

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de vida de anaquel de tajaditas de  
plátano verde (*Musa paradisiaca*) bajo  
condiciones aceleradas**

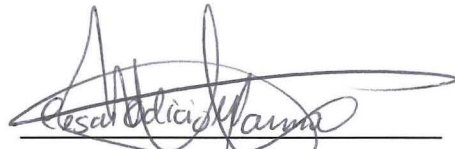
Proyecto de graduación presentado como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero en Agroindustria  
Alimentaria en el grado de Licenciatura.

**Presentado por:**

**César Odicio Moreno**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2007

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'César Odicio Moreno', written over a horizontal line.

César Odicio Moreno

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 2007

## DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, Nixon Odicio y Zoila Amelia Moreno.

A mis abuelitos, Mirza Suárez y Reyes Moreno.

A mis hermanos, Antero Odicio y Ernesto Odicio.

A mis amigos.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos, abuelos y a toda mi familia en general por apoyarme a culminar mis metas y ser lo más grande e importante que tengo en la vida.

A mi asesor Dr. Bueso por su paciencia y apoyo en todo el proceso del presente trabajo.

Al Dr. José Ramírez Ascheri y al Dr. Carlos Vanderley Piler por darme la oportunidad de trabajar con ellos y aprender mucho sobre investigación y también por ser un gran apoyo y guía para mí.

A mis mejores amigos Diana Ríos, Zorayma Valencia, Maria del Pilar Leyton, Enxo Torres, Ramiro del Águila, Oscar de Marzo, Luís Algorañaz, Diana Carvajal, Patricia Martínez, Nancy Hernández, Diego Layedra, Carlos Noriega, Christian Garófalo, Edwin Navas, Alex Días, Gabriela Araujo, Diana Loor, Gabriel Jaramillo y a Juan Carlos Quezada por brindarme siempre su amistad incondicional.

A Nathalia Naranjo en especial por brindarme su apoyo en todo momento.

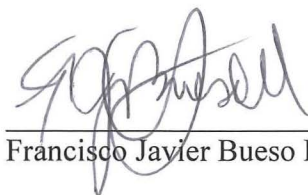
En general a todos mis compañeros de la clase 07 y en especial a Agroindustria, ¡muchas gracias!

## RESUMEN

Odicio, C. 2007. Evaluación de vida de anaquel de tajaditas de plátano verde (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones aceleradas. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, Zamorano. 40 p.

La estimación de vida de anaquel de las tajaditas de plátano depende básicamente de la rancidez oxidativa y de la crocancia (textura). Para la realización de este estudio se evaluaron seis ambientes que diferían en temperatura, humedad relativa e iluminación: ambiente uno (6 °C, 43% HR, 0 lux), ambiente dos (25°C, 87% HR, 0 lux), ambiente tres bajo condiciones ambientales normales de Zamorano (27°C, 69% HR, 280 lux), ambiente cuatro (39°C, 66% HR, 0 lux), ambiente cinco (44°C, 93% HR, 0 lux) y ambiente seis (47°C, 89% HR, 210 lux). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, utilizando los procedimientos de regresión lineal múltiple y un análisis de varianza con separación de medias Tukey con significancia  $P < 0.05$ . Los datos se analizaron con SAS® Versión 9.1. Las variables evaluadas fueron color, textura, % de humedad, actividad de agua, TBA, índice de peróxidos, conteos de mohos y levaduras y propiedades sensoriales (aroma, apariencia, textura, sabor, color, nivel de rancidez). Para el desarrollo de la ecuación de predicción de vida de anaquel de las tajaditas de plátano se realizó un análisis de correlación entre las variables evaluadas contra el número de días y se tomaron los valores más altos, que fueron valor L, índice de peróxidos y actividad de agua. Por medio de una separación de medias se tomó un promedio de los días en las variables que fueron significativamente iguales y se realizó un análisis de regresión lineal múltiple de la vida útil del producto contra las variables de temperatura, humedad relativa e iluminación. La ecuación de predicción de vida de anaquel fue la siguiente: Vida de anaquel de las tajadas de plátano (días) =  $108.19518 - 0.54141 \text{humedad relativa (\%)} - 0.71566 \text{temperatura} - 0.00114 \text{iluminación (lux)}$  con un  $R^2$  ajustado = 0.87 aceptable.

**Palabras clave:** rancidez oxidativa, vida de anaquel, regresión lineal múltiple.



---

Francisco Javier Bueso Ph.D.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Hoja de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 GENERALIDADES.....	3
2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	3
2.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL.....	3
2.4 RANCIDEZ OXIDATIVA.....	4
2.5. ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	5
2.6. TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO).....	5
2.7. HUMEDAD RELATIVA.....	6
2.8. TEMPERATURA.....	6
2.9. ILUMINACIÓN.....	6
2.10. LUX.....	7
2.11. LÚMEN.....	7
2.12. MOHOS.....	7
2.12.1. Características del cultivo.....	7
2.13. LEVADURAS.....	7
2.13.1. Caracteres del cultivo.....	7
2.14. ESTUDIOS DE VIDA ÚTIL EN DIFERENTES PRODUCTOS.....	8
2.14.1. Productos lácteos.....	8
2.14.2. Frutas, guayaba.....	8

3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
3.1	LOCALIZACIÓN.....	9
3.2.	MATERIALES .....	9
3.2.1.	Materiales para la elaboración del producto .....	9
3.2.2.	Materiales para los análisis físicos, químicos y microbiológicos.....	9
3.3.	EQUIPO.....	10
3.3.1.	Equipo para la elaboración del producto .....	10
3.3.2.	Equipo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos .....	10
3.3.3.	Equipo para los ambientes .....	10
3.4.	MÉTODOS .....	10
3.4.1.	Diseño experimental .....	10
3.4.2.	Elaboración del producto .....	11
3.4.3.	Distribución de ambientes .....	11
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	13
4.1.	CAMBIOS DEL VALOR $L^*$ DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	13
4.2.	CAMBIOS DEL VALOR $a^*$ DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	14
4.3.	CAMBIOS DEL VALOR $b^*$ DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	15
4.4.	CAMBIOS EN TEXTURA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	16
4.5.	CAMBIOS EN ACTIVIDAD DE AGUA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	18
4.6.	CAMBIOS EN HUMEDAD DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	19
4.7.	CAMBIOS EN ÍNDICE DE PERÓXIDOS DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	20
4.8.	CAMBIOS EN VALOR TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO) DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO.....	21
4.9.	CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO MICROBIOLÓGICO DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO.....	23
4.10.	CAMBIOS EN APARIENCIA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	24

4.11.	CAMBIOS EN TEXTURA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	25
4.12.	CAMBIOS EN RANCIDEZ DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO .....	26
4.13.	ANÁLISIS DE CORRELACIONES.....	28
4.14.	CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE DE PERÓXIDOS VS. TBA.....	28
4.15.	CORRELACIÓN ENTRE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES VS. LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.....	29
4.16.	ECUACIÓN DE ESTIMACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL BAJO CONDICIONES ACELERADAS.....	29
4.16.1.	Valor L*.....	30
4.16.2.	Actividad de agua .....	30
4.16.3.	Índice de peróxidos.....	31
4.17.	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE DÍAS DE VIDA ÚTIL DE LAS TAJADITAS DE PLÁTANO.....	31
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	34
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	35
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	36
8.	<b>ANEXOS</b> .....	39

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Distribución de los ambientes.....	10
2.	Cambios en el valor L* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	14
3.	Cambios en el valor a* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	15
4.	Cambios en el valor b* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	16
5.	Cambios en textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	17
6.	Cambios en actividad de agua de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento. ....	19
7.	Cambios en humedad de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	20
8.	Cambios en índice de peróxidos de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	21
9.	Cambios en valor TBA de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	22
10.	Cambios en conteos de mohos y levaduras (UFC/ml) de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.....	23
11.	Cambios en apariencia de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	25
12.	Cambios en textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	25

13.	Cambios en rancidez de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	27
14.	Correlaciones de las variables físicas, químicas y sensoriales vs. la variable días (0, 7, 15, 30 y 60) .....	27
15.	Correlación entre IP y TBA .....	28
16.	Correlación entre los atributos sensoriales y los parámetros físico-químicos.....	29
17.	Correlaciones entre parámetros relacionados como indicadores de deterioro y el tiempo de almacenamiento .....	30
18.	Vida útil calculados con base en el valor $L^*$ .....	29
19.	Vida útil calculada con base en la actividad de agua.....	30
20.	Vida útil calculada con base en los índices de peróxidos.....	31
21.	Vida útil de tajaditas de plátano predichos de acuerdo a las variables $L^*$ , IP y $A_w$ .....	32
22.	Promedio de los días predichos de las variables valor $L^*$ , IP y $A_w$ .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Comportamiento del valor $L^*$ de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	14
2. Comportamiento del valor $a^*$ de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	15
3. Comportamiento del valor $b^*$ de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	16
4. Comportamiento de la textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	17
5. Comportamiento de la actividad de agua de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	18
6. Comportamiento de la humedad de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	20
7. Comportamiento del índice de peróxidos de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	21
8. Comportamiento del valor TBA de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	22
9. Comportamiento del conteo de mohos y levaduras (ufc/mL) de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	23
10. Comportamiento del atributo apariencia de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	24
11. Comportamiento del atributo textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	25
12. Comportamiento del atributo rancidez de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento .....	27

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Flujo de procesos para la elaboración de las tajaditas de plátano.....	40

## 1. INTRODUCCIÓN

El plátano pertenece a la familia de las musáceas. Existen dos tipos de plátanos, conocidos en nuestro entorno como plátano verde (*Musa paradisiaca*) y plátano maduro (*Musa cavendishii*).

"El plátano verde es el cuarto cultivo más importante en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz" (Infoagro, 2002). Estos tienen muchas propiedades nutricionales, es muy rico en carbohidratos por lo cual constituye una de las mejores maneras de nutrir energía vegetal a nuestro organismo.

En la mayoría de los países latinoamericanos el plátano forma parte de los alimentos habituales ya sea procesado o no procesado debido a su buen sabor y gusto. Es por eso que se produce en cantidades de hasta cien mil toneladas anuales en Honduras (Aguilar, 2002).

Las tajaditas de plátano son un producto que viene desde la antigüedad, tiene sus raíces en el sudeste asiático específicamente en Indonesia en los años 1700s donde en un principio eran elaborados de una forma casera. Ahora las industrias se han preocupado en llevar a este producto casero a la cima, dándole diferentes tipos de procesamientos, mayor confiabilidad al consumidor con respecto a su salud, inocuidad y calidad. Las industrias también se preocupan por la vida de anaquel de estos, que tengan una larga duración en el mercado. El problema está basado principalmente por el contenido de aceite presente en el producto ya que corre el riesgo de enranciarse. El laboratorio de análisis de alimentos Zamorano (LAAZ) se ha preocupado por desarrollar un modelo matemático que pueda estimar la vida de anaquel de las tajadas de plátano fritas bajo condiciones ambientales que aceleren el proceso de deterioro, para ahorrar tiempo.

La vida de anaquel en los productos alimenticios es variable y es determinada por el fabricante, para cada tipo de producto específico. Esta información es un factor esencial en la determinación de las condiciones y métodos utilizados en la distribución del producto.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

- Desarrollar un modelo matemático que estime la vida de anaquel de las tajaditas de plátano verde (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones ambientales de deterioro acelerado con respecto a las condiciones normales.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar un diagrama de flujo para la elaboración del producto.
- Evaluar los cambios físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales bajo condiciones de estudio retardado (6° C de temperatura, 43% de humedad relativa y 0 lux de iluminación) - normal (27° C de temperatura, 66% de humedad relativa y 280 lux de iluminación, equivalente a la iluminación solar) - acelerado (39° C a 47° C de temperatura, 69 % a 93% de humedad relativa y 0 a 210 lux de iluminación) por un período de tiempo de dos meses constantemente.
- Evaluar sensorialmente las tajaditas de plátano fritas en aspectos de sabor, aroma, apariencia, textura por un panel de cinco personas.
- Realizar análisis de correlación entre los análisis físico-químicos y sensoriales para determinar si existe relación entre lo evaluado por los panelistas y los resultados obtenidos de laboratorio.
- Realizar análisis de correlación entre las variables evaluadas (color, textura, humedad, actividad de agua, índice de peróxidos, TBA, conteo de mohos y levaduras y evaluación sensorial) y el número de días, para así obtener las variables de mayor peso y realizar la ecuación de predicción de vida útil de las tajaditas de plátano.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES

El nombre de plátano, banano, cambur o guineo agrupa a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticamente puros de estas especies (FAO, 2007).

