

Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador

Arturo Ordóñez Moreno¹, Priscila Castillo Soto²

¹Egresado de la carrera de Ingeniería en Alimentos 2004

²Directora de Tesis. Ingeniera de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001, Postgrado en Food Science & Technology, Especialidad es Postharvest and Food Conservación Engineering, Universidad Católica de Leuven, Bélgica, 2004, Profesor de ESPOL desde 2001.

RESUMEN

La presente tesis desarrolla el diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando un inductor de maduración como es el etefón. Esta alternativa ofrece a los productores una tecnología económica que permita una maduración rápida y homogénea del fruto sin perder su calidad. De esta manera puedan abastecer al mercado y la industria nacional agregando valor al banano de rechazo de la exportación.

El proceso de maduración se evaluará considerando el incremento del porcentaje de sólidos solubles, su acidez titulable, pérdida de peso, pudrición de la corona y características organolépticas del producto bajo el efecto de factores tales como concentración del agente madurador, tiempo de contacto, aplicación de fungida y limpieza del fruto.

De los resultados del diseño experimental ²⁴ se diseña un proceso tecnológico asequible al productor de banano permitiéndole contar con materia prima de excelente calidad para el proceso o consumo de banano.

ABSTRACT

Green Bananas after post harvest are ripened in order to be use for the local market or the industry. Banana Ripening is evaluated measuring: the increase of the soluble solids percentage, the increase of acidity, weight loss, texture degradation, development of flavours and aroma, and development of yellow pigmentation. In Ecuador traditional banana ripening is done by injecting ethylene gas, which is a natural growth hormone inside cooling rooms until it reaches the named parameters. This method provides and homogeneous ripening but it requires infrastructure and control systems.

The main objective of the thesis is to find an alternative method of ripening process without using an expensive location. The thesis proposes a process for the

accelerated banana ripening by using an inductor called etephon. In order to find out the parameters of the process, an experimental design was done studying the following factors: concentration of the growth agent, time of contact, fungicide application and cleaning of the fruit. From the results and analysis of the experimental design, a technological process was proposed, taking in account the limitations as

The major contribution of this thesis is that provides a cost-effective method for banana ripening. This method allows a faster and homogeneous ripening than traditional method while maintaining the fruit quality. By doing this, small producers can supply enough products for the local market and the national industry adding value to the export rejected green bananas.

INTRODUCCION

La sobreproducción de banano en el Ecuador ha provocado una mayor competencia en cuanto a precio y calidad en el manejo poscosecha de esta fruta. Lo que obliga a que en nuestro país contemos con tecnología apropiada, que permita que los bananos que no puedan ser exportados sean utilizados para consumo o procesamiento a nivel nacional.

En la actualidad no existe suficiente información sobre la maduración acelerada de banano para que los productores puedan lograr una maduración homogénea del fruto sin perder su calidad y de esa manera abastecer al mercado nacional con banano maduro de muy buena calidad.

Para inducir la maduración se han ensayado ciertos aceleradores de esta como es el caso del carburo de calcio (0.2-1.0 g/kg fruto), pero presenta algunas desventajas principalmente económicas al no ser asequibles para el pequeño productor de banano.

El objetivo principal de esta tesis es presentar un proceso tecnológico al alcance del pequeño agricultor, utilizando etefón como agente madurador, el cual al ser aplicado a los frutos induce la liberación anticipada de etileno que es una hormona maduradora natural de las plantas, lográndose así una maduración uniforme en un periodo de tiempo más corto.

En definitiva, se diseñó un proceso dirigido al productor de banano con una técnica que le permita, de forma práctica, rápida, económica y confiable alcanzar los grados de maduración de consumo de la fruta y poder así servir un producto de la mejor calidad posible.

CONTENIDO

Descripción del experimento

El experimento consistió en determinar condiciones adecuadas de maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador.

