



**Planteamiento de un protocolo para la estandarización del proceso de maduración del plátano en la filial Planta Snacks de C.I. Unibán S.A.**

Jeniffer Alejandra Bustamante Orrego

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Bioquímico

Asesores

Dalma Elizabeth Marsiglia López, Magíster (MSc) en Ingeniería Química

Juan Carlos Acevedo Serna, Magíster (MSc) en Calidad, Higiene y Seguridad Alimentaria

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Bioquímica  
Carepa, Antioquia, Colombia  
2021

Cita	Bustamante Orrego [1]
<b>Referencia</b> Estilo IEEE (2020)	[1] J. A. Bustamante Orrego, “Planteamiento de un protocolo para la estandarización del proceso de maduración del plátano en la filial Planta Snacks de C.I. Unibán S.A.”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Bioquímica, Universidad de Antioquia, Carepa, Antioquia, Colombia, 2021.



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Lina María Gonzáles Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
I. INTRODUCCIÓN .....	8
II. OBJETIVOS.....	9
A. Objetivo general .....	9
B. Objetivos específicos.....	9
III. MARCO TEÓRICO.....	10
A. Proceso de producción de Snacks .....	10
B. Proceso de maduración del fruto.....	10
IV. METODOLOGÍA.....	12
A. Recolección de información.....	12
B. Búsqueda bibliográfica.....	12
C. Recolección de muestras .....	12
D. Evaluación de los tratamientos para inducir la maduración del plátano .....	12
E. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas .....	12
• Relación pulpa/cáscara .....	12
• Contenido de humedad .....	13
• Sólidos solubles totales (SST) .....	13
• pH .....	13
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	14
VI. CONCLUSIONES .....	18
VII. RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS .....	20

## LISTA DE TABLAS

TABLA I CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE MADURACIÓN.....	14
TABLA II PARÁMETROS OPERACIONALES DENTRO DEL CONTENEDOR DE MADURACIÓN .....	16
TABLA III PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLÁTANO DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN INDUCIDA .....	17

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Vía de la biosíntesis de etileno a partir del ciclo de la metionina.....	11
--	----

## RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo proponer un protocolo para la estandarización del proceso de maduración del plátano en la filial Planta Snacks de C.I. Unibán S.A. Este proceso se llevó a cabo en un contenedor adicionando como agente de maduración, azetil durante 3 minutos. Se tomaron tres muestras aleatoriamente luego de transcurrir 36 horas del proceso y se evaluaron diferentes propiedades fisicoquímicas de la fruta como la relación pulpa/cáscara, contenido de humedad de la pulpa, el pH y sólidos solubles totales (°brix). También, se midieron algunas de las variables operacionales dentro del contenedor de maduración como temperatura interna de la pulpa, temperatura y humedad relativa del contenedor. Hubo un aumento en la relación pulpa/cáscara, el contenido de humedad y grados brix de la fruta. Sin embargo, no hubo variación en la medición de pH. En cuanto a los parámetros medidos dentro del contenedor, se encontró un rango de temperatura entre 25,9-34,6°C y 82-86%HR. De acuerdo con los resultados, la aplicación del azetil no es la más adecuada debido a que es necesario mantener un flujo constante durante las 22 horas de maduración dentro del contenedor.

***Palabras clave*** — Maduración, plátano, etileno, temperatura, humedad relativa.

## ABSTRACT

The objective of this work was to propose a protocol for the standardization of the plantain ripening process in Planta Snacks, a subsidiary of C.I. Unibán S.A. This process was carried out in a container adding azetil as a ripening agent for 3 minutes. Three samples were randomly taken after 36 hours of the process and different physicochemical properties of the fruit were evaluated, such as the pulp/peel ratio, pulp moisture content, pH and total soluble solids (°Brix). Besides, some of the operational variables within the ripening container were measured, such as internal pulp temperature, temperature and relative humidity of the container. There was an increase in the pulp/peel ratio, the moisture content and Brix of the fruit. However, there was no variation in the pH measurement. Regarding the parameters measured inside the container, a temperature range between 25,9-34,6 °C and 82-86%RH was found. According to the results, the application of azetil is not the most appropriate because it is necessary to maintain a constant flow during the whole ripening process inside the container.