El plátano es la fruta tropical más consumida del mundo. El fruto es una falsa baya de forma lineal o falcada, de 7 a 15 cm. de largo y hasta 4 de diámetro, que forma un racimo compacto. Está cubierta por un pericarpio coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso al madurar. El extremo basal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo de 1 a 2 cm. La pulpa es blanca y rica en almidón. Es mucho más rico en calorías que la mayoría de las frutas por su gran contenido en fécula; de los 125 g que pesa en promedio, el 25% es materia seca, que aporta unas 120 calorías (Bedri, 2006).

Se cultivan en más de 130 países, desde el sudeste asiático de donde son nativas, hasta Oceanía y Sudamérica; el principal productor mundial es la India, de donde proceden casi un cuarto de los frutos comercializados en Gaya, aunque buena parte de los mismos son para consumo doméstico. El principal exportador es Ecuador, que genera casi un tercio de las exportaciones globales (Martínez, 2006).

### 2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La producción del plátano verde en Honduras está concentrada en pequeñas parcelas y agricultores; para el año de 1986 existían en el país 1500 hectáreas cultivadas y con un total de 6200 productores ya producían 100000 toneladas; exportando el 30%, actualmente 82000 personas dependen de este cultivo. En cuanto a su precio este ha ido aumentando paulatinamente hasta 400 Lps / millar y en el mercado norteamericano alcanzó hasta Lps 40/caja de 50 libras. Actualmente en este mercado el precio puede oscilar a \$ 25.00 caja de 50 libras y mínimo a \$18.00. El plátano verde es consumido principalmente por algunos grupos étnicos en forma de rodajas fritas, tajaditas (Aguilar, 2002).

### 2.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE VIDA DE ANAQUEL

Vida de anaquel se refiere literalmente al periodo de tiempo comprendido entre la manufactura y el consumo del producto alimenticio (Dinant, 2007). La calidad de los productos alimenticios es algo frágil, estos productos son susceptibles

a sufrir un proceso de descomposición, pérdidas de nutrientes, alteraciones en color, olor, sabor, textura, entre otras características. Los tecnólogos de alimentos utilizan el término de vida de anaquel al periodo de tiempo comprendido entre la manufactura y el consumo de un producto alimenticio, el cual tienen cualidades satisfactorias en términos de valor nutricional, aspectos sensoriales (olor, sabor, textura, apreciación general, etc.) y finalmente en parámetros relacionados con la salud del consumidor (grado de deterioro, cultura, oxidación, etc.) (Cavalcante, 2005).

La vida de anaquel en los productos alimenticios es variable y es determinada por el fabricante, para cada tipo de producto específico. Esta información es un factor esencial en la determinación de las condiciones y métodos utilizados en la distribución del producto. Dos aspectos importantes están siempre presentes cuando uno piensa en el concepto de vida de anaquel de un producto:

1. El cambio en la calidad de un producto durante el almacenamiento es resultado de la suma de una serie de sucesivas exposiciones a varias condiciones ambientales, durante las etapas de procesamiento, almacenamiento, distribución y el tiempo de exposición (en anaquel, en el punto de venta y en la casa del consumidor) antes de que el alimento sea consumido.
2. Para el consumidor, un producto adquirido dentro del plazo recomendado estipulado por el fabricante (el cual es determinado en la función y en general menor que este último), debe permanecer y continuar adecuado para el consumo durante aquel periodo, sin perjuicio de sus características organolépticas, valor nutritivo, propiedades funcionales, y deterioro por microorganismos que puedan afectar la salud del consumidor.

Por lo tanto, estudios de vida de anaquel son parte esencial de todo el programa de desenvolvimiento, mejora y mantención de la calidad (Cavalcante, 2005).

Uno de los modelos más utilizados para predicción de vida de anaquel es el modelo de Weibull, este modelo se basa en la utilización de valores obtenidos mediante las evaluaciones sensoriales realizadas al alimento analizado. La distribución de Weibull es una función de distribución de probabilidad continua con función de densidad de probabilidad.

$$f(x; k, \lambda) = (k/\lambda)(x/\lambda)^{(k-1)} e^{-(x/\lambda)^k}$$

Donde  $x \geq 0$  e  $k > 0$  es el parámetro de forma,  $\lambda > 0$  es el parámetro de escala de la distribución. Este modelo también es aplicado para predecir tiempos de vida útil de maquinarias industriales (Cavalcate, 2005).

## 2.4 RANCIDEZ OXIDATIVA

La rancidez oxidativa tiene como consecuencia la destrucción de vitaminas liposolubles y dos ácidos grasos esenciales. Es una de las reacciones que deteriora y afecta en forma más importante la calidad de un producto. La rancidez oxidativa es iniciada por radicales

libre de oxígeno o por el ataque del oxígeno molecular a radicales libres pre-formados en los ácidos grasos poliinsaturados que forman las grasas y aceites (Instituto de la grasa, 1996).

La oxidación puede ser prevenida o retrasada por los antioxidantes, que son sustancias orgánicas de origen sintético o natural que actúan como atrapadores de los radicales libres del oxígeno involucrados en la oxidación de los ácidos grasos evitando la formación de subproductos con sabor y olor desagradables. Los antioxidantes sintéticos son los más populares y ampliamente utilizados, sin embargo existe preocupación respecto a la seguridad de éstos para la salud humana. Esta situación ha estimulado la investigación sobre sustancias de origen natural con actividad antioxidante. Pocas de estas sustancias naturales han probado ser efectivas como antioxidantes cuando se les compara con los productos sintéticos en las mismas condiciones (Sector 1, 2007).

Se han buscado otras maneras de combatir la rancidez oxidativa, modificando el tipo de empaque, haciendo más eficiente el impedimento del paso de la luz y el oxígeno. En la actualidad la mayoría de las industrias de snacks utilizan empaques de polipropileno con aluminio (Instituto de la grasa, 1996).

## **2.5. ÍNDICE DE PERÓXIDOS**

El índice de peróxidos es una estimación del contenido de sustancias que oxidan el ioduro potásico y se expresa en términos de miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa. Se asocia con la presencia de peróxidos derivados de los ácidos grasos presentes en la muestra, estos comprenden en un rango de 0 a 90 meq/Kg.

La diferencia entre los resultados de dos determinaciones paralelas efectuadas con una misma muestra no debe sobrepasar: 10 % en valor relativo, para los contenidos inferiores a 10 meq/kg (FEDNA, 2002).

## **2.6. TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO)**

Una de las técnicas más utilizadas para medir el incremento de productos secundarios de oxidación es la prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA). El TBA se considera una técnica relativamente simple y presenta una elevada correlación con los valores con los resultados de la evaluación sensorial. Este método se basa en la reacción de una molécula de malonaldehído con 2 moléculas de TBA para formar un complejo coloreado malonaldehído-TBA, que puede ser cuantificado. Las limitaciones que se ha señalado a esta técnica son que es poco sensible a bajas concentraciones de malonaldehído, además otras sustancias pueden reaccionar (sustancias reactivas al TBA) como sacáridos y otros aldehídos lo que puede interferir con la reacción de malonaldehído-TBA. De igual forma el malonaldehído puede reaccionar con las proteínas encontrándose menores niveles a los que corresponden con la oxidación presente. Esta técnica se considera especialmente útil cuando se requiere determinar el incremento de la oxidación en el tiempo (Navarro, 2007).

## 2.7. HUMEDAD RELATIVA

Es el cociente en la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100%. Una humedad relativa del 100% significa un ambiente en el que no cabe más agua. El cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede llegar a ser asfixiante. Corresponde a un ambiente húmedo. Una humedad del 0% corresponde a un ambiente seco. Se transpira con facilidad (Valenzuela, 2005).

La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire y, en esta forma, es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. No obstante, los valores de humedad relativa tienen la desventaja de que dependen fuertemente de la temperatura del momento (Vega, 2005).

## 2.8. TEMPERATURA

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en sus movimientos medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de un cazo de agua hirviendo es la misma que la temperatura de una olla de agua hirviendo, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el cazo (Daos, 2007).

## 2.9. ILUMINACIÓN

La iluminación es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar conseguir un nivel de iluminación, o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar (Wikipedia, 2007).

Según su origen (calidad de la luz):

- Luz natural: proporcionada por la misma luminosidad del día, existen diferentes tipos de iluminación y se dividen según la temperatura que consigan.
- Luz artificial: proporcionada por la iluminación artificial. Como focos, lámparas, etc.

Según su naturaleza (calidad de la luz):

- Luz difusa: se obtiene por medio de difusores y produce sombras de bordes muy difusos; de esta forma consigue un efecto uniforme. Imita o refuerza efectos naturales de la luz ambiente. Día nublado, aparatos tipo *softlights*.
- Luz dura: produce sombras bien delimitadas en los objetos y las sombras proyectadas por éstos. Con esta luz se consigue el modelado de los volúmenes de los objetos, el dibujo de sus contornos y el contraluz de éstos. Luz solar directa, aparatos tipo *fresnell*.

## 2.10. LUX

El lux, símbolo lx, es la unidad derivada del sistema internacional de iluminancia o nivel de iluminación. Es igual a un lumen /m<sup>2</sup> (Wikipedia, 2007).

## 2.11. LÚMEN

El Lúmen (símbolo: lm) es la unidad del SI para medir el flujo luminoso. La relación entre vatios y lúmenes se llama equivalente luminoso de la energía y tiene el valor: 1 watt-luz a 555 nm = 683 lm (Wikipedia, 2007).

## 2.12. MOHOS

Se le da el nombre de mohos a ciertos hongos multicelulares, filamentosos, cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto a terciopelado o algodonoso. La parte principal del hongo en crecimiento generalmente es blanca, mas puede también estar coloreada, oscurecida o como ahumada. Ciertos mohos maduros presentan esporas coloreadas típicas que pueden dar color aparte o a toda la masa en crecimiento (Wikipedia, 2007).

### 2.12.1. Características del cultivo

El aspecto general de los mohos que crecen en los alimentos es con frecuencia suficiente para indicar su género. Algunos son poco tupidos y lanosos, otros compactos; en otras ocasiones están como aterciopelados en su superficie, en otras son secos y pulverulentos, mientras que en algunos están como humedecidos o gelatinosos. Existen géneros de tamaños limitados; en otros por el contrario, su límite de crecimiento o expansión lo señala el alimentos o la vasija que lo contiene (FAO, 2005).

## 2.13. LEVADURAS

Como la mayoría de los vegetales, las levaduras se calcifican botánicamente teniendo presentes principalmente sus características morfológicos, si bien para el microbiólogo de alimentos son mas importantes los fisiológicos (Wikipedia, 2007).

### 2.13.1. Caracteres del cultivo

El aspecto de toda masa de levadura en crecimiento no es en la mayoría de los casos útil para su identificación si bien el crecimiento en forma de película sobre la superficie de líquidos, sugiere que se trata de una levadura oxidativa y la producción de un pigmento carotinoide indicará al género *Rhodotorula*. Sin embargo, el aspecto de la masa en crecimiento es interesante cuando ocasiona en los alimentos manchas coloreadas. Es difícil distinguir los cultivos sobre agar las colonias de levaduras de las bacterianas; la única forma segura de diferenciarlas es por examen microscópico. La mayoría de las colonias jóvenes de levaduras son húmedas y algo mucosas, mas pueden ser farinosas; la mayor parte son blanquecinas y algunas cremosas o rosadas. En ciertos casos apenas cambian al envejecer, otras veces desecan y encogen.

Las levaduras son oxidativas, fermentativas o ambas cosas a la vez. Las levaduras oxidativas pueden crecer formando una película o velo sobre la superficie de los líquidos

y se demonizan levaduras formadoras de película. Las levaduras fermentativas suelen crecer en toda masa líquida (FAO, 2005).

