

## Evolución de la firmeza y el contenido de sólidos solubles durante la maduración natural y artificial de banano

El conocimiento de las modificaciones que sufre el banano luego de la cosecha es de gran importancia para el

desarrollo de alternativas de transformación industrial, dirigidas ...

(ver pág. 7)

## CARACTERIZACION DE LA INTERCONVERSION DE LA SACAROSA POR MEDIO DE ENZIMAS INMOVILIZADAS DEL BANANO



## Perfil físico - químico de manzana var. Ana no comercializable en Costa Rica

Se planteó una investigación para determinar el perfil físico-químico de la manzana variedad Ana, y usarlo como punto de partida en el desarrollo

de productos que puedan ser una alternativa de comercialización para la fruta que no se podrá ...

(ver pág. 12)

## Aspectos de la elaboración de queso blanco en Costa Rica

El Consumo de "queso blanco", el mas popular en Costa Rica, se estima en 14.076 toneladas métricas/al año, lo que representa el 70% del consumo total de queso

en el país . Como queso blanco se conocen principalmente tres tipos de ese producto...

(ver pág 17)

Revista Semestral publicada por el Centro de  
Investigación en Tecnología de Alimentos

**Director del CITA**  
Luis Fernando Arias M.

**Editor**  
Ricardo Quirós C.

**Consejo Editorial**  
Ing. Luis Fernando Arias Molina.  
Ing. Fernando Aguilar Villarreal.  
Ana Ruth Bonilla Leiva, M. Sc.  
Víctor Lobo Di Palma, M. Sc.  
Juan Manuel Esquivel Kruse, M. Sc.

**Diagramación**  
Jeanina García U.

La responsabilidad de los trabajos firmados es de  
sus autores y no del CITA, excepto cuando se  
indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o  
procedimiento patentado no supone su  
aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden  
reproducirse libremente siempre y cuando se  
haga mención expresa de su procedencia y se  
envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia para canje y suscripciones  
Universidad de Costa Rica - Centro de  
Investigaciones en Tecnología de Alimentos  
REVITECA  
San José - Costa Rica  
Telex UNICORI 2544  
Tels. 25-98-85, 24-8027  
25-55-55 ext. 701-212  
Fax (506) 533762

La presente edición de REVITECA es  
patrocinada por la Fundación para la  
Investigación Agroindustrial Alimentaria  
(FIAA).

**Caracterización de la interconversión de la sacarosa  
por medio de enzimas inmovilizadas del banano.**  
ANA R. BONILLA-LEIVA,  
ARTHUR G. RAND. 1

**Evolución de la firmeza y el contenido de sólidos  
solubles durante la maduración natural y artificial  
de banano.**  
TANNY LINDO-DELL,  
MARTA BUSTAMANTE-MORA. 7

**Perfil físico - químico de manzana var. Ana no  
comercializable en Costa Rica.**  
ANA C. VELAZQUEZ-CARRILLO,  
JORGE SOLANO ROSALES. 12

**Aspectos de la elaboración de queso blanco  
en Costa Rica.**  
RANDALL MAYORGA-JIMENEZ. 17

**Método de determinación de residuos de captafol  
en plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) y suelo  
por cromatografía de gases.**  
JAIME E. GARCIA-GONZALEZ. 28

**Actividad proteolítica en látex de jatropha  
oconitofolia.**  
HERBERTH MADRIGAL-VILLA,  
HUMBERTO TRIMIÑO-V.,  
JOSE E. CARBALLO-A. 34

**Evaluación de la calidad del cacao seco en grano a  
nivel nacional (cosecha 89-90).**  
LUIS A. JIMENEZ-SILVA. 41

# EVOLUCION DE LA FIRMEZA Y EL CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES DURANTE LA MADURACION NATURAL Y ARTIFICIAL DE BANANO

Tanny LINDO-DELL\*, Marta BUSTAMANTE-MORA\*\*

## ABSTRACT

### Behavior of the firmness and soluble solids content during natural and artificial ripening

Knowledge about modifications that banana go through after the harvest, is of great importance in the development of options for industrial purposes, in the production of food for human consumption.