**Keywords** — Ripening, plantain, ethylene, temperature, relative humidity.

## I. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los principales productores de plátano a nivel latinoamericano [1], con aproximadamente 431.560 hectáreas cosechadas, siendo Antioquia el mayor productor a nivel nacional con 55.699 hectáreas [2]. La zona de Urabá posee 41.017 hectáreas sembradas de plátano, de las cuales 32.020 hectáreas son cosechadas [3]. Dicho lo anterior, Urabá es una de las regiones con más producción de plátano a nivel nacional.

C.I. Unibán S.A. es una de las agroindustrias más importantes de la zona de Urabá, la cual se dedica principalmente a la exportación de banano y plátano, desde la región hacia los principales puertos internacionales. Adicionalmente, la compañía posee una planta que se encarga de la producción de snacks a base de yuca, banano, plátano verde y plátano maduro, ubicada en el corregimiento Zungo embarcadero perteneciente al municipio de Carepa.

El proceso de elaboración de las frituras cuenta con diferentes etapas como: recepción de materia prima, maduración del fruto, pelado, freído y empaque. Es importante identificar que la etapa de maduración del plátano es uno de los puntos más críticos del proceso. Actualmente, la maduración se lleva a cabo en un contenedor, donde se guardan las cajas con el fruto para luego adicionar azetil, una mezcla de nitrógeno y etileno, que tiene como objetivo inducir la producción de etileno en el fruto. Hoy por hoy, la compañía está presentando inconvenientes a la hora de efectuar el proceso, ya que no se han identificado cuáles serían las diferentes condiciones operacionales, el tipo de agente químico y la dosificación adecuada para garantizar una metodología conveniente y reproducible. Dicho lo anterior, en este trabajo se pretende establecer las condiciones operacionales que afectan el proceso de maduración del plátano con el fin de sugerir un protocolo de estandarización.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general.*

Plantear un protocolo para la estandarización del proceso de maduración del plátano en la filial Planta Snacks de C.I. Unibán S.A.

### *B. Objetivos específicos.*

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del plátano en el proceso de maduración inducida del fruto.
- Analizar el efecto de los tratamientos fisicoquímicos y las condiciones operacionales sobre el estado de maduración del fruto.
- Proponer un sistema de maduración para el proceso de producción de snacks en la filial Planta Snacks.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. *Proceso de producción de Snacks.*

El proceso de producción de snacks comienza con la recepción de la materia prima, en esta etapa se recibe el fruto proveniente de distintas fincas productoras, de donde llegan con diferentes semanas de corte, por lo tanto, es necesario realizar una medición de sólidos solubles totales (°Brix) para establecer el estado de maduración del plátano. Luego, se procede a guardar las cajas con el fruto en contenedores de refrigeración; dependiendo de la cantidad que se vaya a producir de plátano maduro, se guardan en un contenedor de maduración. Este contenedor está acondicionado para adicionar azetil como agente estimulante para producción de etileno, este gas está compuesto por 95% nitrógeno y 5% etileno. En esta etapa, también es muy importante medir los °brix del fruto para comprobar el estado de maduración, para esto se toman aleatoriamente tres muestras.

Posteriormente, dependiendo de la producción, se pasa la materia prima al área de pelado, seguidamente se colocan los plátanos sin cáscara, en una banda transportadora que los lleva al área de freído, donde son cortados en hojuelas, freídos y trasladados a la banda de selección para descartar el producto no conforme, como hojuelas quemadas o pegadas, después se les adiciona el sabor y por último pasan al acumulador que los transfiere al área de empaque. Esta área se encarga de empacar, embalar y almacenar el producto terminado.

#### B. *Proceso de maduración del fruto.*

El plátano (*Musa spp.*) es una planta herbácea monocotiledónea que está clasificada dentro de la familia Musaceae [4] originarias del suroeste asiático [5]. Es una fruta climatérica [4], [6], lo que significa que pueden madurar incluso después de ser cosechados y no solo cuando están adheridos a la planta [7].

