

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**EFFECTOS DE CUBIERTAS DE QUITOSANO EN LA VIDA DE  
ANAQUEL DE PLATANO (*Musa cavendishii* L.) MINIMAMENTE  
PROCESADO**

**POR:**

**CESAR ALEJANDRO MARTINEZ DE LA PARRA**

**TESIS**

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**Ingeniero en Ciencia Y Tecnología de Alimentos**

Buenavista Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

POR:

CESAR ALEJANDRO MARTINEZ DE LA PARRA

Que somete a consideración del honorable jurado examinador  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADA

M.C. XOCHITL RUELAS CHACON

PRESIDENTE

DR. JESUS ALBERTO MELLADO BOSQUE

VOCAL

DRA. DOLORES GABRIELA MARTINEZ VAZQUEZ

VOCAL

M.C. OSCAR NOE REBOLOSO PADILLA

VOCAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DR. RAMIRO LOPEZ TRUJILLO  
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL  
COORDINACION DE CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por brindarme la oportunidad de culminar una de mis metas, por no dejarme solo en cada uno de los días de mi vida, gracias por acompañarme en los momentos difíciles y alegres de mi vida.

A mi “**ALMA MATER**”. Gracias a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dado la oportunidad de ser parte de sus filas, gracias por formarme tanto personal como profesionalmente, gracias por permitirme vivir tantos momentos en esta institución.

A **M.C. Xochitl Ruelas Chacón**, por haberme brindado su amistad y apoyo desde mis inicios dentro de esta institución, por permitirme formar parte de este proyecto para la culminación satisfactoria de mi preparación, por el tiempo y dedicación durante la investigación, por el cariño y apoyo brindado.

A **M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verastegui**, por el gran apoyo brindado durante este trabajo, por los consejos, la dedicación y el tiempo brindado, también por los conocimientos brindados.

A **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla**, por su apoyo, amistad durante mi tiempo en la institución y durante la realización del presente trabajo.

A **Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque**, por el apoyo brindado durante el presente trabajo.

A **Dra. Dolores Gabriela Martínez Vásquez**, por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación.

A los **Maestros**, que a lo largo de mi vida he tenido desde mis inicios como estudiante, por haberme brindado conocimientos y consejos que utilizare en lo largo de mi vida; agradezco especialmente a: **Dr. Antonio Aguilera Carbó, Dra. Ma. De Lourdes Morales Caballero, Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez, Dr. Mario Alberto Cruz Hernández y Q.F.B. Carmen Pérez Martínez.**

A mis compañeros y amigos de la generación CXI de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos por todos los momentos que pasamos en este trayecto de nuestra vida en especial a: Rosa Elena Guerra Olguín, Guillermo Vargas gallardo, Blanca Estela, María Elena Arellano, Erick Diego, Laura Ramos, gracias por el apoyo y la amistad brindada.

*“Si una persona es perseverante, aunque sea dura de entendimiento, se hará inteligente; y aunque sea débil se transformará en fuerte”. (Leonardo Da Vinci)*

## DEDICATORIAS

### A MI MADRE.

**CELIA DE LA PARRA RAMIREZ;** Por haberse desvelado conmigo, por haberse preocupado no se cuantas veces de mi, por haberme apoyado en mis tristezas y alegrías de la vida, por haberme hecho sentir que si se quiere se puede, y demostrarme que uno logra las metas que se propone, gracias por ser mi madre, por los consejos que siempre me harán falta le doy gracias a Dios de tenerte como madre, eres el ejemplo más grande de mujer que existe..... TE AMO MAMI.....

### A MI ABUELITA

**FELIZA RAMIREZ;** por el gran cariño que siempre me has tenido, por los cuidados de toda una vida te quiero mucho abue.

### A MIS HERMANOS.

**IVAN FRANCISCO GARCIA DE LA PARRA, EDGAR LUCIANO HERNANDEZ DE LA PARRA;** por todo el apoyo brindado, por compartir conmigo tanto como hemos podido, alegrías, tristezas, momentos inolvidables que no sacare nunca de mi corazón y mi mente, por ser amigos además de hermanos y por siempre estar en los momentos donde más falta hace alguien quien te apoye, los quiero muchos bro's.

### A MIS HERMANAS.

**ANAYELI Y TANIA;** por darme el apoyo que siempre han sabido dar, por los corajes y demás las amo hermanitas, gracias por ser parte de mi vida.

### A MIS SOBRIS.

**PERCY SAMUEL, JOSHUA EMANUEL Y WENDY ZOE;** por haberse convertido en la luz de nuestra casa con las risitas, los llantos y el amor que me tienen gracias mis pekes, los quiero mucho.

## **A MI FAMILIA.**

A toda la familia que me ha visto caerme y levantarme, a todos por el apoyo moral, económico, consejos los quiero mucho y me siento orgullosísimo de que seamos familia gracias a todos.

## **A MIS AMIGOS Y PERSONAS QUE SIEMPRE FORMARAN PARTE DE MI VIDA.**

**MEMO, BELI, RAFA, ISMA, FREDDY, YOHA, ROSA ELENA, NORMA DOMINGUEZ, PERLA DURAN, FIDEL, SABINO, FREDDY**, gracias por todos los momentos que hemos pasado gracias por la amistad brindada siempre formaran parte de mi vida y podrán contar y confiar en mí siempre gracias.

"El éxito no es la clave de la felicidad, la felicidad es la clave del éxito." - **Herman Cain**

## INDICE GENERAL

Contenido	Página(s)
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>DEDICATORIAS</b>	iv
<b>INDICE GENERAL</b>	vi
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	x
<b>INDICE DE CUADROS</b>	xi
<b>RESUMEN</b>	xii
<b>I INTRODUCCION</b>	1
1.1 Justificación	2
1.2 objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	4
<b>II REVISION DE LITERATURA</b>	5
2.1. Problemática del manejo de los frutos	5
2.2. Importancia de frutos mínimamente procesados	5
2.3 Generalidades de plátano ( <i>Musa cavendishii</i> )	6
2.3.1. Origen y variedades	6
2.3.2. Morfología y taxonomía del plátano	7
2.3.3. Propiedades nutritivas	9
2.4 Importancia de la producción de plátano en México	10
2.5. Generalidades de los recubrimientos	11
2.5.1. Materiales utilizados en la formulación de recubrimientos	11
2.5.2. Lípidos	12
2.5.3. Hidrocoloides	12
2.5.4. Polisacáridos	12
2.5.5. Proteínas	13
2.6. Técnicas de aplicación de recubrimientos	13
2.6.1. Por frotación	13

2.6.2. Por inmersión	14
2.6.3. Por aspersión	14
2.7. Funciones y propiedades de los recubrimientos comestibles	14
2.7.1.Principales características de los recubrimientos comestibles	15
2.8. Quitosano	16
2.8.1. Proceso de obtención del quitosano	17
2.8.2. Propiedades antimicrobianas del quitosano	18
2.8.3. El quitosano como recubrimiento	20
2.8.4. Aplicación del quitosano en la industria alimentaria	21
2.9. Metabisulfito de Sodio	21
2.9.1. Aplicación en la industria alimentaria	22
2.10. Acido cítrico	22
2.11. Tween 80	23
2.12. Evaluación sensorial	24
2.12.1. Propiedades sensoriales	24
2.12.2. Factores que influyen en la evaluación sensorial	24
2.12.3. Tipos de jueces	25
2.12.3.1. Juez experto	25
2.12.3.2. Juez entrenado	25
2.12.3.3. Juez semientrenado	25
2.12.3.4. Juez consumidor	26
2.12.4. Clasificación de las pruebas sensoriales	26
2.12.4.1. Pruebas afectivas	26
2.12.4.2 Prueba de preferencia	26
2.12.4.3. Prueba de aceptación	27
2.12.4.4. Pruebas discriminativas	27
2.12.4.5. Pruebas descriptivas	27
<b>III MATERIALES Y METODOS</b>	<b>28</b>
3.1. Material utilizado	28
3.1.2. Material vegetal	29

3.1.3. Equipo utilizado	29
3.1.4. Reactivos	30
3.2. Métodos	30
3.2.1. Preparación de antioxidante (Metabisulfito de Sodio)	30
3.2.2. Preparación del recubrimiento	30
3.2.3. Caracterización del recubrimiento	31
3.2.4. Preparación de la muestra	32
3.2.5. Aplicación de antioxidante	32
3.2.6. Aplicación del recubrimiento	33
3.2.7. Almacenamiento de las muestras	33
3.3. Análisis de muestras	34
3.3.1. Determinación de color	34
3.3.2. Determinación de firmeza	35
3.3.3. Determinación de humedad	35
3.3.4. Determinación de sólidos solubles totales	36
3.3.5. Determinación microbiológica	36
3.3.6. Evaluación sensorial	37
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>38</b>
4.1. Características del recubrimiento utilizado	38
4.2. Análisis físico-químico	38
4.2.1. Análisis de firmeza	39
4.2.2. Análisis de color	40
4.2.2.1. Luminosidad	40
4.2.2.2. Cromaticidad (a* Rojo)	41
4.2.2.3. Cromaticidad (b* Amarillo)	42
4.2.3. Análisis de humedad	42
4.2.4. Análisis de sólidos solubles totales	43
4.2.5. Análisis microbiológico	44
4.2.5.1. Hongos y levaduras	45
4.2.5.2. Bacterias mesofilicas aerobias	46
4.2.6. Evaluación sensorial	47