## **2.14. ESTUDIOS DE VIDA ÚTIL EN DIFERENTES PRODUCTOS**

### **2.14.1. Productos lácteos**

Los estudios realizados en productos lácteos están más enfocados en leche en polvo. La utilización de preservantes en la leche en polvo integral, afecta de una manera significativa en la duración de esta, al igual que el tipo de empaque utilizado. Las variables utilizadas fueron: empaques con atmósfera modificada con 4% y 1% de oxígeno residual en el espacio libre, temperatura en un rango de 18° C a 40° C y humedad relativa en un rango de 66% a 80%. Se evaluaron las variables de acidez, índice de peróxidos y humedad en un tiempo de almacenamiento de dos meses. En el análisis estadístico, se utilizaron comparaciones de medias a través de un análisis de varianza, aplicando una prueba Duncan con 5% de nivel de significancia. Esto se realizó en el programa estadísticos SANEST. Los ambientes con temperaturas mayores a 35°C y humedades relativas superiores a 70% presentaron un aumento significativo en índice de peróxidos alcanzando un valor de 17 (Campos, 1998).

### **2.14.2. Frutas, guayaba**

Este estudio se realizó en guayabas procesadas en empaques con atmósfera modificada. Guayabas (*Psidium guajava L.*), variedad roja "Paluma" procesadas por deshidratación osmótica, fueron acondicionadas en empaques rígidos de PET (tereftalato de polietileno). Se utilizaron 20 ambientes. Las variables utilizadas fueron: temperatura en una escala entre 5° C y 40° C, concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono y el material del empaque utilizado. Se evaluaron: acidez, grados brix, actividad de agua, humedad, análisis microbiológicos (mohos, levaduras y coliformes) en 24 días (0, 5, 10, 14, 18, 21 y 24). Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza, aplicando un prueba Tukey con 5% de nivel de significancia con el programa SAS®. Los ambientes con temperaturas mayores a 35°C presentaron un aumento significativo en actividad de agua (0.3), humedad (10%) y conteos de mohos y levaduras (80 UFC/ml). El producto absorbió humedad del ambiente (humedad relativa promedio de 50% en Sao Paulo) (Capigiani, 2003).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 LOCALIZACIÓN

El presente estudio fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). La elaboración de las tajaditas de plátano se realizó en la planta agroindustrial de investigación y desarrollo (PAID). Los análisis microbiológicos fueron realizados en el laboratorio de microbiología de Zamorano. Estas instalaciones pertenecen a la Carrera de Agroindustria de Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, 32 km al oriente de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

### 3.2. MATERIALES

#### 3.2.1. Materiales para la elaboración del producto

- Plátano verde (*Musa paradisiaca*).
- 9 galones de aceite vegetal para freír.
- 0.6 kg de sal.
- Tabla para picar.
- Cuchillos.

#### 3.2.2. Materiales para los análisis físicos, químicos y microbiológicos

- Agua destilada.
- Solución de fenol-ácido sulfúrico.
- Eter de petróleo, 98%.
- Solución de TBA (ácido tiobarbitúrico).
- Solución de 1-butanol, grado HPLC.
- Solución de ácido acético.
- Solución de Yoduro de potasio.
- Soluciones estándares de tiosulfato de sodio (0.1N y 0.01N).
- Solución de PDA (potato dextrose agar).
- Platos petri.
- Beakers.
- Balones volumétricos.
- Tubos de ensayo.
- Erlenmeyers.
- Crisol.
- Mortero.
- Papel toalla.
- Mascarilla.

### 3.3. EQUIPO

#### 3.3.1. Equipo para la elaboración del producto

- Vegetable preparation machina, modelo Robot Coupe CL50 Ultra.
- Freidora FryMastrer, modelo E4 Electric Fryers RE14, RE14-2.

#### 3.3.2. Equipo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos

- Colorflex Hunter L\*a\* b\*, modelo 40/0, serie número ex0687.
- Instron, Número de sistema 4444P2927.
- AquaLab, modelo serie 3TE, No. Serie 0101875.
- Soxhlet.
- Espectrofotómetro No. 20, Milton Roy Company.

#### 3.3.3. Equipo para los ambientes

- Fermentador Bread Baking Center modelo EPO-39 por Duke Manufacturing Company.
- Germinadora Supco TPM-110 por Hoffman Manufacturing Co.
- Refrigeradora Samsung modelo RT47MASW.
- Incubadora Thermolyne modelo Type 42000.

### 3.4. MÉTODOS

#### 3.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo para todos los análisis físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales.

Se utilizaron seis ambientes con combinaciones de tres variables: temperatura, humedad relativa e iluminación. Se realizaron tres repeticiones. Se abarcó un rango de temperatura entre 6° C y 47° C, un rango de humedad relativa de 43% a 93% y un rango de iluminación de 0 lux a 280 lux (Cuadro 1), determinado por los límites de equipo disponible en Zamorano (germinadoras, fermentadoras, refrigeradoras y incubadoras) para acelerar en proceso de rancidez oxidativa y así evaluar el producto durante 60 días.

Cuadro 1. Distribución de los ambientes

Ambiente	Temperatura (° c)	Humedad relativa (%)	Iluminación (lux)
1	6	43	0
2	25	87	0
3	27	66	280
4	39	66	0
5	44	93	0
6	47	89	210

### 3.4.2. Elaboración del producto

Se procesaron 15 kg de plátano verde, que fueron descascarados a mano, lavados y se les eliminó las puntas con el objetivo de mantener una forma regular. Los plátanos de un tamaño regular procedieron a ser cortados en el procesador de alimentos con un espesor de 1 mm (tratando de mantener esta dimensión para todas las tajadas). Las tajaditas de plátano se frieron en el frymaster a una temperatura de 150°C por 10 minutos dejando 15 segundos adicionales de reposo. El frymaster cuenta con dos canastas para el freído en los cuales sólo se colocaron una libra de tajadas por canasta. La cantidad de aceite total utilizado fue 32.5 litros.

Una vez frito las tajadas se les agregó una cantidad de 0.5 kg de sal y por último fueron empacados en empaques de polipropileno metalizado con una cantidad de 130 g por empaque, no se les agregó ningún tipo de preservantes.

### 3.4.3. Distribución de ambientes

Los valores de iluminación fueron convertidos a lux (lumen /m<sup>2</sup>) para poder obtener un valor en iluminación solar.

Para la estimación de la ecuación de predicción de vida de anaquel se tomaron en cuenta la humedad, actividad de agua, índice de peróxidos, TBA (ácido tiobarbitúrico), conteo de mohos y levaduras, color y textura del producto, seguida paralelamente de un análisis sensorial. Los indicadores que se utilizaron para establecer la vida de anaquel fueron los que presentaron mayores índices de correlación (valor L\*, actividad de agua e índice de peróxidos) con el número de días que se realizó la evaluación (0, 7, 15, 30 y 60).

### 3.4.4. Análisis químicos

- Extracción de aceite (AOAC 963.15).
- Actividad de agua (Aqualab).
- Contenido de humedad (AOAC 33.7.03 Método 926.08).
- Valor TBA (AOCS Cd 19-90).
- Índice de peróxidos (AOCS Cd 8-53).

### 3.4.5. Análisis físicos

- Dureza (KN), medida con el Instron.
- Color (L\* a\* b\*), medido con el Colorflex.

### 3.4.6. Análisis sensorial

Se realizó una prueba de aceptación, contando con un panel no entrenado de cinco personas. Estos evaluaron cambios en los aspectos de apariencia, aroma, sabor, textura, y nivel de rancidez del producto durante los 60 días que perduró el estudio, en los días 0, 7, 15, 30 y 60, colocándoles una muestra de con 5 g de producto por ambiente equivalentes a

5 tajaditas de plátano por ambiente por panelista. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 5 (1= me disgusta mucho, 5= me gusta mucho).

### 3.4.7 Análisis estadísticos

- Correlacion de Pearson.
- Análisis de regresión múltiple.
- Separación de medias Tukey.
- SAS® Versión 9.1.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CAMBIOS DEL VALOR L\* DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor L\* de las tajaditas de plátano fue 65.05 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 1). Durante los 60 días del estudio las tajaditas se oscurecieron significativamente sin importar las condiciones ambientales. Sin embargo, bajo ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% el oscurecimiento se aceleró significativamente (Cuadro 2). Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) se oscurecieron significativamente hasta los 30 días de almacenamiento. A los 60 días del estudio hubo un descenso significativo de 13.98%. Las tajaditas de plátano a 44°C de temperatura, 93% humedad relativa, 0 lux de iluminación y 47°C de temperatura, 89% humedad relativa, 210 lux de iluminación presentaron diferencias significativas en los valores L\* comparados con el resto de tajaditas de plátano bajo distintas condiciones de almacenamiento, lo cual produjo que éste descendiera a 32.25% y 35.50% respectivamente. Las tajaditas de plátano almacenadas bajo ambientes con mayor temperatura, humedad relativa e iluminación (47°C- 89% HR- 210 lux y 44°C-93% HR- 0 lux) fueron oscureciéndose con el tiempo debido a la reacción de Maillard. El factor que tuvo más peso en la variable color (valor L\*) fue la temperatura, debido a que fue el factor principal que promovió la reacción de Maillard. La reacción de Maillard (técnicamente: *glucosilación no enzimática de proteínas*) se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentar (no es necesario que sea a temperaturas muy altas) los alimentos o mezclas similares. Se trata básicamente de una especie de caramelización de los alimentos, es la misma reacción la que colorea de marrón la costra de la carne mientras se cocina (Wikipedia, 2006). Debido al alto contenido de almidón (aproximadamente 70%) en las tajaditas de plátano ocurrió la reacción de Maillard.

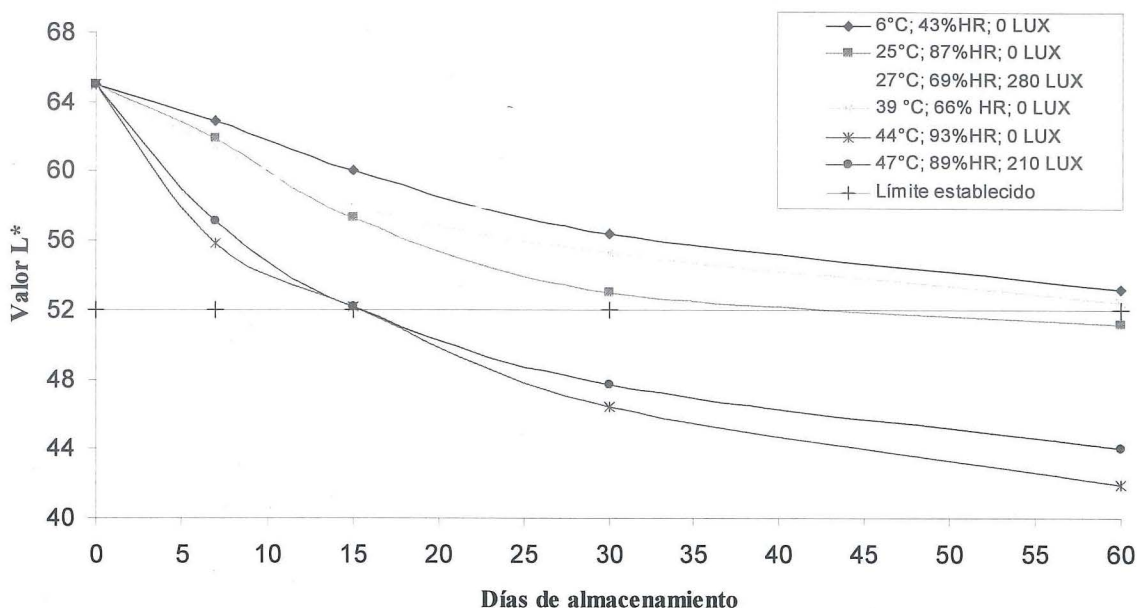


Figura 1. Comportamiento del valor L\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 2. Cambios en el valor L\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	65.01 <sup>aA</sup>	58.40 <sup>bB</sup>	55.03 <sup>cC</sup>	53.25 <sup>dB</sup>	52.47 <sup>dB</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	65.01 <sup>aA</sup>	59.86 <sup>bB</sup>	54.30 <sup>cC</sup>	52.04 <sup>dB</sup>	51.15 <sup>dB</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	65.01 <sup>aA</sup>	61.13 <sup>bA</sup>	58.99 <sup>cB</sup>	57.29 <sup>cA</sup>	55.92 <sup>dA</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	65.01 <sup>aA</sup>	57.13 <sup>bB</sup>	52.22 <sup>cD</sup>	47.69 <sup>dC</sup>	44.04 <sup>eC</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	65.01 <sup>aA</sup>	55.81 <sup>bC</sup>	52.14 <sup>cD</sup>	46.40 <sup>dC</sup>	41.93 <sup>eD</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	65.01 <sup>aA</sup>	62.89 <sup>bA</sup>	60.08 <sup>bA</sup>	56.39 <sup>cA</sup>	52.15 <sup>dB</sup>

#### 4.2. CAMBIOS DEL VALOR a\* DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor a\* de las tajaditas de plátano fue 15.45 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 2).

