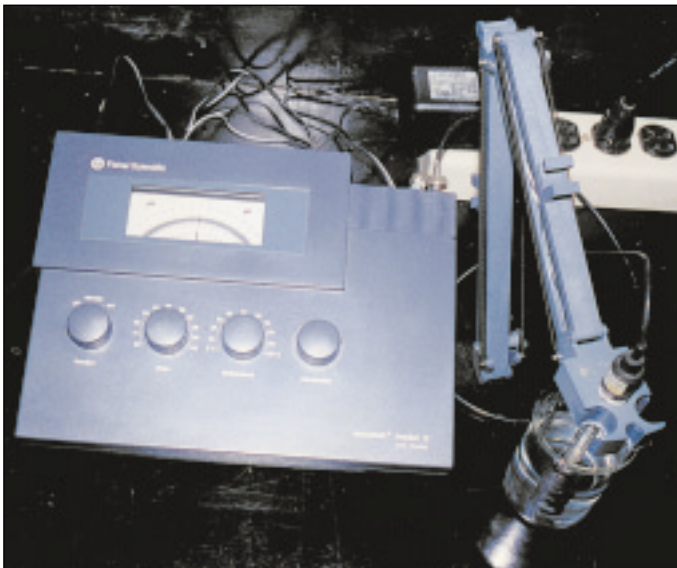
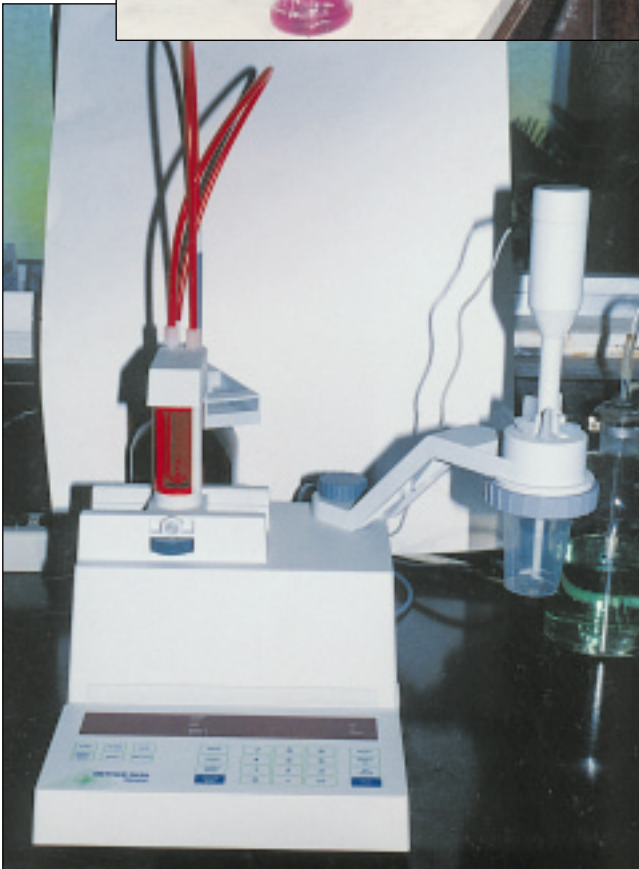


Figura 8:
*Medidor de mesa del pH,
para la medir el pH del
jugo extraído de la pulpa.*



*Figura 9:
Medición manual
de la acidez titular total
del jugo extraído
de la pulpa.*



*Figura 10:
Titulador automático
para la medición de la acidez
titular total del jugo
extraído de la pulpa.*



Figura 11:

Ejemplo de cambios típicos en las características morfológicas durante la maduración de la fruta.

Day after shooting = número de días después de la emisión de la inflorescencia.



Figura 12:

Evaluación del diámetro del dedo o grado en la práctica comercial.

Figura 13:
Medición del
largo del dedo
con una cinta
diseñada para
este propósito.