El etileno es una fitohormona que funciona como regulador endógeno del crecimiento, el metabolismo celular y otras diversas funciones; influye principalmente en la maduración y senescencia de los frutos. Casi todas las plantas tienen la capacidad de producir etileno, pero

normalmente su producción se mantiene en niveles bajos a menos que se presenten factores causantes de estrés o etapas específicas donde se induzca su generación [8]–[10]. Este compuesto se sintetiza a partir del aminoácido L-metionina. Primero, la L-metionina se transforma en S-adenosil-L-metionina (SAM) que es catalizada por SAM sintetasa. Luego, SAM se convierte en 5'-metiltioadenosina y ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) por medio de la acción de la enzima ACC sintasa. La 5'-metiltioadenosina es empleada para regenerar la metionina inicial mediante una serie de reacciones, y el ACC para formar etileno catalizado por ACC oxidasa [8], [11] (Fig. 1).

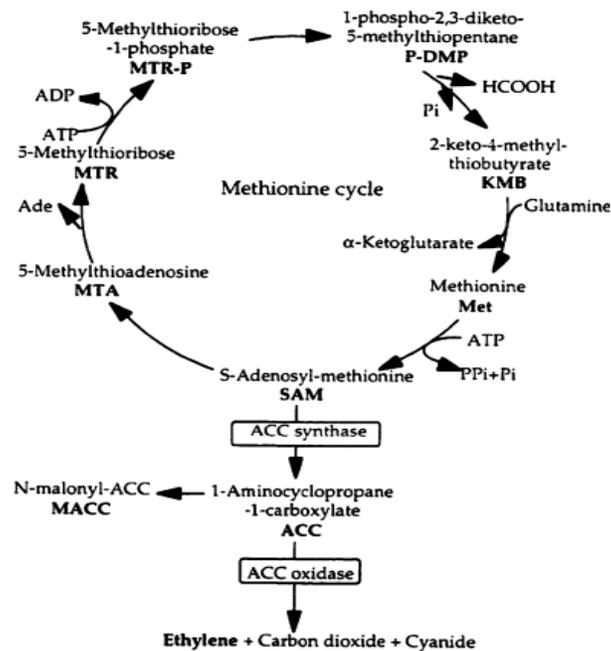


Fig. 1. Vía de la biosíntesis de etileno a partir del ciclo de la metionina.

Nota. Fuente DOI 10.1007/978-3-642-13612-2\_16.

Como se mencionó anteriormente, el etileno es la hormona encargada de regular el proceso de maduración del fruto; la maduración es el inicio de la etapa de senescencia, lo que se origina a partir de una mezcla de procesos bioquímicos, moleculares y fisiológicos, presentando cambios en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas; en el caso del plátano, al ser una fruta climatérica, usualmente se cosecha en la etapa preclimatérica por razones comerciales, por lo cual se realiza una maduración inducida [11]. Existen diferentes parámetros que afectan el proceso de la inducción, en el caso de la síntesis de etileno, como la humedad relativa, temperatura, cantidad de luz, concentración de etileno exógeno, oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el almacenamiento del fruto [12].

#### IV. METODOLOGÍA

- A. *Recolección de información:* El objetivo de esta etapa fue familiarizarse con las actividades realizadas por la empresa, para así poder conocer a detalle cuales eran las necesidades que tenía la compañía y de esta manera analizar la posible solución a dichas problemáticas desde la perspectiva del Ingeniero Bioquímico.
- B. *Búsqueda bibliográfica:* Después de identificar la problemática con el proceso de maduración del plátano, se realizó la recopilación bibliográfica haciendo uso de la base de datos de la Universidad de Antioquia. Además, se tuvo en cuenta información adicional de las industrias.
- C. *Recolección de muestras:* La recolección se realizó en la filial Planta Snacks de C.I. Unibán S.A ubicada en el corregimiento Zungo embarcadero perteneciente al municipio de Carepa.
- D. *Evaluación de los tratamientos para inducir la maduración del plátano:* Para esto, se tuvo en cuenta el proceso que la empresa ha venido trabajando actualmente con el adiconamiento de azetil. En el contenedor de maduración se midieron las siguientes variables: temperatura de la pulpa con la ayuda de un termómetro de punzón, temperatura y humedad relativa dentro del contenedor usando un termohigrómetro. También, se midieron los sólidos solubles totales antes y después de salir del contenedor.
- E. *Caracterización de las propiedades fisicoquímicas:* Los siguientes parámetros se midieron utilizando tres muestras de plátano durante el periodo de maduración [13], [14].
- *Relación pulpa/cáscara:* En esta relación se utilizó la metodología de Maduwanthi & Marapana [13], usando una balanza analítica y se calculó usando la ecuación 1.