Los bananos tipo cavendish fueron cosechados en la finca "El Porvenir" ubicada en la provincia de EL ORO, Pasaje en julio del 2005, a las 14 semanas después del enfunde. Un día después del corte estos se llevaron a Guayaquil para recibir el tratamiento, porque se considera que sería el tiempo promedio que se demoraría el banano de los productores en recibir el tratamiento en las fincas, con lo cual estaríamos considerando la situación más real posible.

Los frutos fueron clasificados en lotes de 4 bananos, en los galpones de la empresa "Forcontesa" al norte de la ciudad. Todos aquellos bananos que mostraran evidencias de daños físicos y/o infestación no fueron contados para el experimento. Los bananos empleados presentaban un color verde, firmes al tacto y con un intervalo de peso entre 150 Y 200 gramos cada uno.

Las muestras ya tratadas fueron almacenadas a temperatura ambiente en los galpones de la industria "Forcontesa. Se registró adicionalmente la temperatura y humedad relativa del aire utilizando un termohigrómetro digital que almacenaba las temperaturas y humedades máximas y mínimas del lugar donde se realizó el experimento.

Fueron 4 los factores que consideramos intervendrían en nuestro diseño experimental:

Concentración de agente madurador.- El producto que utilizamos para nuestro experimento fue ETHREL que es el nombre comercial del etefón, el cual induce la maduración en frutas climatéricas. Los niveles a los que se utilizaron son: 1000 ppm y 2000 ppm.

Lavado.- El objetivo es realizar una limpieza al banano, lavándolo con detergente doméstico, para remover presencia de látex y suciedad. Se espera que el lavado con detergente reduzca la ocurrencia de enfermedades y de látex, el cual causa lesiones en la cáscara que se manifiestan en forma de manchas oscuras en el fruto maduro. Los niveles que utilizamos fueron los siguientes: sin tratamiento y con tratamiento.

Tiempo de inmersión.- Es el tiempo que estará sumergida la fruta en el agente madurador, para este factor utilizamos valores arbitrarios. Se pretende analizar si es más conveniente aumentar concentración o aumentar el tiempo de contacto con el agente madurador por lo que nuestros niveles fueron: 5 minutos y 10 minutos.

Aplicación de fungicida.- En algunos casos el rechazo de banano de exportación ha sido tratado con fungicida para evitar la pudrición de la corona. Los niveles que utilizamos para este tratamiento fueron los siguientes: con fungicida y sin fungicida.

Análisis de resultados

El modelo del diseño experimental en consideración consta de 4 factores sometidos cada uno a 2 niveles, por lo cual estamos ante la presencia de diseño factorial 2k, en nuestro caso un diseño 24 con replica, para el cual se realizarán 32

experimentos y se obtendrán como variable respuesta el índice de madurez (IM) de cada uno.

Para analizar los resultados en la tabla ANOVA se utilizó el índice de madurez del banano (IM) como variable respuesta. El cual es una relación entre el contenido de azúcares, el cual se expresa en ° Brix y la acidez del fruto. Índice de madurez (IM) = °Brix / acidez

TABLA I
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA DEL EXPERIMENTO

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		211,14	6,529	32,34	0,000
concentración	60,54	30,27	6,529	4,64	0,000
lavado	-12,84	-6,42	6,529	-0,98	0,340
tiempo inmersión	20,89	10,44	6,529	1,60	0,129
fungicida	13,11	6,56	6,529	1,00	0,330
concentración*lavado	-10,11	-5,06	6,529	-0,77	0,450
concentración*tiempo inmersión	5,94	2,97	6,529	0,45	0,655
concentración*fungicida	0,89	0,44	6,529	0,07	0,947
lavado*tiempo inmersión	20,51	10,26	6,529	1,57	0,136
lavado*fungicida	-44,51	-22,26	6,529	-3,41	0,004
tiempo inmersión*fungicida	37,01	18,51	6,529	2,83	0,012
concentración*lavado* tiempo inmersión	-18,86	-9,43	6,529	-1,44	0,168
concentración*lavado*fungicida	17,89	8,94	6,529	1,37	0,190
concentración*tiempo inmersión* fungicida	-16,46	-8,23	6,529	-1,26	0,226
lavado*tiempo inmersión*fungicida	0,94	0,47	6,529	0,07	0,944
concentración*lavado* tiempo inmersión*fungicida	-25,61	-12,81	6,529	-1,96	0,067