<b>V CONCLUSIONES</b>	49
<b>VI BIBLIOGRAFIA</b>	50
<b>VII ANEXOS</b>	54

## INDICE DE FIGURAS

	Página(s)
<b>FIGURA 1.</b> Distribución geográfica de presencia de plátano.	7
<b>FIGURA 2.</b> Bananero.	8
<b>FIGURA 3.</b> Fruto de platanera.	9
<b>FIGURA 4.</b> Composición química del quitosano.	16
<b>FIGURA 5.</b> Obtención de quitosano.	17
<b>FIGURA 6.</b> Preparación de recubrimiento.	31
<b>FIGURA 7.</b> Muestras de plátano para analizar.	32
<b>FIGURA 8.</b> Aplicación	32
<b>FIGURA 9.</b> Absorción y reposo de las muestras con antioxidante.	32
<b>FIGURA 10.</b> Aplicación de recubrimiento por aspersion.	33
<b>FIGURA 11.</b> Escurrido de las muestras.	33
<b>FIGURA 12.</b> Empaque de muestras.	33
<b>FIGURA 13.</b> Fotocolorímetro MINOLTA CR-400	34
<b>FIGURA 14.</b> Diagrama de color L*a*b.	34
<b>FIGURA 15.</b> Penetrómetro FT-327.	35
<b>FIGURA 16.</b> Termobalanza XM-50.	35
<b>FIGURA 17.</b> Refractómetro manual.	36
<b>FIGURA 18.</b> Preparación de cultivos.	37
<b>FIGURA 19.</b> Material para evaluación sensorial.	37
<b>FIGURA 20.</b> Medias de firmeza y días transcurridos.	39
<b>FIGURA 21.</b> Medias de luminosidad y días transcurridos.	41
<b>FIGURA 22.</b> Variable humedad con y sin recubrimiento respecto a los días transcurridos.	43
<b>FIGURA 23.</b> Variable sólidos solubles totales con y sin recubrimiento respecto a los días transcurridos.	44
<b>FIGURA 24.</b> Método PDA presencia de levaduras y hongos ( $10^{-4}$ ).	45

## INDICE DE CUADROS

	Página (s)
<b>CUADRO 1.</b> Composición de 100 gramos de porción comestible de plátano.	10
<b>CUADRO 2.</b> Funciones y propiedades de las películas comestibles.	14
<b>CUADRO 3.</b> Efecto de diferentes concentraciones de quitosano en el control de hongos.	19
<b>CUADRO 4.</b> Efecto del quitosano como inhibidor de colonias de bacterias patógenas.	20
<b>CUADRO 5.</b> Características del ácido oleico.	23
<b>CUADRO 6.</b> Caracterización del recubrimiento.	38
<b>CUADRO 7.</b> Resultados de microbiología.	45
<b>CUADRO 8.</b> Promedio de resultados evaluación sensorial.	47

## RESUMEN

El estilo de vida de los consumidores modernos unido al deseo de adquirir productos naturales y beneficiosos para la salud ha hecho que la producción y consumo de frutas con proceso mínimo, como es el caso de las frutas cortadas, se haya visto incrementado en los últimos años. Sin embargo, la obtención de estos productos lleva consigo una serie de operaciones que pueden desencadenar cambios en la calidad del producto final.

Tradicionalmente los empaques se han utilizado como medios de contención y presentación de los productos, pero la demanda de productos frescos y mínimamente procesados ha llevado a lo que se conoce como recubrimientos comestibles los cuales constituyen una estrategia potencial para reducir los efectos perjudiciales que inflige el procesado mínimo en los tejidos vegetales de frutas frescas cortadas, constituyendo un campo innovador en el área de la conservación de alimentos frescos.

El objetivo de la presente investigación fue realizar la evaluación de un recubrimiento comestible a base de quitosano en sinergia con un antioxidante (metabisulfito de sodio) en la conservación y extensión de la vida de anaquel de plátano mínimamente procesado.

Las evaluaciones expuestas en este experimento fueron realizadas en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para la obtención de los resultados del experimento se llevó a cabo un análisis de varianza factorial con dos factores, correspondientes al recubrimiento y los días en que se llevó la prueba.

Se evaluaron diversos parámetros que se consideran para hacer evaluación de calidad los cuales fueron; humedad, firmeza, color, sólidos solubles totales, y análisis de crecimiento microbiano. Las rodajas de plátano se almacenaron a temperatura de refrigeración durante el trabajo experimental.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación estadística se encontró que existe diferencia significativa en cuanto al uso o ausencia de recubrimiento en el análisis físico-químico, las observaciones realizadas durante el experimento demuestran que hay un menor deterioro en las muestras a las que se les aplicó recubrimiento y conservación de características conforme pasaron los días.

En el análisis microbiológico hubo mayor presencia y crecimiento de microorganismos en las muestras sin recubrimiento los primeros días de evaluación: en cuanto a la evaluación sensorial los jueces encontraron diferencias entre las muestras a diferentes días que rodajas de plátano recién cortadas.

**Palabras clave: calidad, empaque, recubrimiento, antioxidante, microbiológico, evaluación sensorial.**

## CAPITULO I. INTRODUCCION

Las mayores pérdidas en alimento pueden atribuirse al deterioro microbiano. Algunos procesos químicos y físicos han sido desarrollados para reducir dichas pérdidas. Entre estos procesos el *packaging* juega un rol muy importante en el mantenimiento de la calidad de los alimentos. Las películas comestibles pueden ser usadas como una barrera protectora, retrasando el crecimiento microbiano y prolongando la vida útil de los alimentos (Moreira, 2010).

En los últimos años ha habido un incremento considerable en el consumo de frutas y hortalizas frescas o mínimamente procesadas, debido a los múltiples beneficios que proporcionan sobre la salud de los consumidores, la falta de tiempo para su preparación o simplemente la comodidad (Rojas, 2006).

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, son aquellas que pasan por diversas operaciones unitarias (sencillas) de preparación, las cuales además producen cambios directos en las frutas frescas, tales como la pérdida de agua, el pardeamiento enzimático, ablandamiento por rompimiento de tejidos, aumento de respiración y por lo tanto producción de etileno (Rojas, 2006).

Los recubrimientos y películas comestibles constituyen una estrategia para reducir los efectos perjudiciales del procesado mínimo en los tejidos vegetales de frutas y hortalizas frescas cortadas.

Los recubrimientos comestibles se definen como una capa delgada de material que puede ser consumida y proporciona una barrera a la humedad, el oxígeno y el movimiento de soluto a través del alimento. Los recubrimientos son producidos exclusivamente a partir de ingredientes renovables, comestibles y por lo tanto se prevé que se degraden más fácilmente que los materiales poliméricos (Taranthan, 2003).

## **1.1 . Justificación.**

El estilo de vida que se tiene en la actualidad hace que surjan otro tipo de necesidades, tal es el caso de los alimentos mínimamente procesados, los cuales aportan un contenido nutrimental muy similar a los productos frescos, están listos para consumir y son muy prácticos de transportar.

El plátano es un producto de alto valor nutritivo y de gran aceptación de los consumidores, pero debido a la actual vida de la ciudadanía por la rapidez con la que se vive se prefieren alimentos que estén listos para su consumo o que puedan ser conservados, por este motivo se realizó esta investigación, para poder presentar una forma alternativa de poder tener plátano listo para consumir y que se pueda conservar.

La aplicación del recubrimiento a base de quitosano se utiliza como barrera entre el fruto y el medio ambiente para evitar contacto con factores que dañen la calidad de las rodajas, con esta cubierta se desea evitar la pérdida de humedad, conservar el color y evitar la oxidación, mantener la textura e impedir el crecimiento microbiano, todo esto para alargar la vida de anaquel de las rebanadas de plátano.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Evaluar el efecto del recubrimiento de quitosano en la estabilización y extensión de vida de anaquel de plátano mínimamente procesado.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

Evaluar el efecto del recubrimiento de quitosano en plátano mínimamente procesado sobre:

- ❖ Color.
- ❖ Textura.
- ❖ Humedad.
- ❖ Sólidos solubles totales (°Brix)
- ❖ Crecimiento microbiano.
- ❖ Evaluación sensorial.

### **1.3. Hipótesis.**

La aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y con antioxidante influye positivamente en la vida de anaquel del plátano mínimamente procesado.

## **CAPITULO II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Problemática del manejo de los frutos.**

Durante el manejo de postcosecha de la frutas se pueden generar pérdidas del 40 % del total cosechado. Los factores que determinan las pérdidas se agrupan en biológicos y ambientales, estos últimos aceleran el deterioro de los productos. Las pérdidas causadas por la respiración y transpiración o por maltrato, plagas y enfermedades, se expresan con mayor fuerza en los países en vías de desarrollo, donde la cosecha y la postcosecha son realizadas en forma inadecuada.

Las pérdidas postcosecha varían entre productos, áreas de producción y época del año. En los Estados Unidos de Norte América las pérdidas de frutas y vegetales se han estimado entre 2 % al 23 %, mientras que en los países en desarrollo se indican valores entre 1 y 50 %. No es económicamente factible ni práctico esperar que las pérdidas de productos hortícolas sean cero, se debe aceptar un valor razonable para cada producto en cada área y es necesario evaluar la relación beneficio costo de la implementación de determinada técnica de reducción de pérdidas (Aular, 2012).

### **2.2. Importancia de frutos mínimamente procesados.**

Los vegetales mínimamente procesados son definidos como cualquier fruta u hortaliza que ha sido alterada físicamente a partir de su forma original, pero que mantiene su estado fresco (IFPA, 2002). El verdadero reto en el desarrollo de estos nuevos productos es conseguir procesos novedosos o estrategias de conservación que permitan la obtención de alimentos seguros con sus propiedades nutricionales y características benéficas para la salud muy poco modificadas e incluso potenciadas.

Actualmente, los frutos frescos cortados (FFC) más comunes en el mercado son piña, melón, sandía, manzana, pera y uva (Cooperhouse, 2003). Frutos tropicales como el mango, papaya y plátano están llamados a formar parte del mercado de

los FFC, dada su alta preferencia por parte del consumidor y su disponibilidad. Además de su atractivo color y olor, los frutos tropicales poseen cantidades importantes de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, tales como las vitaminas C y E, carotenoides y polifenoles, especialmente flavonoides.

La alta prevalencia de enfermedades cardiovasculares a nivel mundial y el impacto que las frutas y hortalizas tienen como agentes terapéuticos en el control de estas enfermedades han motivado a los consumidores a exigir productos saludables, listos para consumo, libres de aditivos, seguros microbiológicamente y, además, con alto potencial antioxidante. El consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, ya que son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además de poseer un bajo contenido calórico. La introducción en los mercados de productos frescos cortados es una forma de incrementar el consumo de frutas y hortalizas debido a su atractiva presentación, apariencia y sabor (Robles-Sánchez *et al.*, 2007).