$$\text{Relación pulpa/cáscara} = \frac{\text{Peso de la pulpa}}{\text{Peso de la cáscara}} \quad (1)$$

- *Contenido de humedad:* El contenido de humedad se midió utilizando una balanza de humedad Ohaus MB45 para secar aproximadamente 5g de pulpa durante 90 minutos o hasta que la humedad fuera constante.
- *Sólidos solubles totales (SST):* Se maceró la pulpa de la fruta y se utilizó una sola gota del filtrado para la medida SST (°Brix) usando un refractómetro.
- *pH:* Se empleó el método utilizado por Adi, Oduro, & Tortoe [14]. Se homogeneizaron diez gramos (10 g) de la pulpa de plátano en 100 ml de agua destilada, luego se filtró y se midió el pH usando tiras indicadoras de pH.

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El proceso de maduración cuenta con diferentes etapas, primero llega la fruta de distintas fincas productoras de plátano, esta se lleva a un contenedor de refrigeración para inhibir la maduración (dependiendo de la necesidad de producción en la planta, así se va sacando la materia prima del contenedor). Antes de iniciar el proceso de maduración inducida, el plátano se lleva a una primera etapa de aclimatación, luego es llevado al contenedor de maduración y así terminar con una segunda etapa de aclimatación, esto con el fin de llevar la fruta a temperatura ambiente antes de ser procesada (TABLA I).

En muchas ocasiones, se realiza la maduración sin tener en cuenta un factor importante. Al momento de realizar la recepción de fruto no se caracteriza por semanas de corte o cosecha, lo anterior puede significar falta de homogeneidad en los lotes al momento de sacarlos del contenedor de maduración. Esto es causado porque el banano (en este caso plátano) cosechado en semanas más tardías muestra una maduración más acelerada que el cosechado en menor tiempo, el fruto puede presentar cambios como que la cáscara se torne amarilla más rápido, así mismo con la firmeza de la pulpa. Lo anteriormente se debe a que cuando tiene mayor tiempo desde que nace la flor hasta que se corta de la planta, al momento de la maduración este emite mayores cantidades de etileno [15].

TABLA I  
CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE MADURACIÓN

<b>Condiciones operacionales</b>	
<b>Sólidos solubles del plátano (°Brix)</b>	4-5
<b>Ciudad de origen</b>	Nueva Colonia y Zungo Embarcadero
<b>Tiempo de cosecha (semanas)</b>	Corto: 9-11 Premium: 12
<b>Tiempo de adición del azetil (min)</b>	3
<b>Volumen del azetil (L)</b>	240
<b>Tiempo de refrigeración (días)</b>	~7
<b>Temperatura de refrigeración (°C)</b>	9
<b>Tiempo de aclimatación (horas) 1a etapa</b>	24
<b>Tiempo en el contenedor de maduración (horas)</b>	22
<b>Tiempo de aclimatación (horas) 2a etapa</b>	14

Existen parámetros muy importantes en el proceso de maduración como la temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y concentración de etileno [16], [17]. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se midieron los parámetros dentro del contenedor de maduración antes y después de las 22 horas, dando como resultado una temperatura del contenedor entre 25,9-34,6°C, 82-86%HR, temperatura interna de la pulpa entre 25,0-33,5°C y SST entre 4-12°Brix, respectivamente (TABLA II). Es recomendable tener una temperatura entre 15-18°C y 90-95%HR [18]. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los plátanos que se han madurado a niveles de humedad medios entre 80-85%HR y humedad altos entre 90-95%HR [15]. El banano y el plátano son frutas dependientes de la temperatura que pueden madurar en temperaturas de hasta 35°C produciendo una pulpa con características idóneas para el consumo y procesamiento [14].

Actualmente, se almacena la materia prima para utilizarla según la necesidad de producción, esta se guarda en contenedores de refrigeración para inhibir su maduración por la generación de etileno a una baja temperatura (TABLA I), esta condición puede ocasionar “Chilling injury” o lesión por frío, la cual es una afectación física provocada por bajas temperaturas por debajo de 13°C [19], se manifiesta con la aparición de decoloraciones subepidérmicas, manchas marrones u oscuras, y puede presentar problemas posteriores de maduración y disminución de la vida útil de almacenamiento [17], [20], [21]. Para evitar este problema se debe almacenar la fruta entre un rango de temperatura de 13-15°C y con un buen sistema de ventilación [17].