Sin embargo, bajo ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% la tonalidad del valor a\* descendió significativamente (Cuadro 3) de una tonalidad roja a naranja. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un descenso significativo de 9.77% en el valor a\* a los 60 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano a 47°C de temperatura, 89% de humedad relativa y 210 lux de iluminación fueron las que tuvieron un descenso en la tonalidad roja (55.23%).

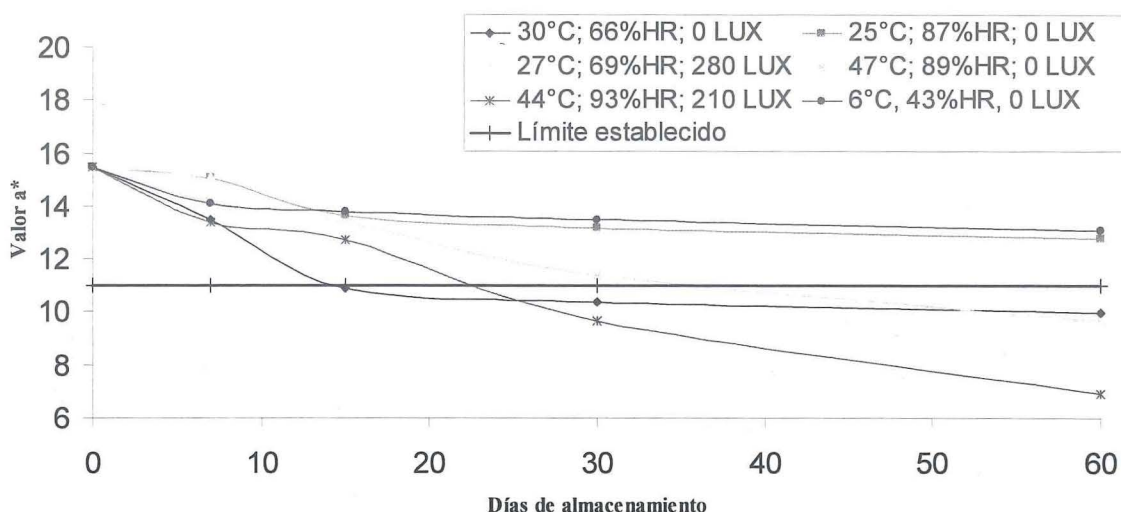


Figura 2. Comportamiento del valor a\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 3. Cambios en el valor a\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	15.46 <sup>aA</sup>	13.46 <sup>bC</sup>	10.87 <sup>cB</sup>	10.38 <sup>cBC</sup>	9.95 <sup>cC</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	15.46 <sup>aA</sup>	15.08 <sup>aA</sup>	13.64 <sup>bA</sup>	13.18 <sup>bA</sup>	12.86 <sup>bAB</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	15.46 <sup>aA</sup>	15.12 <sup>aA</sup>	13.50 <sup>bA</sup>	13.03 <sup>bA</sup>	11.95 <sup>cB</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	15.46 <sup>aA</sup>	13.13 <sup>bC</sup>	13.39 <sup>bA</sup>	11.4 <sup>cB</sup>	9.69 <sup>dC</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	15.46 <sup>aA</sup>	13.37 <sup>bC</sup>	12.83 <sup>bA</sup>	9.67 <sup>cC</sup>	6.92 <sup>dD</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	15.46 <sup>aA</sup>	14.11 <sup>bB</sup>	13.78 <sup>cA</sup>	13.50 <sup>cA</sup>	13.08 <sup>cA</sup>

#### 4.3. CAMBIOS DEL VALOR b\* DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor b\* de las tajaditas de plátano fue 54.30 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 3). Este factor es el más importante con respecto al color ya que mide las tendencias de la tonalidad amarilla.

En los ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80%, la tonalidad del valor b\* se aclaró significativamente (Cuadro 4) pasando de un color amarillo intenso a un amarillo claro. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un descenso significativo de 27.5% a los 60 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano a 47°C de temperatura, 89% de humedad relativa y 210 lux de iluminación fueron las que tuvieron mayor aclaración significativa en la tonalidad amarilla (54.49%).

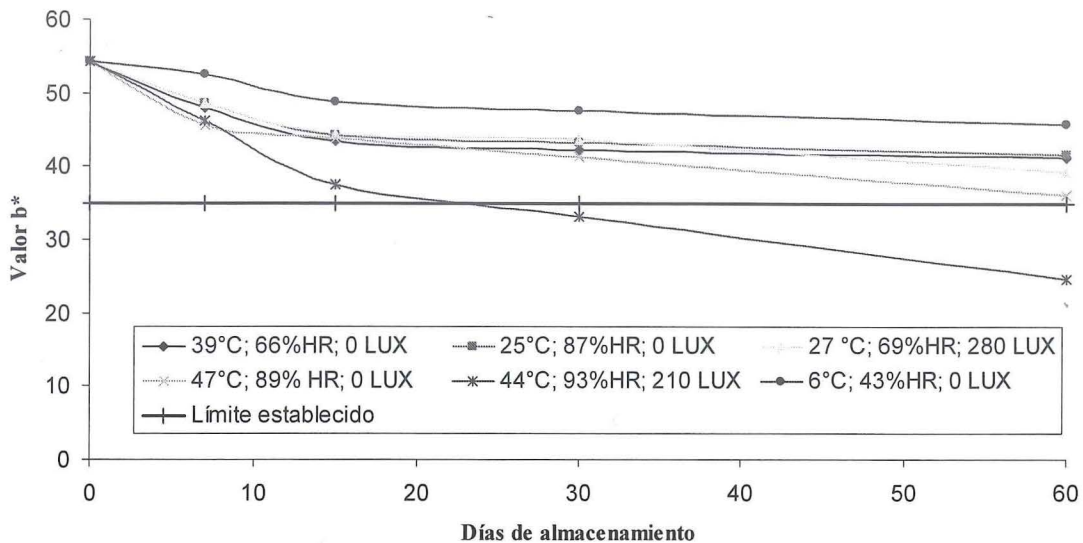


Figura 3. Comportamiento del valor b\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 4. Cambios en el valor b\* de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	54.30 <sup>aA</sup>	49.93 <sup>bB</sup>	44.95 <sup>cB</sup>	42.32 <sup>dB</sup>	41.81 <sup>dB</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	54.30 <sup>aA</sup>	48.57 <sup>bB</sup>	44.30 <sup>cB</sup>	42.39 <sup>dB</sup>	40.69 <sup>eBC</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	54.30 <sup>aA</sup>	48.69 <sup>bB</sup>	44.31 <sup>cB</sup>	43.66 <sup>cB</sup>	39.36 <sup>dC</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	54.30 <sup>aA</sup>	47.53 <sup>bBC</sup>	42.78 <sup>cC</sup>	39.26 <sup>dC</sup>	35.10 <sup>eD</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	54.30 <sup>aA</sup>	46.13 <sup>bC</sup>	40.54 <sup>cD</sup>	37.08 <sup>dD</sup>	31.65 <sup>eE</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	54.30 <sup>aA</sup>	51.41 <sup>bA</sup>	48.40 <sup>cA</sup>	47.60 <sup>cA</sup>	44.88 <sup>dA</sup>

#### 4.4. CAMBIOS EN TEXTURA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

La fuerza requerida para quebrar las tajaditas de plátano evaluadas en el estudio fue 0.0116 KN al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 4). En ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% el valor de la textura aumentó significativamente (Cuadro 5). Esto se debió principalmente a que las tajaditas de plátano absorbieron humedad del ambiente. La textura de las tajaditas de plátano al día 0 fue crocante, mientras que a los 60 días del estudio fue huloso. El cambio en textura se dio debido al aumento en humedad del producto. El cambio en textura de crocante (de fácil rompimiento) a huloso causó mayor esfuerzo de penetración en el acople del Instron (guillotina). Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un ascenso significativo en textura (15.32%) a los 60 días del estudio. Las tajaditas de plátano a 47°C de temperatura,

89% de humedad relativa y 210 lux de iluminación fueron las que tuvieron mayor aumento significativo sobre los demás ambientes (24.67%).

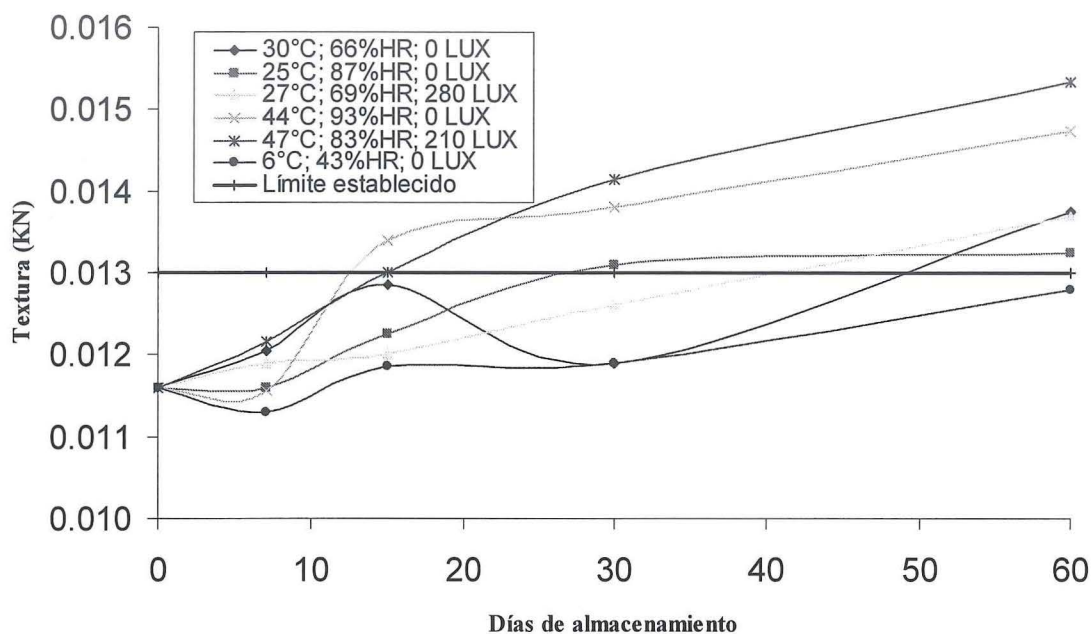


Figura 4. Comportamiento de la textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 5. Cambios en textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	0.0116 <sup>eA</sup>	0.0121 <sup>dA</sup>	0.0129 <sup>bA</sup>	0.0121 <sup>cE</sup>	0.0138 <sup>aC</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	0.0116 <sup>eA</sup>	0.0116 <sup>dB</sup>	0.0123 <sup>cD</sup>	0.0129 <sup>bD</sup>	0.0133 <sup>aD</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	0.0116 <sup>eA</sup>	0.0122 <sup>dA</sup>	0.0127 <sup>cB</sup>	0.0133 <sup>bC</sup>	0.0137 <sup>aC</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	0.0116 <sup>dA</sup>	0.0117 <sup>dB</sup>	0.0125 <sup>cC</sup>	0.0139 <sup>bB</sup>	0.0148 <sup>aB</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	0.0116 <sup>eA</sup>	0.0122 <sup>dA</sup>	0.0130 <sup>cA</sup>	0.0141 <sup>bA</sup>	0.0152 <sup>aA</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	0.0116 <sup>cA</sup>	0.0116 <sup>cB</sup>	0.0119 <sup>bE</sup>	0.0120 <sup>bE</sup>	0.0128 <sup>aE</sup>

#### 4.5. CAMBIOS EN ACTIVIDAD DE AGUA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

La actividad de agua de las tajaditas de plátano evaluadas en el estudio fue 0.22 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 5). En la Figura 5 se observa cómo se comportaron los valores de actividad de agua ( $A_w$ ) durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% el valor de actividad aumentó significativamente (Cuadro 6). Esto se debió principalmente al aumento en la humedad, lo cual hace al producto más accesible al crecimiento de microorganismos. Las variables que influenciaron mayormente en este aumento en actividad de agua fueron la temperatura y la humedad relativa. Una mayor temperatura facilitó que el vapor de agua (humedad en el ambiente) se adhiriera al producto.

Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron ascenso significativo de 31.25% a los 60 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano bajo condiciones de almacenamiento de mayor temperatura y mayor humedad relativa (47°C-89% HR-210 lux y 44°C- 93% HR-0 lux) presentaron un aumento significativo en actividad de agua de 55.80% y 50.75% respectivamente.

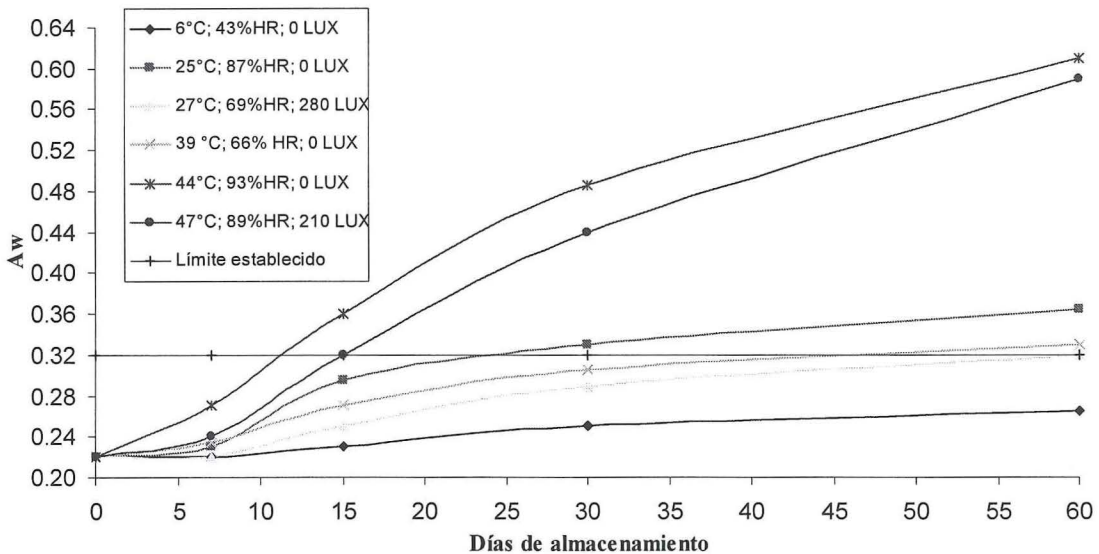


Figura 5. Comportamiento de la actividad de agua de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 6. Cambios en actividad de agua de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	0.20 <sup>cA</sup>	0.22 <sup>bB</sup>	0.22 <sup>bE</sup>	0.25 <sup>aE</sup>	0.26 <sup>aE</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	0.20 <sup>dA</sup>	0.23 <sup>dAB</sup>	0.28 <sup>cC</sup>	0.32 <sup>bC</sup>	0.36 <sup>aC</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	0.20 <sup>eA</sup>	0.22 <sup>dB</sup>	0.25 <sup>cD</sup>	0.29 <sup>bD</sup>	0.32 <sup>aD</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	0.20 <sup>eA</sup>	0.24 <sup>dA</sup>	0.32 <sup>cB</sup>	0.43 <sup>bB</sup>	0.57 <sup>aB</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	0.20 <sup>eA</sup>	0.22 <sup>dB</sup>	0.34 <sup>cA</sup>	0.46 <sup>bA</sup>	0.59 <sup>aA</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	0.20 <sup>cA</sup>	0.22 <sup>cB</sup>	0.26 <sup>bD</sup>	0.29 <sup>aD</sup>	0.32 <sup>aD</sup>

#### 4.6. CAMBIOS EN HUMEDAD DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

La actividad de agua de las tajaditas de plátano fue 2.3% al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 6).

En la Figura 6 se observa cómo se comportaron los valores de humedad durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En los ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% el valor de humedad aumentó significativamente (Cuadro 7), esto se debió principalmente a las condiciones que se encontraban: elevada temperatura y exceso de humedad en el ambiente. Los resultados de la evaluación sensorial realizada por los panelistas sirvieron para establecer un límite de 5% de humedad, para determinar cuando las tajaditas de plátano sufren el cambio de estado crocante a huloso.

Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un ascenso significativo de 41.17% a los 60 días del estudio. Las tajaditas de plátano bajo condiciones de almacenamiento de mayor temperatura y mayor humedad relativa (47°C- 89% HR-210 lux y 44°C- 93% HR-0 lux) presentaron un aumento significativo en actividad de agua de 58.73% y 55.96% respectivamente.

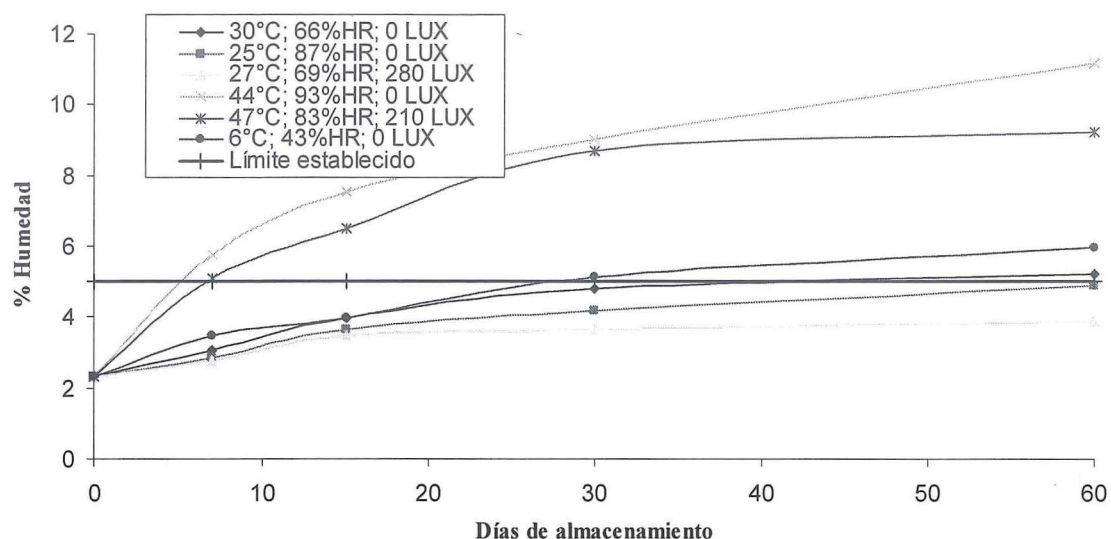


Figura 6. Comportamiento de la humedad de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 7. Cambios en humedad de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	2.30 <sup>dA</sup>	3.08 <sup>cB</sup>	3.21 <sup>cC</sup>	4.28 <sup>bD</sup>	5.20 <sup>aC</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	2.30 <sup>eA</sup>	2.86 <sup>dC</sup>	3.56 <sup>cC</sup>	4.20 <sup>bD</sup>	4.88 <sup>aD</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	2.30 <sup>bA</sup>	2.77 <sup>bC</sup>	3.47 <sup>aC</sup>	3.63 <sup>aC</sup>	3.91 <sup>aE</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	2.30 <sup>eA</sup>	5.74 <sup>dA</sup>	7.54 <sup>cA</sup>	9.01 <sup>bA</sup>	11.18 <sup>aA</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	2.30 <sup>eA</sup>	5.09 <sup>dA</sup>	6.50 <sup>cB</sup>	8.30 <sup>bB</sup>	9.23 <sup>aB</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	2.30 <sup>cA</sup>	2.46 <sup>cC</sup>	3.98 <sup>bC</sup>	5.52 <sup>aC</sup>	5.97 <sup>aC</sup>

#### 4.7. CAMBIOS EN ÍNDICE DE PERÓXIDOS DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El índice de peróxidos de las tajaditas de plátano evaluadas fue 0 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 7). En la Figura 7 se observa cómo se comportaron los índices de peróxidos durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En los ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% la concentración de meq (mili equivalentes) de peróxidos / Kg de producto aumentó significativamente (Cuadro 8). Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un ascenso significativo de 11.84 meq de peróxidos/Kg de producto a los 60 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano bajo condiciones de almacenamiento de mayor temperatura y mayor humedad relativa (47°C-89% HR-210 lux y 44°C- 93% HR-0 lux) presentaron un aumento significativo en índice de peróxidos de 17.40 y 19.83 meq de peróxidos/Kg de producto

respectivamente sobrepasando el límite (10 meq de peróxidos/Kg de producto) a los 15 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano almacenadas a 6°C de temperatura, 43% de humedad relativa y 0 lux de iluminación nunca sobrepasó el límite, razón por la cual no presentó rancidez. La rancidez fue acelerada por las elevadas temperaturas e iluminación.

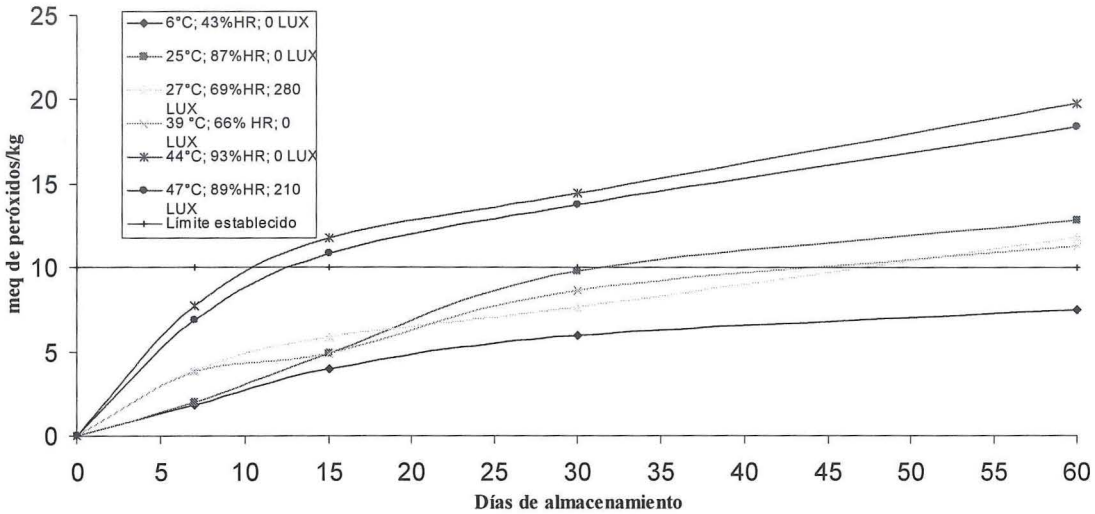


Figura 7. Comportamiento del índice de peróxidos de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 8. Cambios en índice de peróxidos de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambientes	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	0 <sup>dA</sup>	2.58 <sup>cB</sup>	4.30 <sup>cB</sup>	6.73 <sup>bC</sup>	10.67 <sup>aC</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	0 <sup>cA</sup>	2.30 <sup>cB</sup>	4.58 <sup>bB</sup>	8.07 <sup>aB</sup>	10.50 <sup>aC</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	0 <sup>dA</sup>	2.62 <sup>cB</sup>	4.57 <sup>bB</sup>	6.44 <sup>bC</sup>	9.75 <sup>aC</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	0 <sup>dA</sup>	7.86 <sup>cA</sup>	10.52 <sup>bCA</sup>	13.53 <sup>aA</sup>	16.11 <sup>aB</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	0 <sup>dA</sup>	7.76 <sup>cA</sup>	11.75 <sup>bcA</sup>	14.43 <sup>bA</sup>	19.83 <sup>aA</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	0 <sup>dA</sup>	1.84 <sup>cC</sup>	4.00 <sup>bB</sup>	5.93 <sup>bC</sup>	7.52 <sup>aD</sup>

#### 4.8. CAMBIOS EN VALOR TBA (ÁCIDO TIOBARBITÚRICO) DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

La concentración de malonaldehído / Kg de tajaditas de plátano fue 0.0072 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 8). En la Figura 8 se observa cómo se comportaron los valores de TBA durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En los ambientes con temperatura mayor a 40°C y humedad relativa superior a 80% las concentraciones de malonaldehído/Kg de tajaditas de plátano aumentaron significativamente (Cuadro 9).

Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un ascenso significativo de 80.16% a los 60 días del estudio. Las tajaditas de plátano bajo condiciones de almacenamiento de mayor temperatura y mayor humedad relativa (47°C-89% HR-210 Lux y 44°C- 93% HR-0 lux) presentaron un aumento significativo de malonaldehído/Kg de 220.32% y 206.30% respectivamente sobrepasando el límite (0.20 malonaldehído/Kg) a los 30 días de haber sido realizado el estudio. Las tajaditas de plátano almacenadas a 6°C de temperatura, 43% de humedad relativa y 0 lux de iluminación nunca sobrepasó el límite, razón por la cual no presentó rancidez.

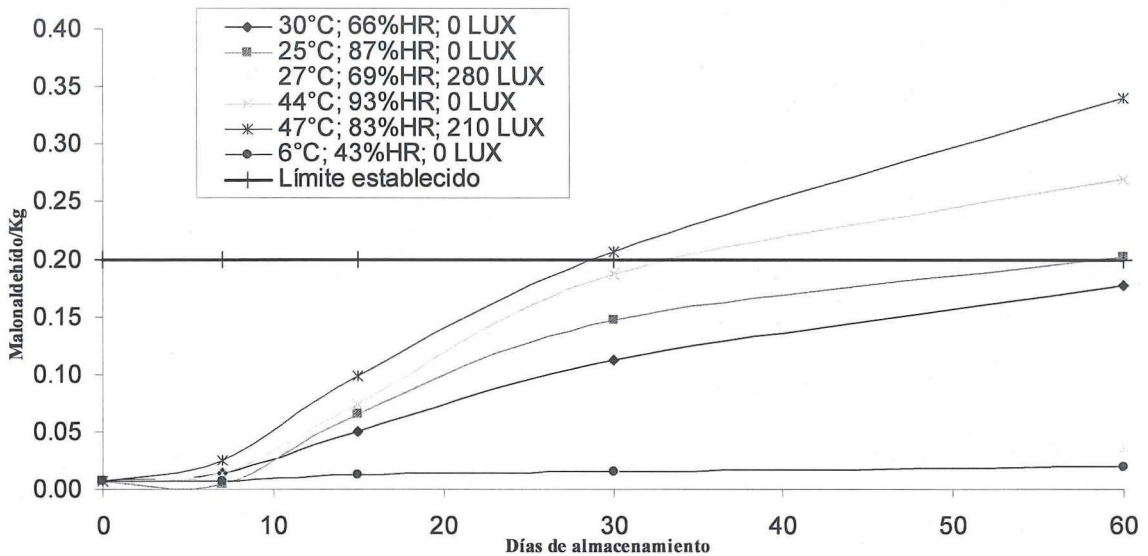


Figura 8. Comportamiento del valor TBA de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 9. Cambios en valor TBA de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	0.007 <sup>dA</sup>	0.014 <sup>cC</sup>	0.050 <sup>bE</sup>	0.112 <sup>aD</sup>	0.177 <sup>aC</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	0.007 <sup>dA</sup>	0.015 <sup>cC</sup>	0.087 <sup>cC</sup>	0.127 <sup>bC</sup>	0.172 <sup>aD</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	0.007 <sup>eA</sup>	0.010 <sup>deD</sup>	0.052 <sup>cD</sup>	0.080 <sup>bE</sup>	0.0116 <sup>aE</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	0.007 <sup>eA</sup>	0.019 <sup>dB</sup>	0.094 <sup>cB</sup>	0.187 <sup>bB</sup>	0.269 <sup>aB</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	0.007 <sup>eA</sup>	0.025 <sup>dA</sup>	0.099 <sup>cA</sup>	0.206 <sup>bA</sup>	0.290 <sup>aA</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	0.007 <sup>eA</sup>	0.007 <sup>cE</sup>	0.012 <sup>bF</sup>	0.015 <sup>aF</sup>	0.019 <sup>aF</sup>

302552

#### 4.9. CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO MICROBIOLÓGICO DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

Los conteos de unidades formadoras de colonias (UFC) de mohos y levaduras de las tajaditas de plátano fueron 2 UFC/ml al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 9). En la Figura 9 se observa cómo se comportaron los conteos de mohos y levaduras durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). Las tajaditas de plátano almacenadas en todos los ambientes evaluados presentaron un incremento significativo (Cuadro 10) de conteos de mohos y levaduras. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un aumento de 94.66% en conteos de mohos y levaduras a los 60 días del estudio.

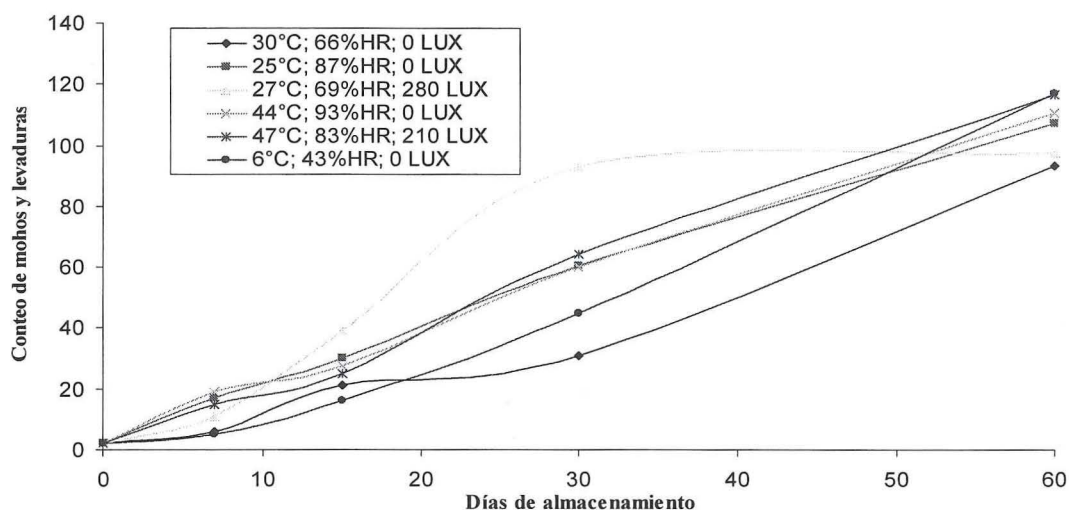


Figura 9. Comportamiento del conteo de mohos y levaduras (UFC/ml) de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 10. Cambios en conteos de mohos y levaduras (UFC/ml) de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	2.00 <sup>eA</sup>	6.00 <sup>dF</sup>	21.00 <sup>cE</sup>	31.00 <sup>bE</sup>	93.00 <sup>aE</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	2.00 <sup>eA</sup>	17.00 <sup>dB</sup>	30.00 <sup>cB</sup>	60.00 <sup>bC</sup>	107.33 <sup>aC</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	2.00 <sup>eA</sup>	11.00 <sup>dD</sup>	39.00 <sup>cA</sup>	88.00 <sup>bA</sup>	97.00 <sup>aD</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	2.00 <sup>eA</sup>	19.00 <sup>dA</sup>	27.00 <sup>cC</sup>	60.00 <sup>bC</sup>	110.66 <sup>aB</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	2.00 <sup>eA</sup>	15.00 <sup>dC</sup>	25.00 <sup>cD</sup>	64.10 <sup>bB</sup>	116.66 <sup>aA</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	2.00 <sup>eA</sup>	8.00 <sup>dE</sup>	16.00 <sup>cF</sup>	45.00 <sup>bD</sup>	117.33 <sup>aA</sup>

#### 4.10. CAMBIOS EN APARIENCIA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor del atributo apariencia de las tajaditas de plátano evaluadas fue 4.26 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 10).

En la figura 10 se observa el comportamiento de apariencia evaluado por los panelistas durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). El atributo apariencia evaluado por los panelistas disminuyó significativamente (Cuadro 11) en los ambientes mayores a 40°C y humedades relativas superiores a 80%. Con los resultados obtenidos se estableció como límite 4 (me agrada poco) para el atributo apariencia con el propósito de determinar el momento en que las tajaditas de plátano sufrieron el cambio en su aspecto de buena a mala apariencia. El cambio en apariencia ocurrió a partir del día 30. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un aumento significativo de 54.60% a los 60 días del estudio.

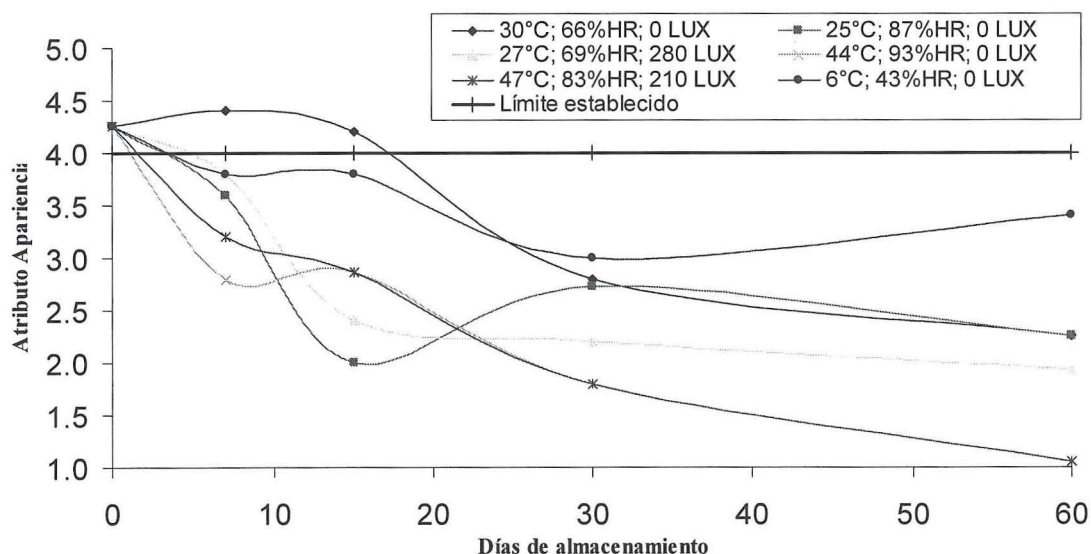


Figura 10. Comportamiento del atributo apariencia de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 11. Cambios en apariencia de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	4.4 <sup>aA</sup>	4.2 <sup>aA</sup>	2.8 <sup>bB</sup>	2.2 <sup>bB</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.6 <sup>bC</sup>	2.4 <sup>cD</sup>	2.6 <sup>cC</sup>	2.2 <sup>cB</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.8 <sup>bB</sup>	2.4 <sup>bD</sup>	2.3 <sup>bD</sup>	1.9 <sup>cC</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	4.26 <sup>aA</sup>	2.8 <sup>bE</sup>	2.5 <sup>bD</sup>	1.9 <sup>cE</sup>	1.0 <sup>dD</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.4 <sup>bD</sup>	2.8 <sup>cC</sup>	1.9 <sup>dE</sup>	1.0 <sup>eD</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.8 <sup>bB</sup>	3.8 <sup>bB</sup>	3.2 <sup>cA</sup>	3.4 <sup>cA</sup>

#### 4.11. CAMBIOS EN TEXTURA DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor del atributo textura de las tajaditas de plátano evaluadas fue 4.26 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 11). En la Figura 11 se observa cómo se comportaron los valores del atributo textura evaluada por los panelistas durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En las tajaditas de plátano almacenadas a temperaturas mayores a 40°C y humedades relativas superiores a 80%, el atributo textura evaluado por los panelistas disminuyó significativamente (Cuadro 12). Con los resultados obtenidos se estableció como límite 4 (me agrada poco) para el atributo textura con el propósito de determinar el momento en que las tajaditas de plátano sufren un cambio de estado crocante a huloso. El cambio ocurre a partir del día 30. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un aumento significativo de 57.74% a los 60 días del estudio.