### **2.3. Generalidades del plátano (*Musa cavendishii*).**

#### **2.3.1. Origen y variedades.**

El plátano tiene su origen en Asia meridional, siendo conocido en el Mediterráneo desde el año 650 d.C. La especie llegó a Canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en el año 1516. El cultivo comercial se inicia en Canarias a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. El plátano macho y el bananito son propios del Sudoeste Asiático, su cultivo se ha extendido a muchas regiones de Centroamérica y Sudamérica, así como de África subtropical; (figura 1), constituyendo la base de la alimentación de muchas regiones tropicales. El plátano es el cuarto cultivo de frutas más importante del mundo. Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas. Es considerado el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático. Los consumidores del norte lo aprecian sólo como



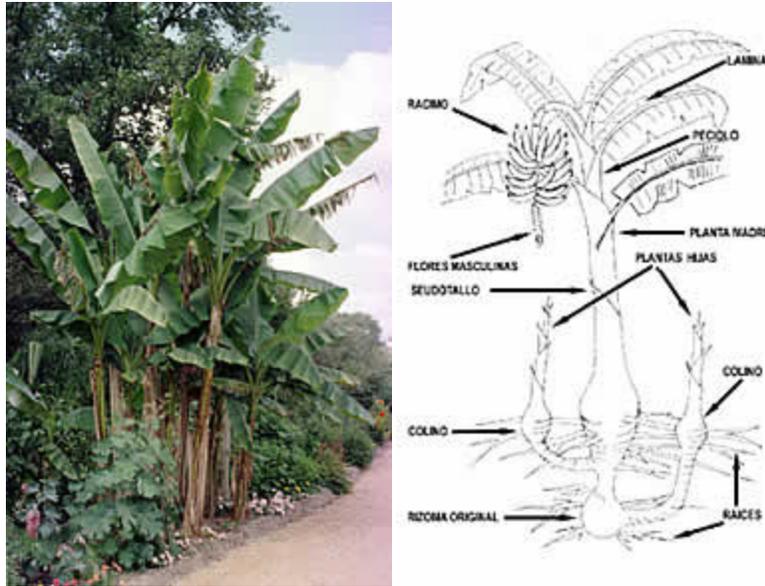


Figura 2. Bananero (*Musa x Paradisiaca*) (Infoagro, 2012).

Sistema radicular: raíz superficial, menos ramificada que en peral.

Hojas: Muy grandes, de 2-4 m de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovas alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso; de las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores (Infoagro, 2012).

Flores: Flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos (SAGARPA 2011).

## Fruto.

Forma: Tienen forma oblonga, alargada y algo curvada.

Tamaño y peso: El peso del plátano macho es de los más grandes, llegando a pesar unos 200 gramos o más cada unidad. El bananito es mucho más pequeño que el resto de plátanos y su peso oscila en torno a los 100-120 gramos.

Color: En función de la variedad, la piel puede ser de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

Sabor: El plátano y el bananito destacan porque su sabor es dulce, intenso y perfumado. En el plátano macho, la pulpa tiene una consistencia harinosa y su sabor, a diferencia del resto de plátanos de consumo en crudo, no es dulce ya que apenas contiene hidratos de carbono sencillos (Infoagro, 2012).



Figura 3. Fruto de la platanera (Infoagro, 2012).

### **2.3.3. Propiedades nutritivas.**

Destaca su contenido de hidratos de carbono, por lo que su valor calórico es elevado. Los nutrientes más representativos del plátano (cuadro 1) son el potasio, el magnesio, el ácido fólico y sustancias de acción astringente; sin despreciar su elevado aporte de fibra, del tipo fruto-oligosacáridos. El potasio es un mineral

necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante. El ácido fólico interviene en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis material genético y la formación anticuerpos del sistema inmunológico. Contribuye a tratar o prevenir anemias y de espina bífida en el embarazo.

Cuadro 1. Composición de 100 gramos de porción comestible de plátano.

<b>COMPOSICION DE 100 GRAMOS DE PORCION COMESTIBLE</b>	<b>VALORES</b>
CALORIAS	85.2
HIDRATOS DE CARBONO (g)	20.8
FIBRA (g)	2.5
MAGNESIO (mg)	36.4
POTASIO (mg)	350
PROVITAMINA A (mcg)	18
VITAMINA C (mg)	11.5
ACIDO FOLICO (mcg)	20
<b>mcg= microgramos</b>	

Fuente: CONSUMEREROSKI, 2011

#### **2.4. Importancia de la producción de plátano en México.**

La producción nacional de plátano genera 100 mil empleos directos por año y 150 mil empleos indirectos. En los últimos años se produjeron 2.2 millones de toneladas. Los principales estados productores de plátano son: Veracruz, Tabasco, Chiapas y Colima, produciendo este último 154 mil toneladas por cosecha. México es un importante productor de plátano a nivel mundial, al ubicarse en el treceavo lugar en hectáreas cosechadas y en el octavo en toneladas producidas (SAGARPA, 2011).

## **2.5. Generalidades de los recubrimientos.**

Un recubrimiento comestible es una capa fina de material comestible, dispuesta sobre el alimento a modo de recubrimiento, formada por sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea, estas sustancias aportan algunos nutrientes tales como: proteínas, almidones hidrolizados, gomas, pectinas, entre otros. El recubrimiento forma parte integral del alimento y es consumido como tal, se aplica por atomización, espuma, brocha o inmersión (Trejo, 2012).

La aplicación de recubrimientos comestibles sobre frutas, retarda la velocidad de respiración y la pérdida de vapor de agua ya que genera un sistema similar al de una atmósfera modificada (existe una reducción en el intercambio gaseoso). Además pueden contribuir al control (directo o indirecto) de pudriciones causadas por microorganismos fitopatógenos.

Según Blanca Hernández, (2011) los recubrimientos comestibles pueden mejorar las propiedades organolépticas de los alimentos, menciona que pueden aplicarse en las interfaces de las distintas capas de alimentos heterogéneos y ser adaptados para evitar el deterioro a causa de la humedad y migración de soluto en alimentos.

Las propiedades funcionales de un recubrimiento comestible no solo están directamente relacionadas con la selección de los componentes, la proporción en la formulación y las interacciones químicas entre éstos, sino además por la técnica de preparación empleada (Kester y Fennema, 1986; Hagenmaier y Shaw, 1991).

### **2.5.1. Materiales utilizados en la formulación de recubrimientos.**

Los materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles son hidrocoloides como proteínas y polisacáridos; lípidos como ceras, acilglicéridos y ácidos grasos y la mezcla de hidrocoloides y lípidos. Plastificantes, emulsionantes, antioxidantes, colorantes, saborizantes y antimicrobianos pueden ser adicionados en la formulación para mejorar las propiedades mecánicas, o

proveer al recubrimiento de cualidades específicas adecuadas a un producto determinado.

### **2.5.2. Lípidos.**

El recubrimiento con grasa de algunos productos tiene una larga historia en la industria de los alimentos. Una variedad de componentes lipídicos se ha utilizado como cubiertas protectoras, incluyendo las ceras naturales y surfactantes. Debido a la baja polaridad de estas películas la función principal es la de barrera contra el paso de humedad. Las ceras y los lípidos incluyendo, la lecitina, cera de abejas y glicéridos son sumamente usados para el recubrimiento de frutas, pero antes de ser consideradas como películas se consideran como simples cubiertas. Las grasas también son utilizadas para recubrir confitería, pero una de las desventajas es que puede ocurrir rancidez o la superficie se puede poner grasosa (Meza, 2006).

### **2.5.3. Hidrocoloides**

Estas películas poseen buenas propiedades de barrera para el oxígeno, dióxido de carbono y lípidos. Son utilizadas donde el control de la migración de vapor de agua no es el objetivo. La mayoría de estas películas tienen propiedades mecánicas deseables para trabajar con productos frágiles, no aportan sabor y son sensibles al calentamiento. Los hidrocoloides usados para películas pueden ser clasificados de acuerdo a su composición molecular, carga molecular y solubilidad en agua (Meza, 2012).

### **2.5.4. Polisacáridos**

Estas películas tienen propiedades como barrera a los gases y puede adherirse a superficies de frutas y vegetales. La desventaja al utilizar este tipo de películas es que las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de las mismas. Se han elaborado películas a partir de celulosa, pectina, almidón, alginatos, quitosano, carragenina, gomas y mezclas. Estas películas, la mayoría de las veces son fuertes, de color claro, resistentes

relativamente al paso del agua, no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares (Meza, 2006).

### **2.5.5. Proteínas**

Las películas de proteínas se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas pero en la mayoría de los casos no son resistentes a la difusión del agua. Las fuentes más comunes son: caseína, zeína, soya, albúmina de huevo, lactoalbúmina, suero de leche, gluten de trigo y colágeno. Otra desventaja de las películas de proteínas es su sensibilidad a los cambios de pH por lo que deben delimitarse a las condiciones óptimas de su formación. Las películas de zeína actúan como barreras a la humedad, pueden restringir el transporte de O<sub>2</sub> y sirven como vehículos para los antioxidantes; las películas de gluten de trigo son buenas barreras al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub>, sin embargo tienen alta permeabilidad al agua. (Meza, 2012).

## **2.6. Técnicas de aplicación de recubrimientos.**

Se conocen 3 métodos para la aplicación de recubrimientos comestibles los cuales son: frotación, inmersión y aspersion. A continuación se describen brevemente.

### **2.6.1. Por frotación**

El método de la frotación se utiliza aire comprimido (menor de 5 psi o 35 Kpa), éste es aplicado generalmente en líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cubierta es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos (García, 2009).

### **2.6.2. Por inmersión**

Este proceso consiste en sumergir el alimento o producto, por 30 segundos o más en el contenedor del recubrimiento, esto es en el caso de productos que requiere una capa uniforme en una superficie irregular, la inmersión es la técnica que proporcionara mejores resultados, además que es una de las más utilizadas en recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos (García, 2009).

### **2.6.3. Por aspersion**

La aplicación de cubiertas por aspersion es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión, un menor gasto de solución formadora de la cubierta es requerida para obtener recubrimientos uniformes (García, 2009).