En cuanto a los sólidos solubles totales, aumentaron con respecto al tiempo de maduración (TABLA II y TABLA III), estos son el resultado de la degradación enzimática y posteriormente la reducción del almidón en azúcares solubles, lo que resulta en una relación directamente proporcional al grado de maduración de la fruta [22]. Cabe destacar que durante las 22 horas dentro del contenedor solo aumentaron 6°brix mientras que en las 14 horas de la segunda etapa de aclimatación aumentaron aproximadamente 8°brix, esto puede ser causado por el intercambio del oxígeno con la fruta. Cabe mencionar que, en el contenedor de maduración hay niveles muy bajos de oxígeno debido a que el azetil es un compuesto que no contiene oxígeno y no existe un sistema de ventilación dentro del contenedor. El nivel de oxígeno es un parámetro esencial cuando se requiere mantener un control sobre los niveles de etileno, dado que en atmósferas con oxígeno

menor a 7,5% con temperatura de 18°C, es posible inhibir la generación de etileno [12]. Estos bajos niveles de O<sub>2</sub> también afectan los procesos bioquímicos al detener las actividades enzimáticas [22].

Como se mencionó anteriormente, el contenedor de maduración no posee un sistema de ventilación, esto provoca acumulación de CO<sub>2</sub>, lo que a su vez causa problemas en el proceso de maduración, ya que altos niveles de CO<sub>2</sub> pueden inhibir la producción de etileno mientras que bajos niveles permiten la generación de esta hormona [23].

TABLA II  
PARÁMETROS OPERACIONALES DENTRO DEL CONTENEDOR DE MADURACIÓN

Inspección por variables							
Entrada				Salida			
SST (°brix)	Hum relativa (%HR)	Temp pulpa (°C)	Temp contenedor (°C)	SST (°brix)	Hum relativa (%HR)	Temp pulpa (°C)	Temp contenedor (°C)
4	85	26,3	30,4	10	82	30,5	31,0
5	82	26,1	29,9	11	84	30,3	30,8
4	85	28,0	28,4	10	86	33,5	34,6
5	84	27,9	29,1	11	81	31,4	32,9
5	82	25,0	25,9	12	84	31,0	31,5

En la TABLA III, se encuentran las propiedades fisicoquímicas del plátano antes y después de transcurrir 36 horas del proceso de maduración inducida, en ella se puede evidenciar que la relación pulpa/cáscara (véase la ecuación 1) y el contenido de humedad de la pulpa aumentan con el tiempo de maduración. De acuerdo con la literatura, esto sucede debido a que la cáscara pierde humedad por transpiración a la atmosfera. Además, se da la formación de azúcares en la pulpa lo que a su vez genera un cambio en la presión osmótica causando así el traslado de humedad de la cáscara hacia la pulpa [14], [24]–[26].

Sin embargo, el aumento en ambas propiedades no es tan considerable, esto puede causarse debido a que el azetil es una mezcla de etileno y nitrógeno, donde el etileno representa solo un 5%, es decir, no se está utilizando etileno puro, lo cual puede afectar el proceso de maduración. Otro posible motivo es el tiempo de aplicación del azetil, la empresa actualmente por cada lote de maduración lo aplica solo una única vez durante 3 minutos para todas las 22 horas que pasa el fruto dentro del contenedor. El Ministerio de Agricultura de la India [18], menciona que las frutas se

maduran con exposición al etileno a ciertos niveles prescritos de temperatura y humedad relativa de 90-95%, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: 100 a 150 ppm de etileno con un tiempo de exposición de 24 a 48 horas y un rango de temperatura entre 15-18°C. Otros autores también concuerdan que para tener un adecuado proceso de maduración son necesarias las condiciones mencionadas anteriormente [27], [28].