Fuente: Minitab

Cualquier paquete de cómputo genera una tabla de análisis de varianza igual a la TABLA I, en donde en la primera columna tenemos a los factores, en la segunda columna a los efectos de los factores, la tercera y cuarta columna nos muestra la suma de cuadrados y cuadrados medios de cada factor.

Una de las ventajas que nos da MINITAB 14 para poder realizar el Análisis de Varianza es que, para el contraste de hipótesis de igualdad de medias entre los tratamientos de los factores, automáticamente nos da el nivel de significancia o valor p de de cada contraste en la ultima columna de la tabla Anova, sin necesidad de comparar el valor del estadístico F0 con el respectivo valor de la distribución F, para la aceptación o rechazo de la prueba.

Realizando un análisis podemos observar a través de los niveles de significancia de los factores y mencionar que el único efecto principal que obtuvo diferencia significativa estadística entre las medias de sus tratamientos es el factor concentración de etefón, es decir, que se rechaza la hipótesis de igualdad de

medias entre los tratamientos de ese factor y se concluye que la concentración de etefón afecta significativamente al índice de madurez durante la maduración acelerada de banano con etefón.

Diseño del proceso

Se describirá el proceso de maduración acelerada de banano utilizando etefón, el cual libera etileno de la cáscara de los frutos.

Este proceso fue diseñado a partir de las conclusiones obtenidas del diseño experimental. Esta técnica de bajo costo permite a los actores de la cadena agroalimentaria del banano, acceder a mercados ya sea para producción o consumo interno. Así mismo constituye una alternativa para madurar banano con calidad y en tiempo corto.

Materia prima

Este proceso de maduración se enfoca a ser utilizado para bananos que no alcanzaron la calidad de exportación, procedentes de las fincas exportadoras.

Es importante que los bananos seleccionados no presenten daños físicos, que puedan resultar en bananos maduros de mala calidad organoléptica. Se busca con esto eliminar a bananos que presenten cortes, o golpes visibles. Para evitar pudriciones cuando el banano alcance el grado de madurez comercial.

Se recomienda que los bananos sean agrupados en manos de máximo 5 dedos de bananos, para evitar que los bananos ya maduros se desprendan de la corona que los une. Disminuyendo con esto su calidad ya que se presentarán roturas en la unión con la corona. Como se muestra en la FIGURA 1

FIGURA 1
DESPRENDIMIENTO DE LA CORONA



Fuente: Arturo Ordóñez Moreno

Estas roturas se ocasionan principalmente cuando se transporta y manipula manos de bananos compuesta por más de 5 dedos de banano.

Preparación de la solución inductora

Para preparar la solución inductora se debe utilizar agua fría y limpia.

Aplicación del agente madurador.- Para un producto comercial conteniendo 480 g de etefón/litro se debe utilizar 416 mL para 100 litros de agua, con esto conseguimos una concentración de 2000 ppm en la solución.

Aplicación de fungicida.- A la solución preparada le agregamos el fungicida, que nos ayudará a prevenir la pudrición de la corona durante la maduración de la fruta. Para la prueba se utilizó benlate, agregando 40 gramos de benlate a los 100 litros de agua.

Se puede utilizar otro fungicida siguiendo las especificaciones del proveedor.