## **2.7. Funciones y propiedades de los recubrimientos comestibles**

En el cuadro 2 se puede observar según Guzmán (2003) las características en cuanto a funciones y propiedades de las películas o recubrimientos comestibles, para determinar si son adecuadas para el uso que se les quiere aplicar en los diferentes experimentos.

Cuadro: 2 Funciones y propiedades de las películas comestibles

Reducir la perdida de humedad
Reducir el transporte de gases (O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> )
Reducir la migración de grasa y aceites
Reducir el transporte de solutos
Mejorar las propiedades mecánicas de alimentos
Proveer una mayor integridad a los alimentos
Retener compuestos volátiles
Contener aditivos

Fuente: Guzmán, (2003).

### **2.7.1. Principales características de los recubrimientos comestibles**

A continuación se enlistan algunas de las características más significativas de los recubrimientos comestibles.

- Buenas cualidades sensoriales
- Alta eficiencia mecánica y de barrera
- Suficiente estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana
- No tóxicas
- Tecnología simple
- No contaminantes
- Bajos costos de materiales y procesos.

## 2.8. Quitosano.

Generalidades de la quitina y el quitosano.

La quitina fue reportada por primera vez en 1811 por el profesor Henri Braconnot en hongos. En 1830 se aisló en insectos y se le dio el nombre de quitina. El descubrimiento del quitosano en 1859 por C. Rouget supuso el inicio de una investigación intensiva sobre estos compuestos (Castro, 2000). La quitina es un polímero de la N-acetilglucosamina (figura 6), y residuos de glucosamina que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza de tal forma que constituyen el segundo polímero más abundante después de la celulosa (Guzmán, 2003).

La quitina es un polisacárido no tóxico y biodegradable que forma una sustancia córnea y es el principal constituyente del exoesqueleto de insectos, crustáceos y arácnidos. Los residuos del procesamiento de mariscos contienen en general un 15-35% de quitina asociada con proteínas (30-40%), lípidos y depósitos de calcio (30-50%), estimándose por tanto una producción mundial anual de quitina en los residuos de unas 120,000 toneladas (Guzmán 2003).

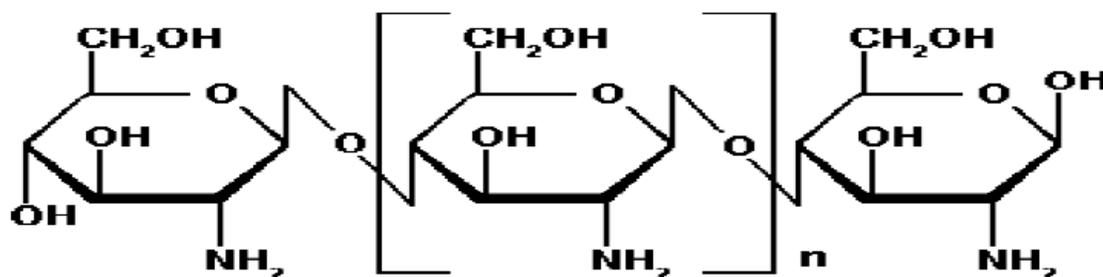


Figura. 4. Composición química del quitosano.

### 2.8.1. Proceso de obtención del quitosano

El proceso del quitosano consiste en una serie de lavados alcalinos, ácidos y con suficiente agua. Existen dos factores principales que determinan la calidad del quitosano: el grado de desacetilación (entre mayor sea éste, mayor será la calidad) y la viscosidad estándar, la cual refleja el peso molecular. En la figura 7 se muestra el proceso de obtención del quitosano (Guzmán 2003).

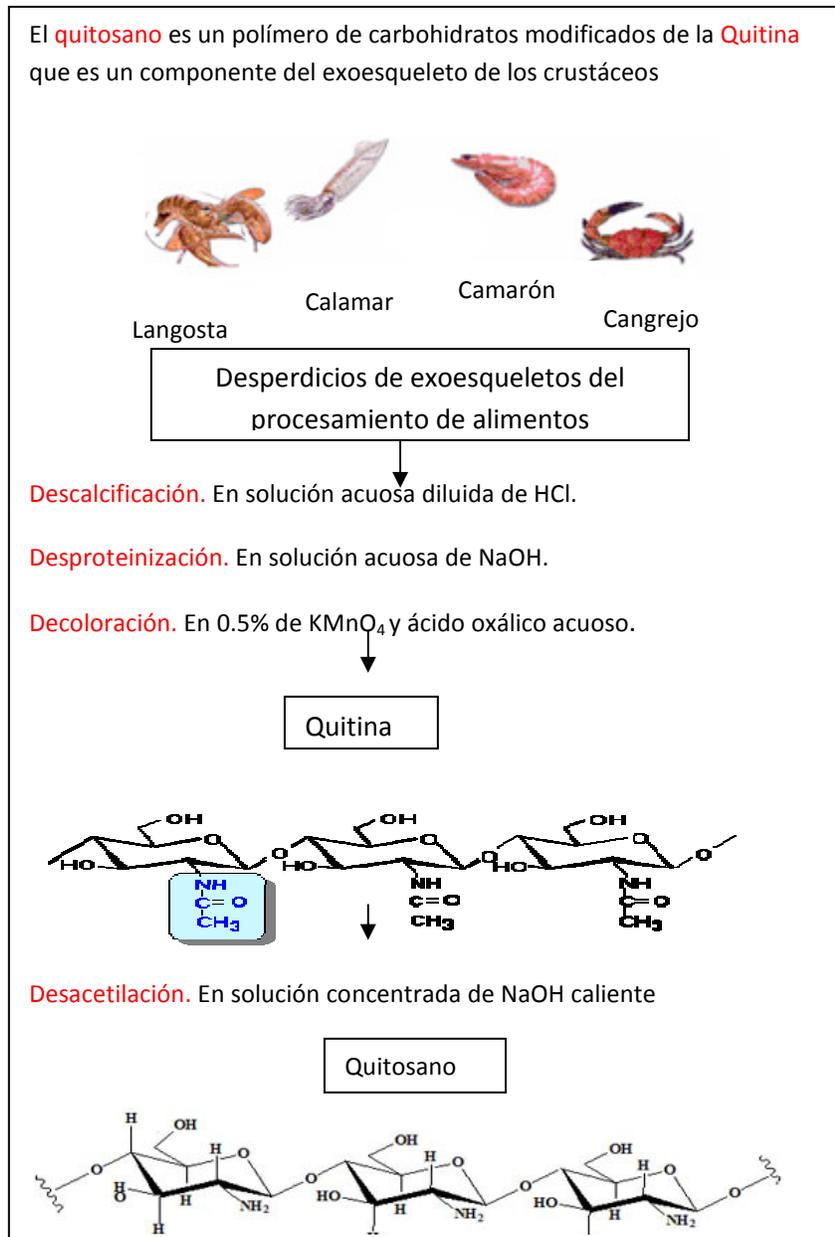


Figura. 5. Obtención de quitosano Guzmán, (2003).

### **2.8.2. Propiedades antimicrobianas del quitosano.**

Su actividad fungicida ha sido reportada en varios estudios, inhibiendo el crecimiento de los hongos causantes de enfermedades postcosecha, manifestándose esta inhibición en el crecimiento micelial y esporulación o en ambos estados de desarrollo. Se ha mencionado que el efecto fungicida del quitosano está en función de la concentración utilizada, el peso molecular y grado de desacetilación del mismo. El quitosano se adhiere a la membrana plasmática de los hongos gracias a las interacciones electrostáticas entre las cargas positivas del quitosano y a las cargas negativas de los fosfolípidos formadores de membrana, una vez adherido a la membrana, causa una filtración a través de ella hasta llegar al citosol; el quitosano utiliza energía para atravesar la membrana, sin embargo, este proceso no involucra al proceso de endocitosis (Ramos, 2010).

Nurmiaho *et al.* (2001) señalan dos mecanismos principales sugeridos como la causa de la inhibición de las células microbianas por el quitosano:

1.- La interacción con los grupos aniónicos en la superficie celular, debido a su naturaleza policatiónica, provoca la formación de una capa impermeable alrededor de la célula, lo que impide el transporte de solutos esenciales. Se ha demostrado por microscopía electrónica que el sitio de acción es la membrana externa en las bacterias Gram negativas.

2) El segundo mecanismo consiste en la inhibición del ARN y la síntesis de proteínas por la penetración en el núcleo de la célula (Avendaño, 2010).

Recubrimientos comestibles formulados a base de quitosano y aceites esenciales evitan el desarrollo de microorganismos, alargando la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas y manteniendo sus características (Ramos, 2010).

Algunos de los principales problemas de los productos hortofrutícolas son la presencia de microorganismos como hongos y bacterias, generalmente los hongos

(cuadro 3) se manifiestan durante el proceso de maduración de los productos, durante la cosecha y el transporte del producto. A las bacterias (cuadro 4.) se les relaciona mas durante la manipulación de los productos o que se encuentren en las aguas utilizadas para este proceso (Ramos, 2010).

Cuadro 3. Efecto de diferentes concentraciones de quitosano en el control de varios hongos postcosecha importantes en la producción hortofrutícola.

<b>Patógeno</b>	<b>Concentración de quitosano</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referencias</b>
<b><i>Alternaria alternata</i></b>	2 y 2.5% 6.0 mg mL <sup>-1</sup> 2%	Inhibición de crecimiento micelial	Sánchez <i>et al.</i> , 2007 El Ghaout et al., 1992c
<b><i>Rhizopus stolonifer</i></b>	2% 2.5 y 3.0% 1.5% 6.0 mg mL <sup>-1</sup>	Baja esporulación y germinación de esporas Inhibición de crecimiento micelial	Hernández-Lazuardo <i>et al.</i> , 2008 Hernández, 2002 Bautista-Baños <i>et al.</i> , 2004 El Ghaout et al., 1992c
<b><i>Colletotrichum gloeosporoides</i></b>	2.5 y 3.0% 3.0% 6.0 mg mL <sup>-1</sup>	Inhibición de crecimiento micelial y de formación de esporas. Control de crecimiento micelial	Bautista-Baños <i>et al.</i> , 2004 El Ghaout et al., 1992c
<b><i>Fusarium oxysporium</i></b>	1.5, 2.5 y 3.0% 1.5%	Inhibición de crecimiento micelial. Baja esporulación y baja germinación de esporas.	Bautista-Baños <i>et al.</i> , 2004 El Ghaout et al., 1992c
<b><i>Botrytis cineria</i></b>	50.0 mg mL <sup>-1</sup> 6.0 mg mL <sup>-1</sup>	Control del crecimiento de la enfermedad	Ben-Shalom <i>et al.</i> , 2003 El Ghaout et al., 1992c
<b><i>Penicillium digitatum</i></b>	2.5 y 3.0 % 1.5%	Inhibición de crecimiento micelial.	El Ghaout <i>et al.</i> , 1992c Bautista-Baños <i>et al.</i> , 2004

Fuente: Ramos, (2010).