In this study, texture and the content of soluble solids in non-exportable banana (Musa Cavendish, clons Valery (Robusta) and Gran enano (Giant Cavendish)) were determined, during the processes of natural and artificial ripening. In each case reference was made to the color of the peel in the fruit's different maturity stages.

Natural ripening was a long and non-uniform process in which significative changes occurred between days 18 and 28, after the harvest. The content of soluble solids increased greatly during this time and also, there was a significative decrease in firmness.

Artificial ripening allowed attainment of greater uniformity and resulted in a shorter process in which only one day was required to move from a determined degree of maturity to the next. A degree of 7 (yellow with a few freckles) was reached in 7 days. Changes in firmness and soluble solids content were accelerated between days 2 and 4, after the application of the ripening treatment.

It was also determined that for artificial ripening, the content of soluble solids constitutes a better indicator of the fruit's maturity degree regarding firmness.

## RESUMEN

El conocimiento de las modificaciones que sufre el banano luego de la cosecha es de gran importancia para el desarrollo de alternativas de transformación industrial, dirigidas a la elaboración de productos para el consumo humano.

En este estudio se determinaron la firmeza y el contenido de sólidos solubles de la pulpa de banano no exportable (Musa Cavendish, clones Valery (Robusta) y Gran enano (Giant Cavendish)), durante el proceso de maduración natural y artificial. En cada caso se hizo referencia al color de la cáscara, en los diferentes estados de madurez de la fruta.

La maduración natural fue un proceso largo y poco uniforme, en el que los cambios significativos ocurrieron entre los días 18 y 28, posteriores a la cosecha. En este lapso aumentó drásticamente el porcentaje de sólidos solubles, y ocurrió un descenso significativo de la firmeza.

La maduración artificial permitió obtener mayor uniformidad, y resultó ser un proceso mucho más corto, en el que se requirió de un día para pasar de un grado de madurez determinado al siguiente; alcanzándose el grado 7 (amarillo con pocas pecas) en 7 días. Los cambios en la firmeza y en el contenido de sólidos solubles, fueron acelerados entre los días 2 y 4, posteriores a la aplicación del tratamiento para la maduración.

Adicionalmente, se determinó que para la maduración artificial, el contenido de sólidos solubles constituye un mejor indicador del grado de madurez de la fruta, con respecto a la firmeza.

## INTRODUCCION

Las condiciones climáticas de Costa Rica favorecen el cultivo de una amplia variedad de frutas tropicales. Entre ellas figura el banano cuyo cultivo se ha convertido en uno de los pilares de la economía nacional. Es la segunda fuente de ingresos por concepto de exportaciones y coloca al país como segundo exportador mundial de banano.

Las rigurosas normas internacionales para la exportación del producto en fresco han generado la existencia de excedentes bananeros, que constituyen un problema común en los países productores. En Costa Rica la fruta no exportable alcanza cifras superiores a las 110 mil TM/año (Departamento de estadística, 1989). Alrededor del 37% de este banano se utiliza internamente

\* Coca Cola Interamerican.

\*\* Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos.

para consumo humano; el resto se destina a consumo animal, y una gran cantidad se vierte en los ríos y el mar, provocando graves problemas de contaminación (Aguilar, 1987).

La transformación industrial de los excedentes bananeros, en productos para consumo humano, se observa como una vía que puede contribuir a la solución del problema.

Para el adecuado desarrollo de alternativas de utilización, resulta imprescindible el conocimiento de las características de la materia prima, de manera que ésta se ajuste al proceso por aplicar y genere productos con las características deseadas.

El banano se cosecha antes de haber alcanzado su completa maduración, de manera que como todo fruto climatérico, sufre importantes cambios bioquímicos y físicos luego de la corta.