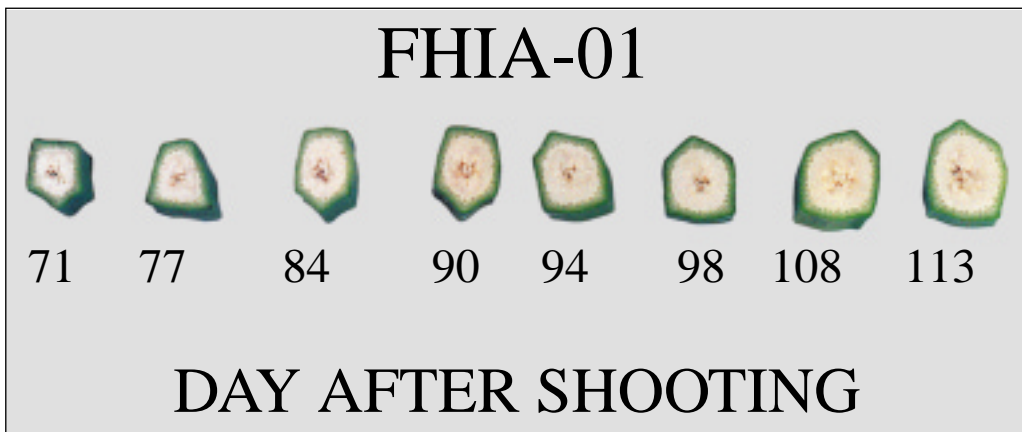


Figura 14: *Ejemplo de los cambios típicos en los ángulos, forma y tamaño del área transversal durante la maduración de la fruta.*
Day after shooting = número de días después de la emisión de la inflorescencia.

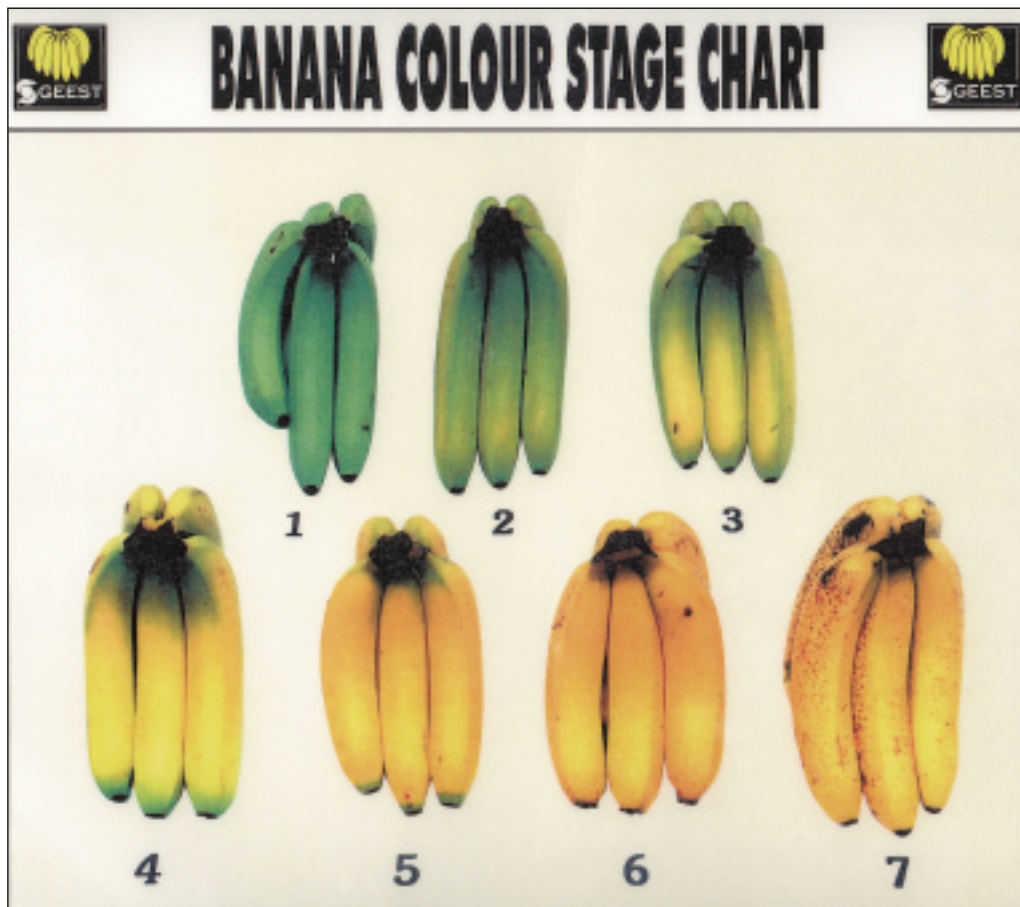
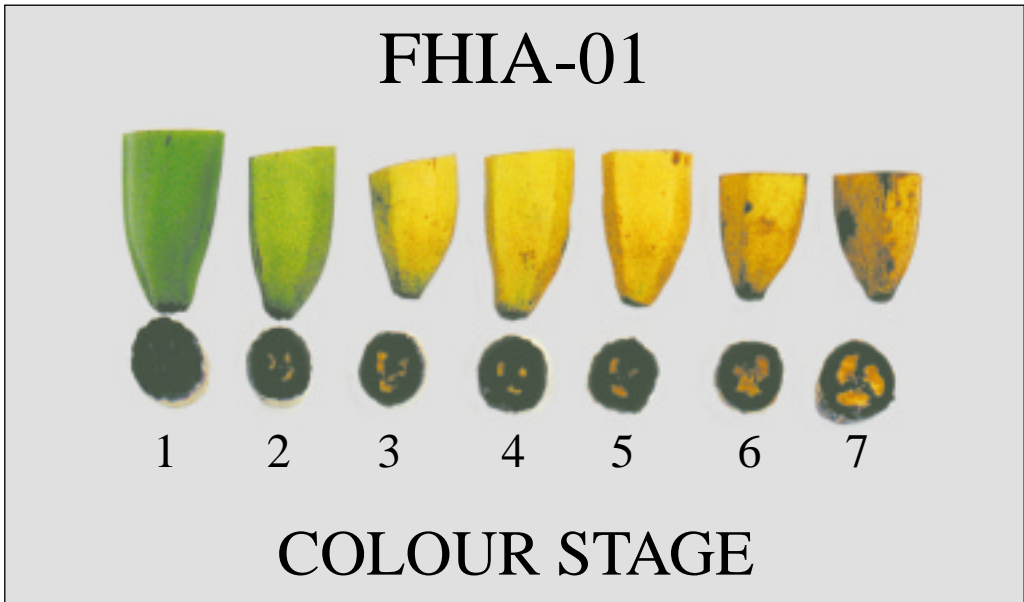