Cuadro 4. Efecto del quitosano como inhibidor de colonias de bacterias patógenas en humanos.

Patógeno	Concentración de quitosano	resultados	Referencias
<b><i>Escherichia coli</i></b>	100 mg L <sup>-1</sup>	Inhibition de la	Nan <i>et al.</i> , 2006
	10 mg L <sup>-1</sup>	Colonia	Lim y Hudson, 2004
	0.25 ug mL <sup>-1</sup>	“	Qi <i>et al.</i> , 2004
	0.0075%	“	Simpson <i>et al.</i> , 1997
<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>	1%	“	Beberlya <i>et al.</i> , 2008
	1%	“	Ponce <i>et al.</i> , 2008
	1%	“	Belalia <i>et al.</i> , 2008
	2%	“	Ye <i>et al.</i> , 2008
<b><i>Salmonella typhimurium</i></b>	1%	“	Belalia <i>et al.</i> , 2008
<b><i>S. entérica</i></b>	1%	“	Su <i>et al.</i> , 2007

Fuente: Ramos, (2010)

### 2.8.3. El quitosano como recubrimiento

Junto con otros elementos, el quitosano se utiliza como recubrimiento para frutas retrasando el envejecimiento, disminuyendo la oxidación, las pérdidas por transpiración y protegiendo frente al ataque de hongos y bacterias (Hernández, 2011).

El quitosano es un compuesto que presenta características biofuncionales, por lo que podría ser una alternativa viable para sustituir los métodos de control de microorganismos tradicionales además, puede utilizarse sin problemas para elaborar recubrimientos comestibles (González-Aguilar *et al.*, 2005). Los recubrimientos con quitosano forman una cubierta en la superficie de los frutos, que actúa como una barrera mecánica para proteger al fruto de infecciones causadas por hongos (Ramos, 2010).

#### 2.8.4. Aplicación del quitosano en la industria alimentaria

El quitosano ofrece una amplia gama de aplicaciones únicas en la industria alimentaria, incluida la conservación de los alimentos debido al deterioro por microorganismos, formación de películas biodegradables y la recuperación de materiales de desecho del procesado de alimentos. Por otra parte, puede actuar como fibra dietética y como ingrediente de alimentos funcionales. El quitosán ha sido aprobado como alimento funcional en algunos países asiáticos (Japón, Corea) durante la última década. La inclusión de la quitina y el quitosán fueron considerados en 2003 por la Comisión del Codex Alimentarius, pero en la actualidad no figuran en la Norma General para los Aditivos Alimentarios ni ha sido autorizado como nuevo ingrediente alimentario en la UE. (Avendaño 2010).

#### 2.9. Metabisulfito de Sodio

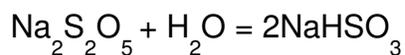
Nombre: Químico Metabisulfito de Sodio

Formula Química:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

Peso molecular 190.1 g/mol

Sinónimos Pirosulfito de Sodio

El Metabisulfito de Sodio es el principal constituyente del Bisulfito de Sodio seco comercial, cuyos usos y propiedades son virtualmente idénticos, esto se da de acuerdo a la siguiente reacción:



### 2.9.1. Aplicación en la Industria Alimentaria

El Metabisulfito de Sodio es usado en la industria alimenticia, química y farmacéutica. En la industria alimenticia es usado como aditivo para alimentos, los usos más importantes en esta industria son los siguientes:

- Tratamiento de: fruta seca, almíbar y escarchada.
- Frutas y vegetales
- Cebolla y papa
- Almidón seco, cebada, gelatina comestible.
- Caramelos duros y blandos
- Preservativo de jaleas y mermeladas
- Fermentación del vinagre, frutos cítricos, jugo de toronja y jugo de naranja.
- Pescado, camarón y otros crustáceos.
- En la fabricación de algún tipo de harina de trigo (pasta)
- Para blanqueamiento de la piña y procesar el café en grano.

(Anónimo, 2012).

### 2.10. Acido Cítrico

Nombre del Producto Acido cítrico anhidro

Sinónimos ácido 2 - hidroxí -1, 2,3 - propanotricarboxílico.

Formula:  $\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$

Propiedades: Antioxidante en alimentos, acidificante, agente acondicionador de agua, agente secuestrante, agente limpiador y pulimentador para acero inoxidable y otros metales.

Usos: Producción de citratos, extractos de aromas, bebidas refrescantes, helados, sales efervescentes.

Aspecto: Polvo o cristales blancos

## 2.11. Tween 80

El monoleato polioxietileno de sorbitano (polisorbato 80, Tween 80) es un biosurfactante no iónico el cual es utilizado en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética y en ingeniería medio ambiental. Se caracteriza por ser altamente soluble en agua y en aceites y poseer acción surfactante con un valor de balance hidrófilo-lipófilo (HBL) de 15. Es un compuesto tensioactivo (disminuye la tensión interfacial) altamente estable e inocuo y posee propiedades emulsificantes (Plascencia, 2012).

### Plastificantes

Los plastificantes son compuestos de baja volatilidad (Krester, 1986) añadidos a las películas con el fin de reducir la fragilidad, incrementar la flexibilidad, dureza y resistencia al corte.

Acido oleico.

El aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. Los ácidos grasos primarios del aceite de oliva son el ácido oleico y el ácido lineoléico. El ácido oleico es monoinsaturado y es el componente del aceite de oliva en un 55 a 85%. El ácido oleico es obtenido a partir de la aceituna, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física. El aceite de oliva no sufre ningún tratamiento a excepción del lavado, decantado, centrifugado y filtrado (Tawil, 2003). En el siguiente cuadro se muestran algunas de las propiedades del ácido oleico.

Fórmula química:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}:\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Cuadro 5: Características del ácido oleico.

Uso funcional en alimento
Aditivo de grado alimenticio
Agente antiespumante
Lubricante
Atador

Fuente: Tawil. (2003)

## **2.12. Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo a las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre la faceta de la calidad global del alimento, la calidad sensorial (Ibáñez Moya et al., 2001).

La evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importantes como los métodos químicos, físicos, microbiológicos.

Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que realiza las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea; sus 5 sentidos, los cuales son el medio con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea (Hernández, 2011).

### **2.12.1 Propiedades sensoriales**

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **2.12.2 Factores que influyen en la evaluación sensorial**

De la gran variedad de factores que ejercen influencia sobre la evaluación sensorial debemos considerar los siguientes grupos (Noriega, 2011):

- ❖ Factores de personalidad o actitud: Influyen en gran medida en experiencias sobre aceptación o preferencia de consumidores.
- ❖ Factores relacionados con la motivación: Influyen sobre los resultados al trabajar con concentraciones umbrales y supraumbrales.

- ❖ Errores psicológicos: Se deben distinguir varios tipos de errores, como son los de tendencia central, de posición y de contraste. También deben considerarse la memoria, concentración y las instrucciones minuciosas, ya que pueden ser importantes.

### **2.12.3 Tipos de jueces**

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y validez de las pruebas. El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida está en función del tipo de juez que vaya a ser empleado. Existen cuatro tipos de jueces (Anzaldúa-Morales, 1994):

#### **2.12.3.1 Juez experto**

El juez experto es, como en el caso de los catadores de vino, té, café, quesos y otros productos, una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para recibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento (Noriega, 2011).

#### **2.12.3.2 Juez entrenado**

Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad (Noriega, 2011).

#### **2.12.3.3 Juez semientrenado**

Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de

términos o escalas. Las pruebas con jueces semientrenados deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20 o cuando mucho 25, con tres o cuatro pruebas por cada juez para cada muestra (Noriega, 2011).

#### **2.12.3.4 Juez consumidor**

Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. (Noriega, 2011).

#### **2.12.4 Clasificación de las pruebas sensoriales**

Existen varias clasificaciones de las pruebas sensoriales, las cuales son las siguientes (Noriega, 2011).

##### **2.12.4.1 Pruebas afectivas**

Las pruebas efectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar. Las pruebas efectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de aceptación (Hernández García, 2011).

###### **2.12.4.1.1 Prueba de preferencia**

Aquí simplemente se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra. La prueba es muy sencilla y consiste nada mas en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere. Es importante incluir en el cuestionario una sección para comentarios para que así uno pueda darse cuenta de por qué. Los jueces prefieren una muestra en particular. Las muestras que son presentadas al juez tienen que estar codificadas con una cifra de números aleatorios, la cifra puede constar de tres a cuatro números (Anzaldúa- Morales, 1994).

#### **2.12.4.1.2. Prueba de aceptación**

El deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se le llama aceptación y no sólo depende de la impresión agradable que el juez reciba al probar un alimento sino también en aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc. (Anzaldúa-Morales, 1994).

Suelen responder a requerimientos del mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo; se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo de un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes o si alguna de sus características llega a producir fatiga tras un cierto consumo (Noriega, 2002).

#### **2.12.4.2 Pruebas discriminativas**

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras (Noriega, 2011).

#### **2.12.4.3 Pruebas descriptivas**

Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías (patrones) definidos previamente (Hernández García, 2011).

## CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

La parte experimental del presente trabajo se realizó en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo Coahuila.