En la identificación de los diferentes estados de madurez, generalmente se establecen comparaciones con escalas de maduración, en las cuales se define como grado de madurez la evolución del color de la cáscara (Soto, 1985). Sin embargo, las escalas colorimétricas proporcionan muy poca información sobre los cambios químicos, o sobre otras modificaciones físicas que ocurren en la fruta; de manera que, como criterio preliminar en la selección de un rango de madurez para el desarrollo de un producto específico, ofrecen poca ayuda. Chacón (1984), utilizando banano no exportable madurado artificialmente, fijó una escala de maduración que relaciona características de la pulpa como el contenido de almidón, azúcares totales, azúcares reductores, sólidos solubles, pH y humedad, con el color de la cáscara en diferentes estados de madurez.

Sin embargo, no se estudió la evolución de la firmeza de la fruta durante el proceso de maduración, a pesar de ser ésta una característica importante de considerar en cualquier aplicación tecnológica, y fundamental en aquellas en que se requiere mantener la integridad de la fruta durante el proceso, como por ejemplo en la elaboración de trozos de fruta en conserva o de trozos de fruta deshidratados.

En este estudio se evalúan las modificaciones presentadas en la firmeza del banano durante la maduración natural y artificial, así como los cambios ocurridos en el color de la cáscara y en el contenido de sólidos solubles de la pulpa.

## MATERIALES Y METODOS

### Materia prima

Se utilizó banano no exportable (*Musa cavendish*, clones "Valery" (Robusta) y "Gran Enano" (Giant Cavendish), proveniente de una misma finca productora.

### Análisis físicos y químicos

- Color de la cáscara: Descripción visual, utilizando la escala

colorimétrica establecida por Chacón (1984).

- Contenido de sólidos solubles (<sup>o</sup>Brix): Se determinó en un refractómetro Abbé (Fisher Scientific), empleando una gota del jugo extraído de la pulpa molida.

- Firmeza: Se midió la fuerza de penetración en un texturómetro Instron modelo 1000. Se realizó la penetración en rodajas transversales de 3 cm de diámetro y 2 cm de altura, tomadas de 3 zonas del banano sin pelar (en el centro y cerca de los extremos); haciendo 4 penetraciones por rodaja. Para las mediciones se utilizaron las siguientes condiciones: se empleó una celda de 50 kg, una aguja de penetración de 3.20 mm de diámetro, y velocidad del cabezal de 20 mm/min. La penetración se efectuó hasta observar estabilidad en el valor obtenido, durante 2 a 3 segundos. Los resultados fueron expresados en kg.

### Estudios de maduración

#### Maduración natural

La firmeza, el contenido de sólidos solubles totales y el color de la cáscara, fueron evaluados durante el período de maduración del banano, almacenado bajo condiciones ambientales (22+2 °C y 84+4 %HR), y empacado en caja de cartón. La evaluación fue realizada diariamente, tomando una muestra de 6 bananos por día. El estudio fue concluido cuando se notó en la fruta el inicio del proceso de putrefacción.

#### Maduración artificial

La fruta fue madurada artificialmente 3 días después de cosechada, aplicando el método descrito por Chacón (1984), que emplea como agente madurador una solución acuosa de 1500 ppm de Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico al 39.56%), en la cual el banano es sumergido durante 5 minutos. La fruta tratada fue mantenida bajo condiciones ambientales (22+2 °C y 84+4 %HR), empacada en caja de cartón.

Diariamente se realizó una observación del color de la cáscara, y fueron determinados la firmeza y el porcentaje de sólidos solubles totales, hasta notar la aparición del máximo estado de madurez en la fruta.

A los datos experimentales de firmeza y contenido de sólidos solubles, se les aplicó la prueba de Duncan al 5% de significancia, con el fin de determinar entre cuales grados de madurez existió diferencia estadísticamente significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Maduración natural

La maduración natural resultó ser un proceso poco uniforme,



dado a que en un mismo lote se pudo observar fruta con diferentes grados de madurez (desde grados 2-3 hasta grados 6-7).