Por otro lado, se puede evidenciar que el pH se mantuvo en 5,5 en todos los ensayos realizados, lo que difiere totalmente con lo reportado en la literatura; lo anterior puede ser debido a que el método de medición de pH no fue muy preciso y dependía del criterio de la persona que realizaba las mediciones. Comúnmente el pH de la pulpa debe disminuir oscilando entre 6 a 4; esto sucede a causa del aumento de ácidos orgánicos presentes en la fruta y depende de su etapa de maduración además del tratamiento al cual es sometida [13], [14], [29].

TABLA III  
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PLÁTANO DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN INDUCIDA

<b>Antes</b>				<b>Después</b>			
Relación pulpa/ cáscara	SST (°Brix)	Contenido de humedad (%H)	pH	Relación pulpa/ cáscara	SST (°Brix)	Contenido de humedad (%H)	pH
1,52	4	62,46	5,5	1,54	18	63,18	5,5
1,45	4	63,21	5,5	1,48	17	63,77	5,5
1,51	5	62,33	5,5	1,59	18	62,99	5,5
1,44	5	63,78	5,5	1,56	16	64,49	5,5
1,53	4	60,28	5,5	1,60	20	64,79	5,5

## VI. CONCLUSIONES

El tiempo de almacenamiento afectó la maduración del plátano con sus respectivas propiedades fisicoquímicas medidas. Hubo un aumento en la relación pulpa/cáscara, contenido de humedad y SST. Con estas mediciones, es posible obtener un modelo predictivo para los estados de maduración de la fruta. Aun así, sería necesario realizar una mayor cantidad de muestreos para tener menor desviación entre los resultados.

Este trabajo puso de manifiesto la necesidad de tener en cuenta muchos factores que afectan el proceso de maduración, lo que significa que, desde la cosecha hasta la entrega del plátano maduro, se deben tomar muchas acciones preventivas y se deben observar los parámetros óptimos. Es importante tener en cuenta estos parámetros clave como temperatura y humedad relativa dentro del contenedor entre 15-18°C y 90-95%HR, respectivamente, esto con el fin de lograr un efecto sinérgico hasta la inducción de la maduración por el etileno exógeno en el contenedor de maduración.

## VII. RECOMENDACIONES

Como recomendación para mejorar el sistema de maduración, sería muy útil instalar un sistema de ventilación dentro del contenedor o en su defecto abrir las puertas de este por 30 minutos para la salida de CO<sub>2</sub>. Además, cambiar el tiempo de aplicación del azetil para que se pueda garantizar los 100 ppm de etileno que necesita el proceso o cambiar el agente madurador. También, se podría utilizar otra tecnología como el equipo de Easy Ripe, el cual es un generador de etileno para maduración y desverdización de frutas.

## REFERENCIAS

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), «Área cosechada de plátano y otros en Sudamérica», 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- [2] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, «Estadísticas área cosechada de plátano en Colombia», *Área cosechada de plátano*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/>.
- [3] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, «Estadísticas área sembrada y cosechada de plátano en Urabá», *Área sembrada y cosechada de plátano en Urabá*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/>.
- [4] G. E. Palencia C, R. Gómez Santos, y J. E. Martín S, «Manejo sostenible del cultivo del plátano», *Corpoica*, p. 28, 2006.
- [5] M. Navia Montaña, «Caracterización morfológica de cultivares recolectados de Banano y plátano», *PRO Ecuador*, 2013.
- [6] J. L. Barrera V, G. S. Arrazola P, y D. G. Cayen S, «Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (musa ABB Simmonds) en dos sistemas de producción», *Acta Agron. Vol. 59, nm. 1 (2010); 20-29 2323-0118 0120-2812*, vol. 59, n.º 0120-2812, pp. 20-29, 2010.
- [7] M. E. Martínez-González, R. Balois Morales, I. Alía-Tejacal, M. A. Cortes-Cruz, Y. A. Palomino-Hermosillo, y G. G. López-Gúzman, «Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos», *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, n.º 19, p. 4075, 2017.
- [8] D. Hao, X. Sun, B. Ma, J. S. Zhang, y H. Guo, «Ethylene», en *Hormone Metabolism and Signaling in Plants*, 2017, pp. 203-241.
- [9] M. Le Bris, «Hormones in Growth and Development», *Ref. Modul. Life Sci.*, n.º March 2016, pp. 1-6, 2017.
- [10] N. A. Khan, M. I. R. Khan, A. Ferrante, y P. Poor, «Editorial: Ethylene: A key regulatory molecule in plants», *Front. Plant Sci.*, vol. 8, n.º October, pp. 1-4, 2017.
- [11] S. D. T. Maduwanthi y R. A. U. J. Marapana, «Induced ripening agents and their effect on fruit quality of banana», *Int. J. Food Sci.*, vol. 2019, 2019.
- [12] P. Brat, C. Bugaud, C. Guillermet, y F. Salmon, «Review of banana green life throughout