### 3.1. Material utilizado

- ✓ Agua purificada
- ✓ Algodón
- ✓ Aluminio
- ✓ Atomizador de 100 ml.
- ✓ Cajas plásticas (Delipack)
- ✓ Cajas Petrí desechables
- ✓ Cinta masking tape
- ✓ Cortador de madera
- ✓ Cucharas de plástico
- ✓ Escurridores de plástico de 27 cm X 20 cm
- ✓ Espátula
- ✓ Etiquetas
- ✓ Formatos de evaluación
- ✓ Gradilla
- ✓ Incentivos
- ✓ Kleen pack
- ✓ Lapiceros
- ✓ Licuadora de mano
- ✓ Marcador de tinta permanente
- ✓ Matraz 1000mL KIMAX
- ✓ Mecheros de alcohol
- ✓ Micropipeta 100-1000 $\mu$ L ACCUMAX
- ✓ Papel de estraza
- ✓ Pipetas 10mL KIMAX
- ✓ Pizeta

- ✓ Platos desechables
- ✓ Popotes
- ✓ Puntillas
- ✓ Recipientes para desecho
- ✓ Servilletas de papel
- ✓ Tablas para picar
- ✓ Tenazas de plástico
- ✓ Vasos de precipitado

### 3.1.2. Material vegetal

- ✓ Plátano (*Musa cavendishii*). Adquirido en centro comercial de Saltillo, Coahuila.

### 3.1.3. Equipo utilizado

- ✓ Autoclave ALLAMERICAN
- ✓ Balanza analítica OHAUS ADVENTURER
- ✓ Barras magnéticas de agitación
- ✓ Contador Q-20 SOL-BAT
- ✓ Estufa de secado Qincy Lab.
- ✓ Fotocolorímetro MINOLTA CR-400
- ✓ Incubadora Blue-M
- ✓ Incubadora RIOSSA
- ✓ Penetrómetro FT-327
- ✓ Picnómetro manual
- ✓ Pistola Adir 650.
- ✓ Placas de Agitación magnéticas TALBOYS
- ✓ Potenciómetro HANNA
- ✓ Refractómetro ATAGO
- ✓ Termobalanza Precisa XM-50
- ✓ Refrigerador
- ✓ Viscosímetro BROOKFIELD

### **3.1.4. Reactivos**

- ✓ Acido Cítrico monohidratado JALMEX
- ✓ Acido oleico
- ✓ Agar papa dextrosa BD-Bioxon
- ✓ Agar para métodos estándar BD-Bioxon
- ✓ Agua destilada
- ✓ Metabisulfito de Sodio
- ✓ Peptona de Carne BD-Bioxon
- ✓ Quitosano 75% desacetilado C3646-500G SIGMA-life Sciencen
- ✓ Tween 80

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Preparación de antioxidante (Metabisulfito de Sodio)**

En un vaso de precipitado de 100 mL se agregan 50 mL de agua destilada y el 0.5% de Metabisulfito de Sodio, en agitación constante en una placa de Agitación Magnética “TALBOYS” hasta una completa dilución.

### **3.2.2. Preparación del recubrimiento**

Se prepararon 300 mL de solución de ácido cítrico al 1%, el cual se mantuvo en agitación (400 rpm) durante 5 minutos en una placa de Agitación Magnética “TALBOYS”, una vez transcurrido el tiempo se adicionó 3 g de quitosano en polvo y se mantuvo en constante agitación (1000 a 1200 rpm) por 1 hora, una vez pasado el tiempo se agregó acido oleico al 0.6% y tween 80 al 0.2%.

La solución se mantuvo en agitación a 40 °C hasta la completa disolución de todos los componentes durante media hora más (Figura 8).



Figura 6. Preparación de recubrimiento

### 3.2.3. Caracterización del recubrimiento

Al tener preparado el recubrimiento se le hacen evaluaciones para su caracterización.

**Determinación de color:** Se tomó lectura en 3 puntos diferentes de la solución con un fotocolorímetro MINOLTA CR-400, obteniendo como resultados los campos  $L^*a^*b^*$ .

**Determinación de densidad:** Se toma una muestra de 25 mL de la solución y se mide el volumen mediante un picnómetro, se toma la fórmula de la densidad para obtener resultados en g/mL.

**Determinación de pH;** se toman 3 mediciones con del potencial de hidrógeno de la muestras usando un potenciómetro HANNA.

**Determinación de viscosidad;** se determina la viscosidad de la solución con un viscosímetro BROOKFIELD, a 6, 20 y 30 rpm con una temperatura de 25 °C. Obteniendo resultados en centipoises (cps).

### 3.2.4. Preparación de la muestra

Se lavan los plátanos, se retira la cáscara y con el cortador de madera se hacen cortes de 0.6 cm de grosor. Estos trozos se utilizan para las determinaciones de color, firmeza, sólidos solubles totales y el análisis microbiológico.



Figura 7. Muestras de plátano para analizar.

### 3.2.5. Aplicación de antioxidante.

Las rodajas de plátano se acomodaron ordenadas en charolas de plástico y con el atomizador de 100 mL. Se agregó el antioxidante Metabisulfito de Sodio por ambos lados de la muestra como se muestra en la figura 10, se deja reposar y penetrar durante 20 min a temperatura ambiente (figura 11).



Figura 8. Aplicación de antioxidante  
Por aspersión



Figura 9. Absorción y reposo de las  
muestras con antioxidante

### 3.2.6. Aplicación del recubrimiento

A los trozos con antioxidante se le aplicó el recubrimiento por atomización con la pistola Adir 679(LC6020), como se muestra en la figura 12, se dejó reposar durante 1 minuto, una vez transcurrido el tiempo se colocaron en un escurridor de plástico (figura 13), los trozos se mantuvieron media hora a temperatura ambiente y media hora en la estufa de secado a 40°C, posteriormente las muestras se dejaron reposar 15 minutos a temperatura ambiente para eliminar el exceso de calor.



Figura 10. Aplicación de recubrimiento por aspersion.



Figura 11. Escurrido de las muestras.

### 3.2.7. Almacenamiento de las muestras

Las muestras se almacenaron en cajas de plástico a temperatura de refrigeración (4°C), (figura 14) por un periodo de 5 días. Tomando muestras durante cada uno de estos.



Figura 12. Empaque de muestras

### 3.3. Análisis de muestras

Se hicieron análisis a las muestras los días 0, 1, 3,5 de firmeza, humedad, color y sólidos solubles totales (SST), y 0, 2, 4 de evaluación microbiológica.

#### 3.3.1. Determinación de color.

Para la determinación del color de las muestras se utilizó un fotocolorímetro MINOLTA CR-400 (figura 15). Se tomaron lecturas en 2 puntos diferentes de cada rodaja del plátano, con esto se obtuvieron los datos dentro de los campos  $L^*a^*b^*$ . Los valores se ubican en el cuadro de cromaticidad. (Figura 16).

L= Luminosidad

$a^*$  y  $b^*$ = Coordenadas de cromaticidad

$a(+)$ = Indica el color rojo

$a(-)$ = Indica color verde

$b(+)$ = Indica color amarillo

$b(-)$ = Indica color azul



Figura 13. Fotocolorímetro MINOLTA CR-400

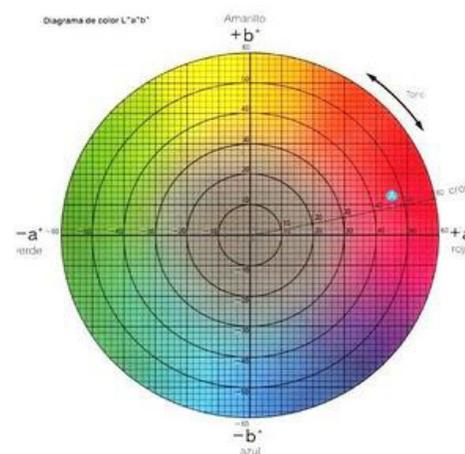


Figura 14. Diagrama de color  $L^*a^*b^*$

### 3.3.2. Determinación de firmeza

Para la determinación de la firmeza se utilizó un penetrómetro FT-327 (figura 17), con puntilla de 8 milímetros de diámetro, tomando 2 lecturas en cada rodaja del plátano, obteniendo resultados en Kg/cm<sup>2</sup>.



Figura 15. Penetrómetro FT-327

### 3.3.3. Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se utilizó una termobalanza marca Precisa XM-50 (figura 18), se coloca una muestra de 4 a 6 gramos en la termobalanza. Se tomaron 3 mediciones de cada tratamiento. La termobalanza se mantiene en método estándar con una temperatura interior de 105°C. Con este método se obtuvieron lecturas a los 10 minutos.

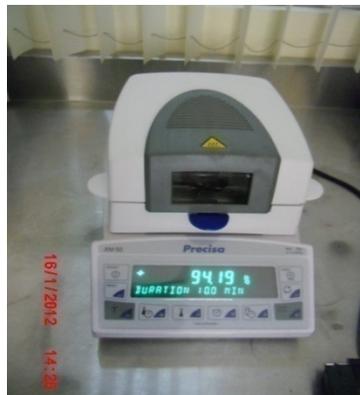


Figura 16. Termobalanza XM-50.

### 3.3.4. Determinación de Sólidos Solubles Totales (SST).

Para la determinación de (SST) se diluyó 0.5 gramos de muestra en 1 mL de agua destilada, se tomó una gota de esta dilución y se colocó en el prisma del refractómetro (figura 19), arrojando el valor registrado en °Brix. Se tomaron 3 lecturas por repetición.



Figura 17. Refractómetro manual.

### 3.3.5. Determinación microbiológica

La determinación microbiológica se llevó a cabo con la evaluación microbiológica convencional, se sembró en cajas petri con diferentes tipos de agar para evaluar el crecimiento de la carga microbiana de bacterias, hongos y levaduras.

Para el análisis microbiológico se homogenizaron 10 gramos de muestra en 90 mL de agua peptonada al 0.5%, se hicieron diluciones consecutivas hasta la concentración de  $(10^{-5})$ .

Para la determinación de hongos y levaduras se utilizaron las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  para hacer la siembra en agar papa dextrosa (PDA), se incubaron durante 48 horas a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Después se hizo el conteo los resultados se representan en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) (Figura 18).

Para la determinación de bacterias mesófilas aerobias se utilizaron las diluciones  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  para hacer la siembra en agar para cuenta estándar, se incubaron durante 48 horas a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ . Los resultados se representan en (UFC/g), (Figura 20).