En las unidades más maduras de la muestra, el grado más avanzado de madurez (cáscara amarilla con pecas) se alcanzó 28 días después de que la fruta fue cosechada. Se observa entonces cómo el proceso se caracteriza también por ser extremadamente lento.

La figura N°1 muestra los cambios ocurridos en el banano con respecto a su firmeza, durante el proceso de maduración natural. Se pueden diferenciar 3 zonas:

- La primera zona entre los días 1 al 22, con fuerzas de penetración relativamente altas (1.00-1.30), que indican que el producto se mantiene firme. En esta zona, se encuentra fruta con grados de madurez 1, 2, 3 y 4, que se caracterizan por que su color externo varía desde totalmente verde hasta más amarillo que verde. Además, en este intervalo la fruta presentó cierta dificultad para el pelado, pegajosidad de la pulpa, y las características sensoriales propias del banano maduro (aroma, sabor) no habían iniciado su desarrollo.

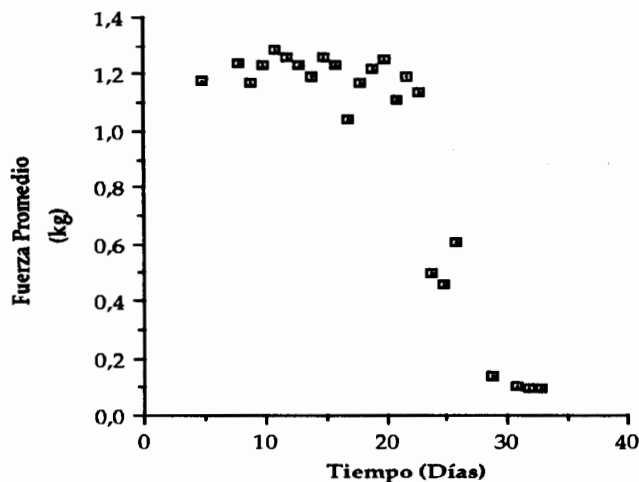


Figura 1. Fuerza de penetración (firmeza) durante la maduración natural de banano.

- En la zona 2 (días 23 a 26, fuerza 0.40-0.60), caracterizada por una firmeza intermedia, se desarrolló el aroma propio de la fruta madura, se facilitó el pelado, y se presentó menor pegajosidad en la pulpa. El color de la cáscara en esta zona varió desde más amarilla que verde hasta la totalmente amarilla (grados 4 a 6).

- La fruta de la tercera zona, obtenida a partir del día 27, y con un color de la cáscara amarillo con pecas (grado 7), presentó una firmeza baja como lo indican los resultados de penetración (fuerza de 0.07 a 0.20).

Se aprecia entonces que a partir de la segunda zona, el banano puede ser utilizado en la elaboración de productos en los cuales el sabor y aroma del banano maduro son características deseables en

el producto final. Sin embargo, se debe considerar que la fruta de la tercera zona, aun cuando posee características sensoriales favorables, puede no ser adecuada para procesos en los que la integridad de los trozos de banano es un criterio importante de calidad.

La evolución en el contenido de sólidos solubles durante la maduración natural, se muestra en la figura N°2. Se observa como no se experimentaron cambios importantes hasta el día 18, cuando empezó a aumentar rápidamente. Este incremento fue todavía más intenso entre los días 23 al 28.

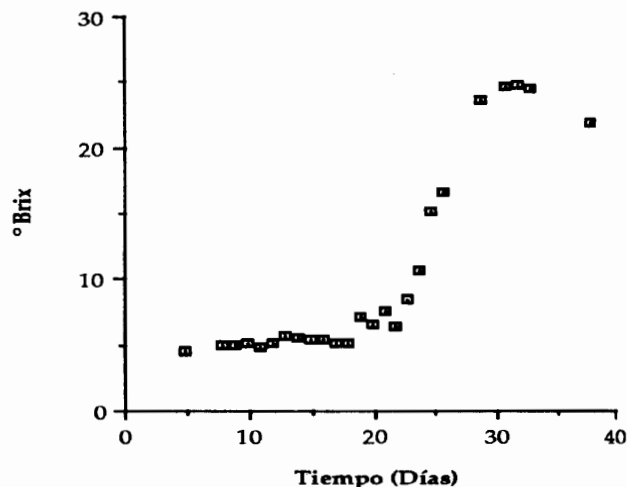


Figura 2. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) durante la maduración natural de banano.