Figura 15: Tabla de colores de la piel de banano.



Figura 16: Un lado de la superficie cortada de muestras de la pulpa coloreado con la solución de yoduro y yodo de potasio.



*Figura 17:
Cuadro que ilustra los cambios
en el patrón de almidón correspondiente al color de la cáscara
durante la maduración.
Colour stage = grado de color*

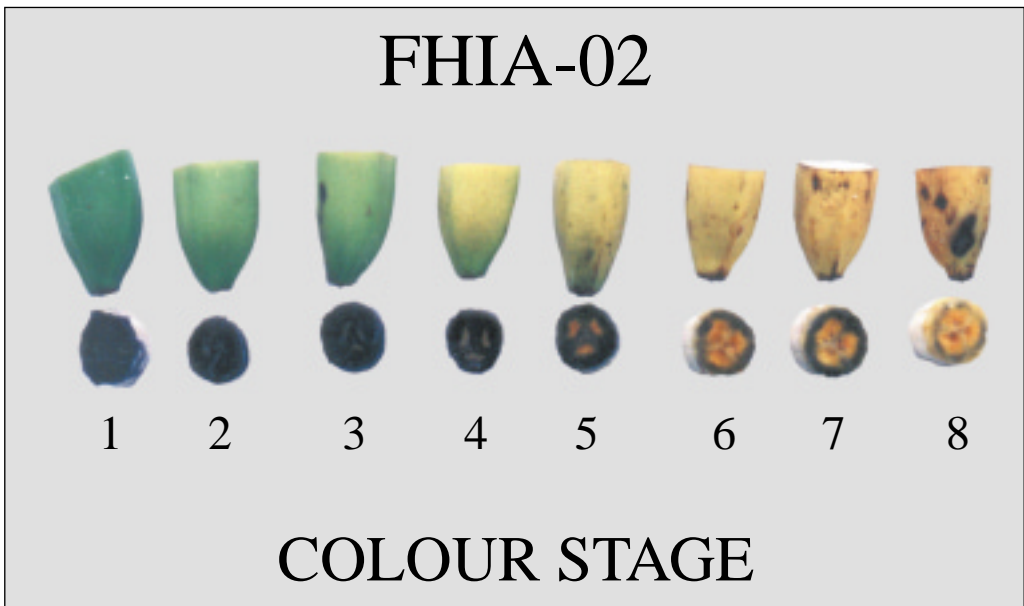




Figura 18:
Caída de los dedos, es decir, los dedos individuales se desprenden o se caen de la corona.



Figura 19:
Partición de la cáscara en banano.



Figura 20: Daños ocasionados por el frío (las frutas de la derecha son testigos).



Figura 21: Podredumbre de la corona (en la corona se puede observar el crecimiento de los hongos).



Figura 22:
Antracnosis en banano.



Figura 23:
*Podredumbre de la punta
del cigarro.*

Diagramación: CIRPAC
ZA Clément-Ader
4, rue Louis-Bréguet
34830 Jacou - Francia
Tel. 04 67 59 10 11 - Fax 04 67 59 95 38