Figura 18. Preparación de cultivos

### 3.3.6. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con la ayuda de un panel de jueces entrenados y semientrenados (Figura 21).

Se realizó una prueba por triplicado, proporcionando a cada juez 3 pares de muestras, etiquetadas cada muestra con números diferentes de forma aleatoria, se les proporcionó una hoja de evaluación, donde anotarían sus respuestas y comentarios, en la figura 21 se muestra el material que se le proporciona a cada uno de los jueces, se utilizó una prueba discriminativa indicando si las muestras son iguales o diferentes en cuanto a los parámetros de: apariencia, olor, sabor y textura (Anexo 12).



Figura 19. Material para evaluación sensorial.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Características del recubrimiento utilizado.

Se realizó la evaluación del recubrimiento, para determinar sus características, se tomaron diferentes parámetros a evaluar, los promedios de estos se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Caracterización del recubrimiento.

Parámetro	Valor promedio
pH	3.2
Densidad	1.12 gr/ml
Sólidos Solubles Totales	3.02 °Brix
Viscosidad	83500 cps
Color	L* 50.19
	a* 2.46
	b* 0.66

Con base a los resultados promedio obtenidos se determinó que el recubrimiento utilizado inhibe el crecimiento microbiano debido a que la mayoría de las bacterias crecen en un pH óptimo de 8.5 y 7.5. En el caso de los hongos en su mayoría proliferan en pH de carácter bajo, por el contrario las levaduras crecen en un rango de pH más amplio estas van desde 2.5 a 8 (Hernández García, 2011).

### 4.2. Análisis físico-químico

Para el análisis estadístico de las variables cuantitativas se elaboraron cinco productos con recubrimiento y cinco sin éste. De cada producto se seleccionaron tres muestras, teniendo un total de 15 repeticiones. Para el análisis de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza factorial con 2 factores: el primero de

estos factores fue la aplicación o no de recubrimiento, el segundo de estos factores fueron los días transcurridos.

El primer factor tiene 2 niveles, el nivel 0 que corresponde a la muestra sin recubrimiento y el nivel 1 fue la muestra con recubrimiento; el segundo factor es de los días en los que se llevó a cabo el análisis este se realizó con 4 niveles con nomenclatura 0, 1, 3, 5 para las variables de humedad, sólidos solubles totales, textura y color y 3 niveles para el análisis microbiano con nomenclatura 0, 2, 4. En los casos donde fue necesario, se realizó la prueba de Duncan. El paquete estadístico usado es el SAS (2008).

#### 4.2.1. Análisis de firmeza

Para determinar el parámetro de firmeza se hicieron mediciones de resistencia de penetración en  $\text{Kg/cm}^2$ . Se tomaron 2 lecturas en cada muestra haciéndolo por triplicado para cada tratamiento. En los resultados, se encontró que existe diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ) en el uso del recubrimiento; sin recubrimiento se tiene una media de 0.84 y con recubrimiento de 0.89. La interacción entre estos factores se muestra en la figura 22. Donde en el eje de las X se muestran los días transcurridos y en el eje de las Y las medias obtenidas en  $\text{Kg/cm}^2$ .

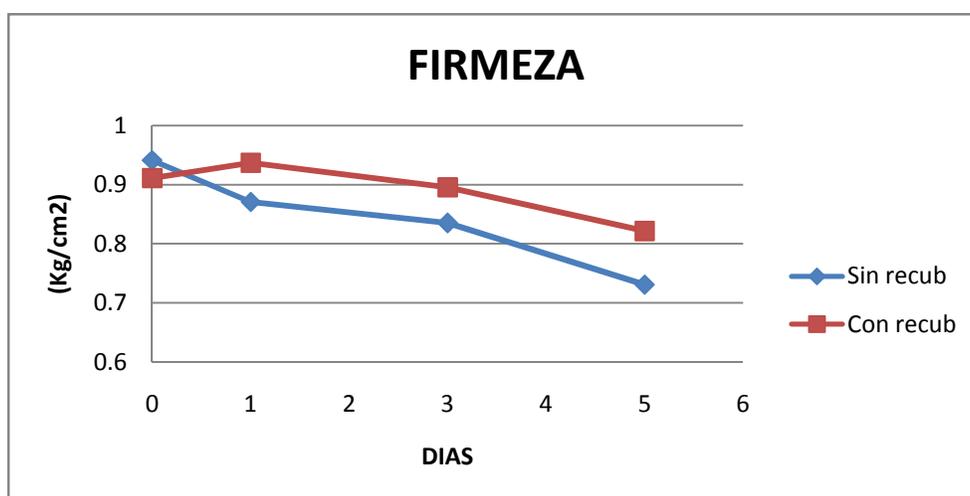


Figura 20. Medias de firmeza y días transcurridos.

En lo que se refiere a los días transcurridos también se presentó una diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ), teniendo un comportamiento descendente, Empezando con una media de 0.92 para el inicio y siguiendo con 0.9, 0.86 y 0.77 consecutivamente. En cuanto a los diferentes bloques no se obtuvieron diferencias significativas.

Según Hernández García (2011) los productos mínimamente procesados pierden la firmeza en un corto tiempo durante el almacenamiento a bajas temperaturas. Este comportamiento se atribuye a los cambios acelerados inducidos por el daño causado a las células del tejido durante el cortado y pelado.

#### **4.2.2. Análisis de color**

Para la determinación de color en este experimento se toman 3 lecturas de cada una de las muestras de los tratamientos, realizando este procedimiento por triplicado. Obteniendo resultados de luminosidad y coordenadas de cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ ).

##### **4.2.2.1. Luminosidad**

Este parámetro determina el brillo que tienen las muestras, a mayor valor numérico obtenido se determina que la muestra tiene mayor luminosidad (brillo), a menor valor numérico menor luminosidad, la muestra es más opaca.

En cuanto a la variable luminosidad presentó un cambio muy significativo en cuanto al uso de recubrimiento o ausencia de este, al usar el recubrimiento en las muestras se obtuvo una media de 62.72, mientras que sin recubrimiento la media fue de 59.7.

También se presentó diferencia muy significativa en cuanto a los días transcurridos, teniendo una luminosidad mayor al inicio de la prueba, luego disminuye a los siguientes días, que estadísticamente son iguales. El comportamiento se muestra en la figura 23.

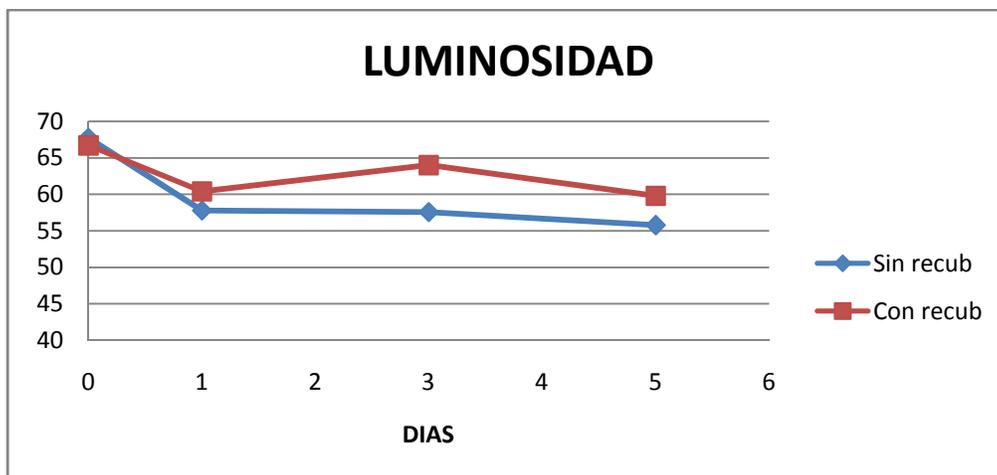


Figura 21. Medias de luminosidad y días transcurridos.

De acuerdo a los datos obtenidos se encontró que hay diferencia significativa, esto quiere decir que la disminución de la luminosidad conforme pasaron los días disminuyó con la presencia de recubrimiento que en ausencia de este; por lo tanto para este parámetro se determina que el recubrimiento beneficia la conservación de las muestras, conservando mayor tiempo la luminosidad del producto y con esto se evita el deterioro de las muestras.

Pantastico (1984), menciona que para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto y proporcionarles luminosidad o brillo es necesaria la aplicación de cubiertas de origen natural o artificial. En cuanto al plátano mínimamente procesado el brillo fue similar en el día cero, pero conforme transcurrieron los días en las muestras sin recubrimiento el brillo fue perdiéndose, mientras que las muestras con recubrimiento la pérdida de brillo es considerablemente menor.

#### 4.2.2.2. Cromaticidad (a\* Rojo)

El parámetro de cromaticidad de tendencia a los tonos rojos

En el análisis del color se encontró que en el eje "a\*" se encontró un cambio significativo con la aplicación del recubrimiento ( $P < 0.01$ ), ya que con la aplicación de éste el producto se tornó más cenizo, pasando de 3.19 a 2.14 en cambio, con el paso de los días se tuvo reafirmación del color rojo, ya que se pasó de un

promedio de 1.18 a 3.78 a los cinco días, con una diferencia muy significativa. Hubo interacción entre los factores, es decir tuvieron el mismo comportamiento (Anexo 21).

#### **4.2.2.3. Cromaticidad (b\* Amarillo)**

Tomando el eje “b\*” de la variable color se encontró que no existe diferencia entre la aplicación del recubrimiento, pero si hubo diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en el transcurso de los días, ya que disminuyó de 24.03 a 20.28, lo que tornó al producto más cenizo (Anexo 23).

Según Aguilar (2004), el cambio de color se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan en el proceso de la maduración, adquiriendo las muestras un color diferente (marrón) debido a la oxidación.

#### **4.2.3. Análisis de humedad**

Los resultados de la variable de humedad se obtienen en %, se tomaron 3 lecturas de cada uno de los diferentes tratamientos para la obtención de los diferentes datos. En cuanto a los resultados se encontró que no existe diferencia significativa entre el uso de recubrimiento y la ausencia de este como se muestra en la figura 24, donde el eje de las X representa los días transcurridos y el de las Y los promedios de los valores de humedad obtenidos, el comportamiento es prácticamente una línea horizontal con una pequeña diferencia al quinto día, cuando el producto con recubrimiento presenta una mayor valor, pero estadísticamente insignificante.