Se puede señalar, entonces, que antes del día 18 el banano puede ser empleado en la elaboración de productos en los que las características propias del banano maduro no son deseables o necesarias, y se requiere de un alto contenido de almidones. Esto ocurre, por ejemplo, en la elaboración de harinas o frituras saladas.

El banano con un contenido de sólidos solubles alto y firmeza baja (alrededor del día 28) es apropiado para la elaboración de productos como jugos, vinagres, pulpas, bocadillos, etc.

### Maduración artificial

Además de acelerar significativamente el proceso, la maduración artificial permitió obtener mayor uniformidad en el cambio del color de la cáscara, tal como lo afirma Chacón (1984), dado que aun cuando se notó la presencia de más de un grado de madurez en un mismo lote, para la mayor parte de la muestras se requirió de tan solo un día para pasar de un grado de madurez determinado al grado de madurez siguiente. De manera que se requirió únicamente de 7 días para alcanzar el grado en el que la cáscara presentaba un color amarillo con pecas.

Como se observa en las figuras N<sup>o</sup>3 y N<sup>o</sup>4, las diferencias en la firmeza y en el porcentaje de sólidos solubles, entre grados de madurez diferentes, fueron marcadas al principio de la maduración, especialmente entre los días 2 y 4. A partir del día 4, la razón de cambio decayó.

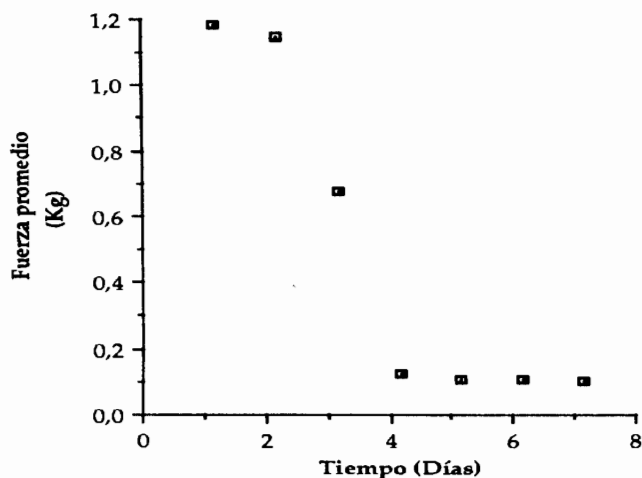


Figura 3. Fuerza de penetración promedio (firmeza) durante la maduración artificial de banano.

Cabe señalar que, debido a la rapidez con que la fruta pasa de un estado a otro durante la maduración artificial, el tiempo en que la fruta puede ser utilizada para una aplicación específica es muy reducido, tomando mayor importancia una buena programación de la producción.

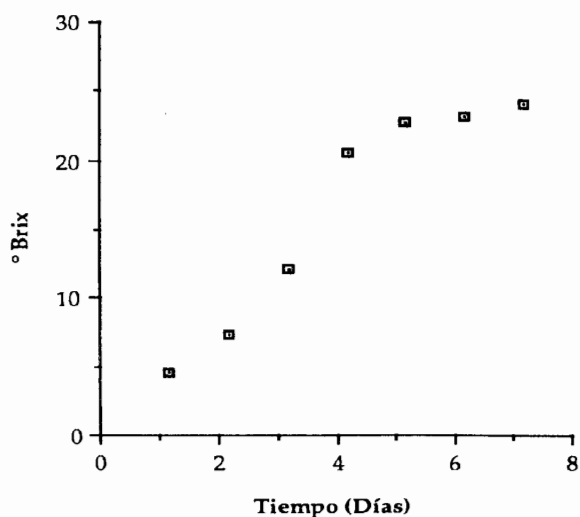


Figura 4. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) durante la maduración artificial de banano.