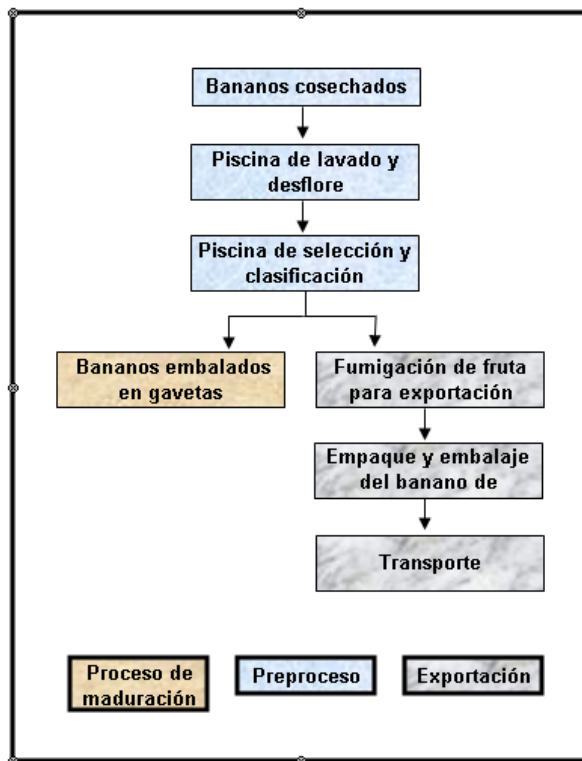
Se puede utilizar tanques de fibra de vidrio, plásticos o cemento para la solución inductora. Cuya capacidad y cantidad dependerá del volumen de bananos a ser tratadas. El recipiente no debe ser llenado hasta el borde pues al colocar los bananos ocurrirá un rebose de la solución inductora. Como regla general es recomendable llenar el recipiente hasta dos tercios de su capacidad.

Descripción del proceso

Preproceso: Se busca que esta técnica se aplique a frutos provenientes de las empacadoras de bananos, por lo tanto esta etapa se la ha definido como preproceso y comprende.

Recepción de materia prima.- Bananos tipo cavendish con 14 semanas desde el enfunde son llevados desde las finca a la planta empacadora de fruta para ser exportados.

FIGURA 2
DIAGRAMA DE FLUJO EN UNA EMPACADORA DE BANANO



Elaborado por: Arturo Ordóñez Moreno

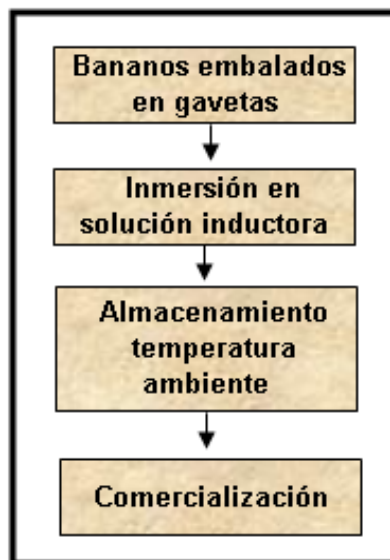
Lavado y desflore.- Estos bananos ingresan a la primera piscina como se aprecia en el FIGURA 2, en donde son lavados luego de la cosecha. Esta práctica se realiza en las empacadoras a las frutas recién cortadas para remover el látex, el cual se presenta causando manchas oscuras sobre la cáscara del banano. Durante este lavado se aprovecha para remover los restos florales de las extremidades de los frutos.

Por lo tanto como no será necesario realizar un lavado de las frutas antes de sumergirlas en la solución de etefón y fungicida.

Proceso de maduración: En la FIGURA 2 se aprecia claramente el proceso dentro de una empacadora de banano, con el objetivo de esclarecer la etapa del proceso dentro de la empacadora donde empezara el proceso de maduración de la fruta.