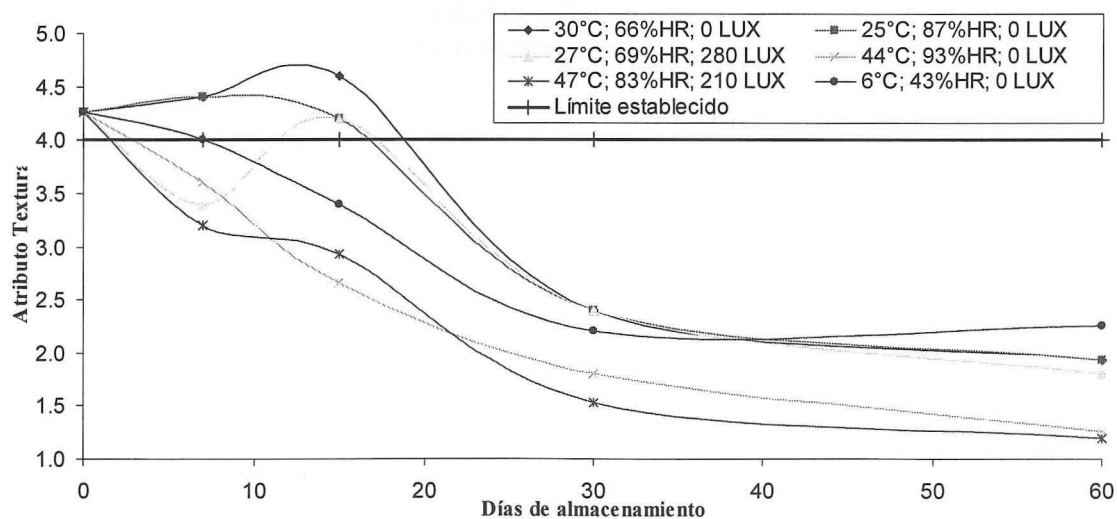


Figura 11. Comportamiento del atributo textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 12. Cambios en textura de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	4.40 <sup>aA</sup>	3.60 <sup>bB</sup>	2.40 <sup>bA</sup>	1.93 <sup>cB</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	4.40 <sup>aA</sup>	4.30 <sup>aA</sup>	2.40 <sup>bA</sup>	1.93 <sup>cB</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	4.26 <sup>aA</sup>	4.18 <sup>aB</sup>	3.40 <sup>bC</sup>	2.40 <sup>cA</sup>	1.80 <sup>dB</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.60 <sup>bD</sup>	2.66 <sup>cD</sup>	1.90 <sup>dB</sup>	1.26 <sup>eC</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	3.20 <sup>bE</sup>	2.73 <sup>cD</sup>	1.73 <sup>dC</sup>	1.20 <sup>eD</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	4.26 <sup>aA</sup>	4.00 <sup>aC</sup>	3.40 <sup>bC</sup>	2.31 <sup>cA</sup>	2.26 <sup>cA</sup>

#### 4.12. CAMBIOS EN RANCIDEZ DURANTE 60 DÍAS DE ALMACENAMIENTO BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE DETERIORO

El valor del atributo rancidez de las tajaditas de plátano evaluadas fue 4.93 al inicio del estudio (día 0), ya que sólo se evaluó una muestra por los seis ambientes (Figura 12).

En la Figura 12 se observa cómo se comportaron los valores del atributo rancidez dado por los panelistas durante el tiempo que se realizó el estudio (60 días). En las tajaditas de plátano almacenadas a temperaturas mayores a 40°C y humedades relativas superiores a 80% el valor de rancidez evaluado por los panelistas disminuyó significativamente (Cuadro 13). Con los resultados obtenidos se estableció como límite 4 (me agrada poco) para el atributo rancidez con el propósito de determinar el momento en que las tajaditas de plátano pasan de estado normal a rancio. El cambio ocurre a partir del día 30. Las tajaditas de plátano almacenadas en ambiente normal de Zamorano (27°C de temperatura, 69% de humedad relativa y 280 lux de iluminación (luz solar)) presentaron un aumento significativo de 55.37% a los 60 días de haber sido realizado el estudio. Los ambientes con mayor temperatura, humedad relativa e iluminación (47°C-89% HR-210 lux y 44°C-93% HR-0 lux) presentaron una disminución significativa en rancidez llegando a un valor 1 (muy rancio).

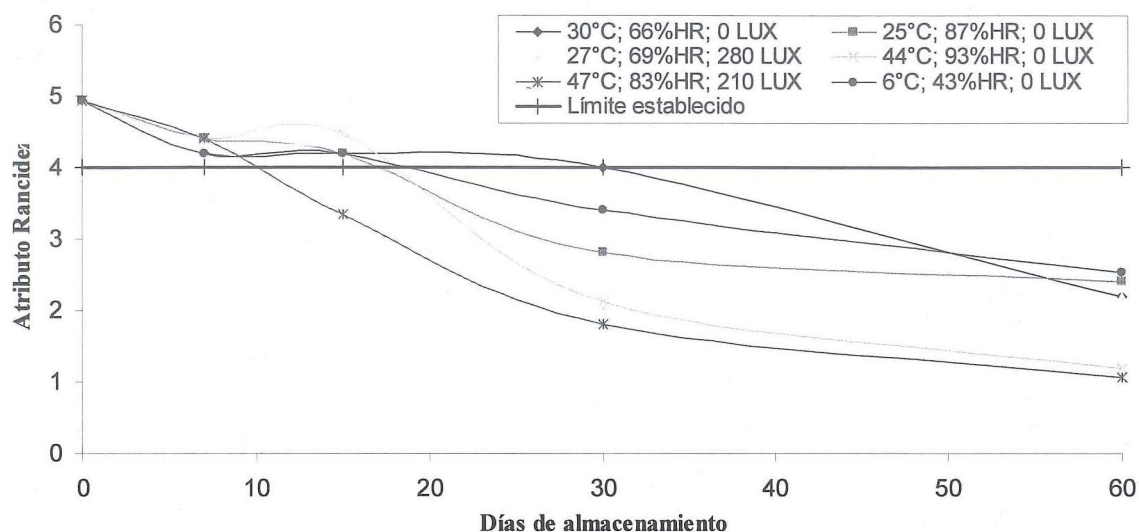


Figura 12. Comportamiento del atributo rancidez de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Cuadro 13. Cambios en rancidez de las tajaditas de plátano durante los 60 días de almacenamiento.

Ambiente	Días				
	0	7	15	30	60
39°C; 66% HR; 0 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.20 <sup>bB</sup>	4.20 <sup>bA</sup>	3.50 <sup>cA</sup>	2.20 <sup>dB</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.40 <sup>bA</sup>	4.20 <sup>bA</sup>	2.80 <sup>cB</sup>	2.40 <sup>dA</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.30 <sup>bAB</sup>	4.10 <sup>bA</sup>	2.80 <sup>cB</sup>	2.20 <sup>dB</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.20 <sup>bB</sup>	3.56 <sup>cB</sup>	2.13 <sup>dC</sup>	1.20 <sup>eC</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.40 <sup>bA</sup>	3.33 <sup>cB</sup>	1.80 <sup>dD</sup>	1.06 <sup>eC</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	4.93 <sup>aA</sup>	4.20 <sup>bB</sup>	4.10 <sup>bA</sup>	3.40 <sup>cA</sup>	2.53 <sup>dA</sup>

#### 4.13. ANÁLISIS DE CORRELACIONES

Cuadro 14. Correlaciones de las variables físicas, químicos y sensoriales vs. la variable días (0, 7, 15, 30 y 60).

<b>Parámetro</b>	<b>Días</b>
Valor L*	-0.86 < .0001
Valor a*	-0.69 < .0001
Valor b*	-0.62 < .0003
Textura	0.71 < .0001
Humedad	0.61 < .0003
Actividad de agua	0.89 < .0001
Índice de peróxidos	0.90 < .0001
TBA	0.70 < .0001
Mohos y levaduras	0.79 < .0001
Atributo apariencia	-0.75 < .0001
Atributo textura	-0.83 < .0001
Atributo rancidez	-0.82 < .0001

#### 4.14. CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICE DE PERÓXIDOS VS. TBA

Cuadro 15. Correlación entre IP y TBA.

<b>Parámetro</b>	<b>Índice de peróxidos</b>
TBA	0.89 < .0001

Es de suma importancia saber qué tanto está relacionado el valor TBA con los índices de peróxidos, ya que ambos son los factores más importantes para la determinación de rancidez oxidativa. La correlación entre estas dos variables fue alta positiva.

#### 4.15. CORRELACIÓN ENTRE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES VS. LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Cuadro 16. Correlación entre los atributos sensoriales y los parámetros físico-químicos.

Parámetro	Atributo apariencia	Atributo textura	Atributo rancidez
Valor L*	0.86 < .0001		
Valor a*	0.69 < .0001		
Valor b*	0.62 < .0001		
Textura (Instron)		-0.75 < .0001	
TBA			-0.79 < .0001
Índice de peróxidos			-0.87 < .0001

Se realizó una correlación entre los valores de color medidos en el colorflex Hunter L\*a\*b\* y el atributo sensorial apariencia. El valor L\* mostró una alta correlación positiva con el atributo apariencia, en cambio los valores de a y b presentaron una baja correlación positiva.

El atributo sensorial textura mostró una baja correlación positiva con el análisis físico de textura medida en el Instron.

Se realizó una correlación entre el atributo rancidez vs. las variables TBA e índice de peróxidos. El valor TBA tuvo una correlación baja negativa en comparación al valor índice de peróxidos que mostró una correlación alta positiva.

#### 4.16. ECUACIÓN DE ESTIMACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL BAJO CONDICIONES ACELERADAS

Para el desarrollo del modelo de la ecuación de predicción se utilizaron las variables con mayor índice de correlación contra el número de días, las cuales fueron: índice de peróxidos, actividad de agua y valor L\*.

Cuadro 17. Correlaciones entre parámetros-relacionados como indicadores de deterioro y el tiempo de almacenamiento.

Parámetro	Días
Valor L*	-0.86 < .0001
Actividad de agua	0.89 < .0001
Índice de peróxidos	0.90 < .0001

Con estas variables se realizó un análisis de regresión para obtener el día exacto en que el producto llegará a su estado rancio para cada ambiente.

#### 4.16.1. Valor L\*

El valor L\* utilizado para límite de vida de anaquel del producto fue 52. Este valor se obtuvo de las comparaciones entre la evaluación sensorial (atributo apariencia) y el análisis físico de color.

1. 39° C; 66% HR; 0 lux.-  $y = -0.1935x + 62.765$ ,  $R^2 = 0.8668$ .
2. 25° C; 87% HR; 0 lux.-  $y = -0.2235x + 62.675$ ,  $R^2 = 0.8356$ .
3. 27° C; 69% HR; 280 lux.-  $y = -0.1307x + 62.592$ ,  $R^2 = 0.7618$ .
4. 47° C; 89% HR; 210 lux.-  $y = -0.3109x + 60.178$ ,  $R^2 = 0.8103$ .
5. 44° C; 93% HR; 0 lux.-  $y = -0.341x + 59.892$ ,  $R^2 = 0.8328$ .
6. 6° C; 43% HR; 0 lux.-  $y = -0.1952x + 63.876$ ,  $R^2 = 0.937$ .

Cuadro 18. Vida útil calculados con base en el valor L\*.

Ambiente	Días
39°C; 66% HR; 0 lux	53
25°C; 87%HR; 0 lux	51
27°C; 69%HR; 280 lux	56
47°C; 89%HR; 210 lux	44
44°C; 93%HR; 0 lux	42
6°C; 43%HR; 0 lux	54

#### 4.16.2. Actividad de agua

El valor de actividad de agua para límite de vida de anaquel del producto fue 0.32. Este valor se obtuvo de las comparaciones entre la evaluación sensorial (atributo textura) y el análisis químico de actividad de agua.

1. 39° C; 66% HR; 0 lux.-  $y = 0.0018x + 0.2307$ ,  $R^2 = 0.9047$ .

2. 25° C; 87% HR; 0 lux.-  $y = 0.0025x + 0.2328$ ,  $R^2 = 0.8735$ .
3. 27° C; 69% HR; 280 lux.-  $y = 0.0018x + 0.2198$ ,  $R^2 = 0.9375$ .
4. 47° C; 89% HR; 210 lux.-  $y = 0.0064x + 0.2183$ ,  $R^2 = 0.9831$ .
5. 44° C; 93% HR; 0 lux.-  $y = 0.0066x + 0.2419$ ,  $R^2 = 0.9608$ .
6. 6° C; 43% HR; 0 lux.-  $y = 0.0008x + 0.2187$ ,  $R^2 = 0.9521$ .

Cuadro 19. Vida útil calculada con base en la actividad de agua.