- the food chain: From auto-catalytic induction to the optimisation of shipping and storage conditions», *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 262, n.º September 2019, p. 109054, 2020.
- [13] S. D. T. Maduwanthi y R. A. U. J. Marapana, «Comparison of pigments and some physicochemical properties of banana as affected by ethephon and acetylene induced ripening», *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, vol. 33, n.º April, p. 101997, 2021.
- [14] D. D. Adi, I. N. Oduro, y C. Tortoe, «Physicochemical changes in plantain during normal storage ripening», *Sci. African*, vol. 6, p. e00164, 2019.
- [15] S. Ahmad, Z. A. Chatha, M. A. Nasir, A. Aziz, y M. Mohson, «Effect of Relative Humidity on the Ripening Behaviour and Quality of Ethylene Treated Banana Fruit», *J. Agric. Soc. Sci.*, vol. 2, n.º 1, pp. 54-56, 2006.
- [16] C. Y. Liew y C. Y. Lau, «Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy», *Int. Food Res. J.*, vol. 19, n.º 2, pp. 751-758, 2012.
- [17] P. John y J. Marchal, «Ripening and biochemistry of the fruit», en *Bananas and Plantains*, 1995, pp. 434-467.
- [18] Department of Agriculture and Cooperation - Ministry of Agriculture India, «Technical Standards and Protocol for The Fruit Ripening Chamber in India», p. 50, 2011.
- [19] B. V. Harvey, «Mild chilling injury of banana (Cavendish cv. Williams) and its control in the field», The University of Adelaide, 2005.
- [20] T. Zsom, E. Strohmayer, L. P. Le Nguyen, G. Hitka, y V. Zsom-Muha, «Chilling injury investigation by nondestructive measuring methods during banana cold storage», *Prog. Agric. Eng. Sci.*, vol. 14, pp. 147-158, jul. 2018.
- [21] J. Liu, F. Li, T. Li, Z. Yun, X. Duan, y Y. Jiang, «Fibroin treatment inhibits chilling injury of banana fruit via energy regulation», *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 248, pp. 8-13, abr. 2019.
- [22] E. C. Sisler y C. Wood, «Interaction of ethylene and CO<sub>2</sub>», *Physiol. Plant.*, pp. 440-444, 1988.
- [23] A. Kanellis y T. Solomos, «The effect of low oxygen of low oxygen on the activities of pectin methylesterase and acid phosphate during the course of ripening bananas. Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities.», en *4th Natl. Controlled Atmosphere Res. Conf*, 1985.
- [24] T. Ringer y M. Blanke, «Non-invasive, real time in-situ techniques to determine the ripening

- 
- stage of banana», *J. Food Meas. Charact.*, vol. 15, n.º 5, pp. 4426-4437, 2021.
- [25] B. K. Dadzie y J. E. Orchard, *Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods*. 1997.
- [26] R. H. Stover y N. W. Simmonds, *Banana*, 3.<sup>a</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- [27] B. V. C. Mahajan, K. Tajender, M. I. S. Gill, H. S. Dhaliwal, B. S. Ghuman, y B. S. Chahil, «Studies on optimization of ripening techniques for banana», *J. Food Sci. Technol.*, vol. 47, n.º 3, pp. 315-319, 2010.
- [28] K. R. Zore, S. B. Desale, C. V. Pujari, y P. P. Pawar, «Ripening Behaviour of Banana with Different Sources of Ethylene», *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 11, n.º 1and2, pp. 51-56, 2021.
- [29] T. A. Anyasi, A. I. O. Jideani, y G. A. Mchau, «Morphological, physicochemical, and antioxidant profile of noncommercial banana cultivars», *Food Sci. Nutr.*, vol. 3, n.º 3, pp. 221-232, 2015.