Embalaje de bananos.- En la empacadora luego de la selección y clasificación, el banano que se destinará a madurar deberá ser embalado en gavetas plásticas. Para seguir con el proceso de maduración como se esquematiza en el FIGURA 3

FIGURA 3
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA MADURACIÓN DE BANANO CON ETEFÓN



Elaborado por: Arturo Ordóñez Moreno

Inmersión en solución inductora.- El tratamiento de la inducción a la maduración consiste en sumergir las manos o dedos contenidos en las gavetas plásticas, en la solución que contiene etefón como inductor de la maduración y fungicida para evitar la pudrición de la corona por un tiempo recomendado de 10 minutos, pudiéndose reducir este tiempo a 5 minutos sin afectar significativamente a la maduración del fruto. Esta reducción del tiempo de inmersión se puede realizar si necesitamos disminuir el tiempo de proceso para aumentar la capacidad de maduración.

Almacenamiento.- Una vez tratados los bananos deben ser almacenados a temperatura ambiente, en locales con buena ventilación. Es necesario considerar que la temperatura de almacenaje afecta al tiempo de maduración, esto es cuanto mas alta, menor el tiempo para maduración. Es importante evitar temperaturas encima de los 30 °C ya que puede causar maduración aparente o sea cáscara amarilla pero pulpa con bajo grado ° Brix, quedando la fruta deshidratada debido a la excesiva perdida de agua por transpiración.

Es importante recordar que en las pruebas de validación del proceso se consiguió una buena maduración acelerada con etefón a temperatura ambiente.

TABLA II
REGISTROS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

		día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7
ALTA	Temperatura	28 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	26 °C
	Humedad	78%	75%	85%	84%	83%	73%	83%
BAJA	Temperatura	25 °C	24 °C	26 °C	26 °C	26 °C	26 °C	24 °C
	Humedad	55%	57%	63%	66%	57%	55%	61%

Elaborado por: Arturo Ordóñez Moreno

En la TABLA II se muestran los valores de temperatura y humedad mínimas y máximas registradas durante las pruebas. Las temperaturas altas son valores registrados a medio día cuando la temperatura del día es mayor y los valores bajos corresponden a temperaturas registradas durante las noches.

Las dimensiones dependerán de la cantidad de banana a ser climatizada. Es muy importante que el galpón existente o construido deba estar localizado en un lugar con sombra, para evitar altas temperaturas que afectan la calidad del banano maduro. Las paredes pueden ser de malla plástica con la finalidad de que permita una buena ventilación y evitar la entrada de insectos y roedores. Otro factor muy importante que debemos considerar es la humedad relativa, ya que la baja humedad relativa del aire también disminuye la calidad del banano maduro, dando como resultado un banano poco atractivo visualmente, ya que se presentará con arrugas y sin brillo debido a alta deshidratación. Por este motivo se recomienda la construcción de zanjas impermeabilizadas o canales de PVC para colocar agua, la cual al evaporarse aumenta la humedad del galpón.

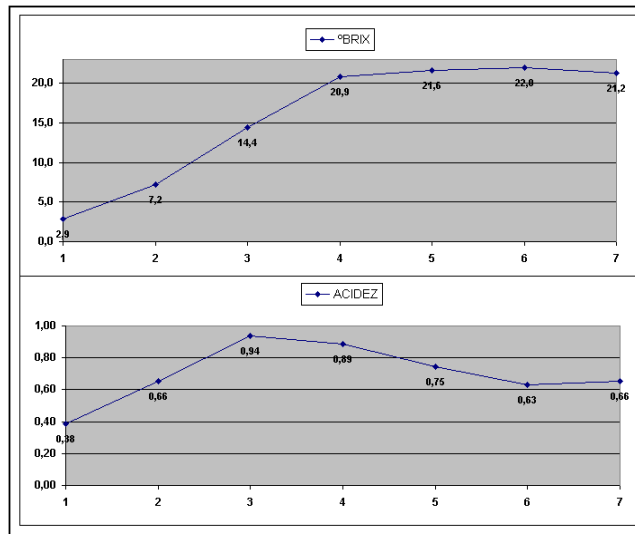
También se consigue aumentar la humedad relativa del aire, humedeciendo el piso del galpón con agua durante la mañana. Como se detalla en la TABLA II la humedad relativa durante las pruebas presentaba valores entre el 60 al 80 %, los cuales se elevaban luego de humedecer el piso con agua. Por lo tanto es importante que durante el almacenamiento mantener valores altos de humedad relativa cerca al 80% .Siendo importante para esto humedecer por lo menos 2 veces al día el piso de nuestro galpón de almacenamiento.