Ambiente	Días
39°C; 66% HR; 0 lux	50
25°C; 87%HR; 0 lux	47
27°C; 69%HR; 280 lux	56
47°C; 89%HR; 210 lux	21
44°C; 93%HR; 0 lux	16
6°C; 43%HR; 0 lux	73

#### 4.16.3. Índice de peróxidos

El valor de índice de peróxidos utilizado para límite de vida de anaquel del producto es 10. Este valor se obtuvo de las comparaciones entre la evaluación sensorial (atributo rancidez) y el análisis químico de índice de peróxidos.

1. 39° C; 66% HR; 0 lux.-  $y = -5.46803 + 5.73483x$ ,  $R^2 = 0.9009$ .
2. 25° C; 87% HR; 0 lux.-  $y = -4.9076 + 5.36803x$ ,  $R^2 = 0.9275$ .
3. 27° C; 69% HR; 280 lux.-  $y = -6.6346 + 6.21061x$ ,  $R^2 = 0.9148$ .
4. 47° C; 89% HR; 210 lux.-  $y = -9.41257 + 3.31255x$ ,  $R^2 = 0.8418$ .
5. 44° C; 93% HR; 0 lux.-  $y = -8.28377 + 3.04973x$ ,  $R^2 = 0.8391$ .
6. 6° C; 43% HR; 0 lux.-  $y = -4.21637 + 7.74868x$ ,  $R^2 = 0.8771$ .

Cuadro 20. Vida útil calculada con base en los índices de peróxidos.

Parámetro	Días
39°C; 66% HR; 0 lux	52
25°C; 87%HR; 0 lux	49
27°C; 69%HR; 280 lux	55
47°C; 89%HR; 210 lux	24
44°C; 93%HR; 0 lux	22
6°C; 43%HR; 0 lux	77

#### 4.17. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE DÍAS DE VIDA ÚTIL DE LAS TAJADITAS DE PLÁTANO.

Se realizó una separación de medias Tukey para determinar si entre los valores obtenidos existieron diferencias significativas y se obtuvieron los siguientes resultados

Cuadro 21. Vida útil de tajaditas de plátano predichos de acuerdo a las variables L\*, IP y Aw.

Ambiente	Días		
	Valor L*	IP	Aw
39°C; 66% HR; 0 lux	53±1.60 <sup>a</sup>	51±1.60 <sup>a</sup>	49±1.60 <sup>a</sup>
25°C; 87%HR; 0 lux	51±2.09 <sup>a</sup>	48±2.09 <sup>b</sup>	47±2.09 <sup>b</sup>
27°C; 69%HR; 280 lux	56±0.16 <sup>a</sup>	55±0.16 <sup>a</sup>	56±0.16 <sup>a</sup>
47°C; 89%HR; 210 lux	44±12.72 <sup>a</sup>	23±12.72 <sup>b</sup>	21±12.72 <sup>b</sup>
44°C; 93%HR; 0 lux	42±13.52 <sup>a</sup>	22±13.52 <sup>b</sup>	20±13.52 <sup>b</sup>
6°C; 43%HR; 0 lux	54±12.36 <sup>b</sup>	76±12.36 <sup>a</sup>	73±12.36 <sup>a</sup>

Se obtuvo un promedio de los valores de número de días predichos que no presentaron diferencias significativas:

1. 39° C; 66% HR; 0 lux.- promedio del valor L, índice de peróxidos y actividad de agua.
2. 25° C; 87% HR; 0 lux.- promedio de índice de peróxidos y actividad de agua.
3. 27° C; 69% HR; 280 lux.- promedio del valor L, índice de peróxidos y actividad de agua.
4. 47° C; 89% HR; 210 lux.- promedio de índice de peróxidos y actividad de agua.
5. 44° C; 93% HR; 0 lux.- promedio del valor L, índice de peróxidos y actividad de agua.
6. 6° C; 43% HR; 0 lux.- promedio de índice de peróxidos y actividad de agua.

Cuadro 22. Promedio de los días predichos de las variables valor L\*, IP y Aw.

Ambiente	Vida útil (días)
39°C; 66% HR; 0 lux	51
25°C; 87%HR; 0 lux	49
27°C; 69%HR; 280 lux	56
47°C; 89%HR; 210 lux	22
44°C; 93%HR; 0 lux	21
6°C; 43%HR; 0 lux	75

Los valores presentados en el cuadro fueron utilizados mediante un análisis de regresión contra las variables de temperatura, humedad relativa e iluminación de los 6 ambientes en la cual se encontraba el producto y así poder obtener la siguiente ecuación de predicción.

Vida de anaquel de las tajadas de plátano (días) = 108.19518 - 0.54141Humedad relativa (%) - 0.71566Temperatura - 0.00114Iluminación (LUX).

La ecuación presenta un R<sup>2</sup> de 0.92 y un R<sup>2</sup> ajustado de 0.87.

El intercepto de la ecuación es de 108.19518, esto significa que si sometemos a las tajaditas de plátano a un ambiente de temperatura de  $0^{\circ}$  C (congelación), a una humedad relativa de 0% (sin vapor de agua en el ambiente) y a una iluminación de 0 LUX (sin iluminación), el producto tendrá una vida de anaquel de 108 días. Los factores con mayor influencia en la ecuación son la temperatura y la humedad relativa debido a los valores de las pendientes de 0.71566 y 0.5414 respectivamente. La iluminación no es un factor de mucho peso en la ecuación. Esta ecuación servirá sólo para tajaditas de plátano, el cual colocando los datos de temperatura, humedad relativa e iluminación del ambiente en el que se encuentra el producto obtener el número de días que éste permanecerá estable en anaquel.

## 5. CONCLUSIONES

- La ecuación de predicción de vida de anaquel de las tajaditas de plátano es de Vida de anaquel de las tajadas de plátano (días) =  $108.19518 - 0.54141 \text{Humedad relativa (\%)} - 0.71566 \text{Temperatura} - 0.00114 \text{Iluminación (LUX)}$ .
- Las variables que presentaron mayor índice de correlación con el número de días fueron: color (Valor L), índice de peróxidos y actividad de agua.
- La calidad de las tajaditas de plátano disminuyó significativamente en propiedades como sabor, textura y aroma en condiciones normales de Zamorano y este fue mayor bajo condiciones aceleradas.
- Los ambientes con 44° C-93% HR- 0 LUX y 5 47° C- 89% HR- 210 LUX, fueron los que presentaron mayores cambios físico-químicos, debido a las condiciones ambientales de aceleramiento que fueron sometidas.
- Un día bajo las condiciones normales ambientales en Zamorano representan aproximadamente 4 días bajo las condiciones de almacenamiento con más alta temperatura, humedad relativa e iluminación (44° C-93% HR- 0 LUX y 5 47° C- 89% HR- 210 LUX).

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de vida de anaquel con un mayor número de ambientes (12), para así poder abarcar la mayor cantidad de ambientes posibles y reducir el error experimental.
- Validar la ecuación con los resultados de otros tipos de tajaditas de plátano.
- Determinar el costo de realizar estudios acelerados de vida en anaquel por parte del Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) bajo las condiciones aceleradas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrocadenas, 2006. Agroindustria. La industria procesadora de papa, plátano y yuca: El mercado de pasabolas (snacks) y congelados en Colombia (en línea). Consultado el 24 de noviembre de 2006. Disponible en: [http://www.agrocadenas.gov.co/platano/platano\\_agroindustria.htm](http://www.agrocadenas.gov.co/platano/platano_agroindustria.htm).
- Campos, Luciana L. Influencia de la interacción con nitrógeno en la vida de anaquel de la leche en polvo integral acondicionada en empaques metalizados flexibles. Tesis (Ciencia y tecnología agroindustrial). Río de Janeiro, Brasil, Universidad Federal de Río de Janeiro, departamento de ciencia y tecnología de alimentos, 1998. 118p.
- Carpigiani, Rodríguez A. Vida de anaquel de guayabas minimamente procesadas acondicionadas en empaques con atmósfera modificada. Tesis (ciencia y tecnología agroindustrial). Sao Paulo, Brasil, Universidad de Campinas, departamento de ciencia y tecnología de alimentos, 2003. 103p.
- Cavalcante, Costa J. Modelo Weibull con parámetros dependientes de covariables: Aplicación en determinación de vida de anque. Tesis (Ciencia exactas). Minas Gerais, Brasil, Universidad federal de Minas Gerais, departamento de estadística, 2005. 160p.
- Daos, 2007. Temperatura (en línea). Consultado el 23 de agosto de 2007. disponible en: [http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/temperature\\_sp\\_06sep01.html](http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/temperature_sp_06sep01.html).
- Depósitos de documentos de la FAO, 2005. Mohos y levaduras (en línea). Consultado el 2 de mayo del 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s07.htm>.
- Dinant, 2007. Vida de anaquel (en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2007. Disponible en: [http://www.dinant.com/productos\\_agricolas.php](http://www.dinant.com/productos_agricolas.php).
- FAO, 2007. Plátano verde (*musa paradisiaca*) (en línea). Consultado el 9 de agosto de 2007. Disponible en: <http://www.fao-sict.un.hn/practicass/unload/PROYECTO%20PLATANO1.pdf>.

- FEDNA, 2002. Índice de peróxidos (en línea). Consultado el 29 de octubre de 2002. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/analisis/ana37x.htm>.
- Iberpyme, 2006. Vida útil de productos alimenticios (en línea). Consultado el 3 de septiembre de 2007. Disponible en: <http://www.iberpymeonline.org/ForoCentroamericano/HondurasNuevaEsperanza.pdf>.
- Infoagro, 2002. El cultivo del plátano. Valor nutricional (en línea). Consultado el 25 de noviembre de 2006. Disponible en: [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm).
- Instituto Español de comercio exterior (ICEX), 2007. Crece la demanda para snacks bajos en calorías en Canadá (en línea). Consultado el 2 de mayo de 2007. Disponible en: <http://www.icex.es/icex/cda/controller/page/0,2956,35582html>.
- Martínez. V, 2006. Propiedades del plátano (en línea). Consultado el 25 de noviembre de 2006. Disponible en: <http://www.botanicalonline.com/platanos1.htm>.
- Navarro, 2007. Oxidación de los ácidos grasos (en línea). Consultado el 30 de octubre de 2007. Disponible en: <http://www.educacion.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vii/pdf/26GerardoNavarro.pdf>.
- Pacific Fruit LTD, 2003. Plátano verde. Bananos de cocción (en línea). Consultado el 25 de noviembre de 2006. Disponible en: [http://www.pacificfruit.jp/plantain\\_sp.html](http://www.pacificfruit.jp/plantain_sp.html).
- SAG, 2007. SAG y DOLE gestionan la producción de plátano de exportación (en línea). Consultado el 11 de octubre de 2007. Disponible en: [http://www.sag.gob.hn/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=257](http://www.sag.gob.hn/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=257)
- Sector 1, 2007. Rancidez oxidativa (en línea). Consultado el 3 de mayo de 2007. Disponible en: [http://www.setor1.com.br/analises/lipidios/r\\_ancox.htm](http://www.setor1.com.br/analises/lipidios/r_ancox.htm).
- Valenzuela, 2005. Humedad relativa (en línea). Consultado el 3 de mayo de 2007. Disponible en: <http://www.ig.csic.es/Revis/Fas47/Res47/Re47f38.html>.
- Vega, 2007. Humedad relativa (en línea). Consultado el 9 de agosto de 2007. Disponible en: <http://personal.telefonica.terra.es/web/cvvega/indexhr.htm>.
- Wikipedia, 2007. Iluminación (en línea). Consultado el 27 de agosto de 2007. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n\\_f%C3%ADsica](http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n_f%C3%ADsica).

- Wikipedia, 2007. Levaduras (en línea). Consultado el 12 de octubre de 2007. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Levadura>.
- Wikipedia, 2007. Mohos (en línea). Consultado el 12 de octubre de 2007. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Moho>
- Wikipedia, 2007. Lúmen (en línea). Consultado el 27 de agosto de 2007. disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lumen>.
- Wikipedia, 2007. Maillard (en línea). Consultado en 06 de noviembre de 2007. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reacci%C3%B3n\\_de\\_Maillard](http://es.wikipedia.org/wiki/Reacci%C3%B3n_de_Maillard).

## **8. ANEXOS**

## Anexo 1. Flujo de procesos para la elaboración de las tajaditas de plátano.