## VALORACION DE LA FIRMEZA Y EL CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES COMO INDICES DE MADUREZ DE BANANO.

La identificación del estado de madurez del banano con base en la descripción del color de la cáscara es difícil, especialmente entre los grados 1 y 2 y los grados 2 y 3; por lo que, para un control preciso, se requiere de otro indicador que permita una medición cuantitativa y objetiva directamente relacionada con el grado de madurez. Lustre (1977), Desai (1980) y Chacón (1984) mencionan la firmeza de la pulpa, el color de la cáscara y el porcentaje de sólidos solubles como índices útiles del grado de madurez de la fruta post-cosecha. El análisis de Duncan aplicado a los datos obtenidos en este estudio, cuyos resultados se muestran en el Cuadro N<sup>o</sup>1, indica que el contenido de sólidos solubles constituye un mejor índice de madurez con respecto a la firmeza, por presentar una mayor capacidad para detectar diferencias entre grados de madurez.

### CUADRO 1

Análisis de Duncan para los grados de madurez (maduración artificial) a un nivel de significancia del 5%

MEDICION	GRADO DE MADUREZ						
°Brix	1	2	3	4	<u>5</u>	<u>6</u>	7
Fuerza de penetración	<u>1</u>	<u>2</u>	3	<u>4</u>	5	6	7

— = No existe diferencia estadísticamente significativa

La medición del contenido de sólidos solubles, además de ser una determinación sencilla es, entonces, un índice de madurez confiable, que puede ser utilizado para confirmar el grado indicado por la descripción del color de la cáscara del banano en una escala colorimétrica.

## CONCLUSIONES

- Durante la maduración natural los cambios importantes en el contenido de sólidos solubles y en la firmeza se observaron a partir de los días 18 y 23 respectivamente, y hasta el día 28. Los cambios en el color de la cáscara empezaron a notarse a partir del día 7.
- En la maduración artificial se observaron modificaciones

aceleradas en contenido de sólidos solubles y firmeza, entre los días 2 y 4; Los cambio de color se iniciaron un día después de haberse aplicado el tratamiento de maduración.

- Para la maduración artificial, el contenido de sólidos solubles constituye un mejor indicador del grado de madurez del banano, con relación a la firmeza.

- El conocimiento de la evolución de la firmeza y el contenido de sólidos solubles del banano, permite realizar una primera delimitación de un rango de madurez de la fruta por utilizar en el desarrollo de un producto específico.

- La maduración artificial de banano generó un aumento importante en la velocidad y uniformidad del proceso, con respecto a la maduración natural.

## REFERENCIAS

AGUILAR, F. 1987. Posibilidades de utilización del rechazo bananero en usos alimentarios en Costa Rica. San José: CITA-UCR. 41p.

CHACON, S.I. 1984. Estudio de dos métodos de maduración artificial de banano. Fijación de una escala de maduración. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. San José. Universidad de Costa Rica, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos. 95 p.

CORBANA. DEPARTAMENTO DE ESTADISTICA. 1989. Exportación de banano. San José: . Comunicación personal.

DESAI, B.B. and DESHPANDE, P.B. 1980. Effects of stage of maturity on some physical and biochemical constituents and enzyme activity of banano (*Musa paradisiaca* Linn.) fruits. Food Sci Technol Abstr. 12(3):91.

ICAITI. 1986. Procesos de transformación del banano. Panamá: UPEB. 270 p.

LUSTRE, A.O. et al. 1977. Physicochemical changes in "Saba" bananas during normal and acetylene-induced ripening. Food Sci Technology Abstr. 9(4)96.

PALMER, J. K. 1971. The Banana. In Hulme, A. C., ed. The Biochemistry of Fruits and their Products. London: Academic Press. v. 2.

SOTO, M. 1985. Bananos: Cultivo y Comercialización. San José: LIL. 648 p.