Con este tratamiento y almacenando la fruta a temperatura ambiente conseguimos un comportamiento del Brix y acidez como detallamos en el FIGURA 4

En el gráfico se detalla el comportamiento del Brix y la acidez días después del tratamiento con la solución inductora a la maduración. Tomando como día 0 el día del tratamiento con la solución inductora.

En la mayoría de los frutos la acidez decrece gradualmente al acercarse la madurez, reducción que juega un papel muy importante en el balance acidez/azúcar y por lo tanto, influye en el sabor y aroma de los frutos.

FIGURA 4
CAMBIO DE BRIX Y ACIDEZ DURANTE LA MADURACIÓN ACELERADA DE
BANANO CON ETEFON



Elaborado por: Arturo Ordóñez Moreno

Con este tratamiento la fruta llega a estar totalmente amarilla al cuarto día del tratamiento. Pudiendo ser comercializada a partir del 3 día para aumentar el tiempo de comercialización de la fruta.

CONCLUSIONES

Los tratamientos con etefón en bananos cavendish, uniforman la maduración y adelantan la comercialización al reducir el periodo de maduración a sólo 4 días. Los cambios mas pronunciados del color externo de la fruta fueron observados al tercer día de aplicar el tratamiento para acelerar la maduración.

Al realizarse el tratamiento por inmersión del fruto en aplicación directa, permite tener un mayor control en el llenado de los galpones de maduración, pudiéndose realizar de forma continua, y no por lote como en el caso de aplicación de etileno en donde debemos cerrar la cámara y aplicar el etileno a nuestro lote.

La actividad respiratoria crece en función de la temperatura por lo tanto si esta es elevada existe mayor absorción de oxígeno, acelerando la maduración. Sin embargo es importante no sobrepasar los 30 °C, para no dañar los tejidos y alterar la calidad organoléptica de la fruta como retraso en el desarrollo del color y pobre desarrollo del color. El almacenamiento de banano a temperatura ambiente (27°C +/- 2), es adecuado para acelerar el proceso de maduración de bananos tratados con etefón, garantizando la calidad de los frutos.

Es indispensable durante la maduración mantener una humedad relativa cerca al 80%. Ya que las humedades relativas bajas pueden acentuar las manchas causadas por daños mecánicos y que la cáscara de la fruta se torne arrugada y opaca. Siendo muy importante mantener altos valores de humedad relativa hasta que la fruta empieza a presentar color verde amarillento en la cáscara (día 3). La

aplicación de fungicida nos ayuda a prevenir la pudrición de la corona en los bananos, que se podría presentar por los altos valores de humedad.

El panel de aceptación calificó a los bananos como una fruta de suave textura con excelente sabor y olor. Los panelista calificaron de muy bueno el color de cáscara, lo que demuestra que visiblemente el banano es muy apetecible. El banano fue evaluado por los panelistas como una fruta de muy buena calida organoléptica.

REFERENCIAS

1. A. Ordóñez, "Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador"(Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005).
2. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, Agosto 2005, Información estadística de comercio exterior, http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp
3. FAO (Food and Agriculture Organization), Agosto 2005, Agricultural data FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>
4. KUEHL ROBERT O., Diseño de Experimentos, (segunda edición, México , Thomson Learning, 2001), pp 123-225
5. WILLS RON ; MCGLASSON BARRY; GRAHAM DOUG; JOYCE DARYL, Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. (Fourth edition. New York. USA, CAB International, 1981), pp 12-95