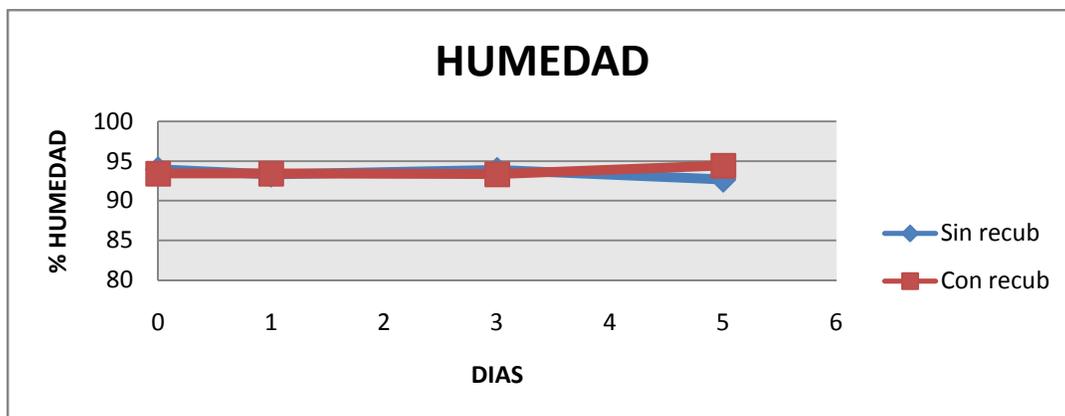


Figura 22. Variable humedad con y sin recubrimiento respecto a los días transcurridos.

No hay diferencia significativa en la interacción del recubrimiento conforme pasaron los días para la variable humedad, esto quiere decir que salvo la variación del quinto día la humedad se comportó muy similar en ausencia o presencia de recubrimiento.

Hoxsoll y Bolin (1989), menciona que los productos frescos cortados tienden a ser más vulnerables a la pérdida de agua porque ya no están intactas después del pelado y corte o rebanado pero sin descartar la posibilidad que estos pueden adquirir humedad del medio.

#### 4.2.4. Análisis de sólidos solubles totales

Para la determinación de estas variables, se encontró que no existe diferencia significativa en cuanto al uso o ausencia del recubrimiento pero se encontró diferencia en el transcurso de los días, sin embargo estos cambios tienen un comportamiento errático por esta razón no se puede considerar que se marque alguna tendencia, este comportamiento realmente se atribuye al paso de los días de la muestra. El comportamiento se muestra en la figura 25.

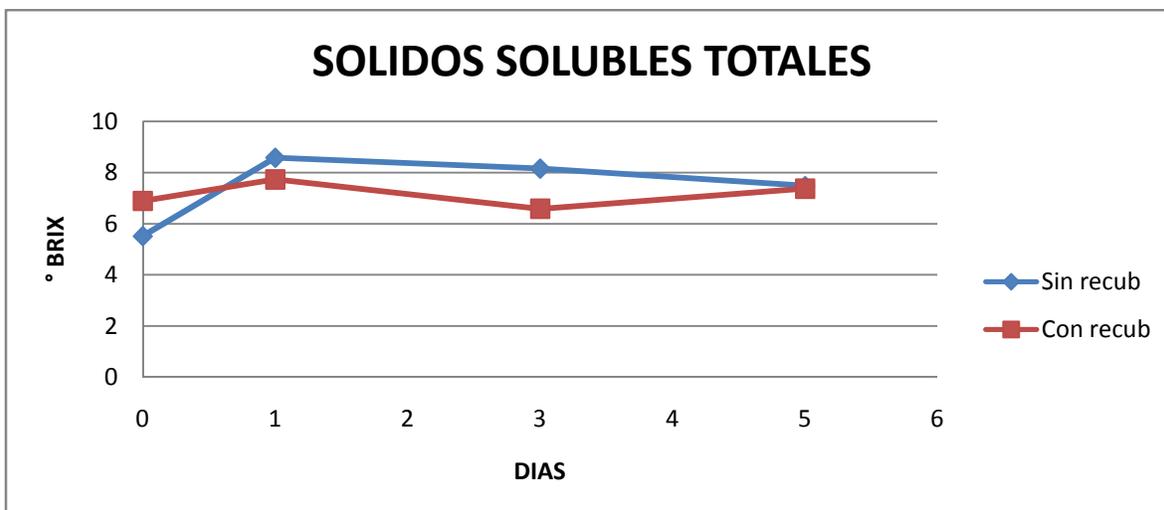


Figura 23. Variable sólidos solubles totales con y sin recubrimiento respecto a los días transcurridos

Según Hernández García (2011) los grados brix son la unidad de medida de las sustancias solubles en agua que refleja el porcentaje de la calidad de sólidos solubles que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable, un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Existe una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza. Cabe mencionar que en este experimento varían estas condiciones ya que el plátano al madurar aumentan sus sólidos solubles y su firmeza disminuye, no bajan ambas con la maduración como se presenta en otros frutos, por eso al realizar este experimento se deben considerar las condiciones óptimas de madurez para un excelente manejo.

#### 4.2.5. Análisis microbiológico

En el cuadro 7 se muestran las medias de los resultados obtenidos del análisis microbiológico en el que se utilizó la dilución  $1 \times 10^{-4}$ , para los métodos ESTANDAR y PDA a los 0, 2,4 días, obteniendo los resultados en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).

Cuadro 7. Resultados de microbiología

Tiempo (días)	Tratamiento	Hongos y levaduras (UFC/g)	Bacterias (UFC/g)
0	C/R	7	17.4
	S/R	5.1	64
2	C/R	8.2	66.8
	S/R	8.2	39.5
4	C/R	16.5	62
	S/R	17.9	28.5

C/R= (muestras con recubrimientos), S/R= (muestras sin recubrimiento)

#### 4.2.5.1. Hongos y levaduras

Al haberse realizado el análisis de las medias con respecto a la evaluación usando el método PDA, para efectos principales de hongos y levaduras entre los días presentados, no se obtuvieron diferencias significativas entre las muestras con uso de recubrimiento y la ausencia de este, presentando una media de 10.4 con recubrimiento y sin este una media de 10.14; aunque hubo un aumento en el número de colonias con el paso de los días, esta diferencia no fue suficiente para ser considerada como diferencia significativa, empezando con un promedio de 6.05 y terminando en 17.27, este comportamiento lo podemos ver en la figura 26.

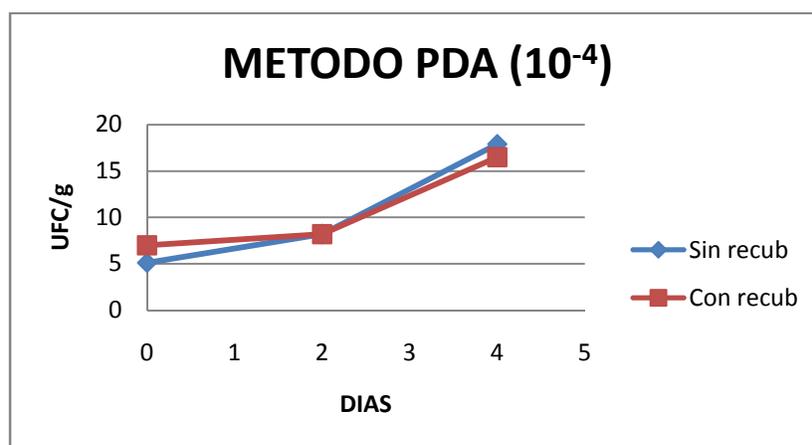


Figura 24. Método PDA presencia de levaduras y hongos (10<sup>-4</sup>).

Según García (2010), los hongos y bacterias son los principales microorganismos que atacan a los productos hortofrutícolas, donde generalmente, en el caso de los hongos, éstos no aparecen durante el crecimiento de las plantas, en algunos casos permanecen en estado latente hasta la maduración del producto hortícola y otros se adquieren durante la cosecha, el transporte y/o el manejo del producto, como es el caso de las frutas.

Los recubrimientos con quitosano forman una cubierta en la superficie de los frutos, que actúa como una barrera mecánica para proteger al fruto de infecciones causadas por hongos, ayudando así a disminuir las enfermedades causadas durante el almacenamiento (González-Aguilar, 2005).

En esta prueba no se observó diferencias en la presencia de microorganismos más bien en el comportamiento de las levaduras y hongos que fueron retardar su presencia en las muestras que contenían el recubrimiento.

#### **4.2.5.2. Bacterias mesofílicas aerobias**

Las medias obtenidas en cuanto a la determinación de colonias de bacterias en la presente investigación se muestran en el cuadro 7, en el presente experimento a diferentes concentraciones se muestra que no se obtuvo una diferencia significativa en cuanto al uso o ausencia de recubrimiento, se pudo observar que la presencia de microorganismos en materia orgánica es inevitable, pero con un buen manejo se puede evitar la mayor contaminación posible.

Según Hernández García (2011), las bacterias pueden contaminar el producto durante la etapa de precosecha principalmente por aguas contaminadas o durante la manipulación de los productos hortofrutícolas y que al formular recubrimientos comestibles con quitosano y adicionar a las formulaciones productos como los aceites esenciales, se evita el desarrollo de microorganismos, se prolonga la vida de anaquel de los productos y se mantienen las propiedades sensoriales de estos.

#### 4.2.6. Evaluación sensorial

En este experimento para este parámetro las variables a evaluar fueron: apariencia, olor, sabor y textura. Las medias de los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Promedio de resultados evaluación sensorial

<b>Características</b>	<b>Igual (%)</b>	<b>Diferente (%)</b>
<b>Apariencia</b>	7.23333333	92.7666667
<b>Olor</b>	16.7	83.3
<b>Sabor</b>	22.0666667	77.9333333
<b>Textura</b>	23	77

Para el caso del parámetro de apariencia 5 muestras se encontraron iguales y 55 diferentes, es decir una porción del 0.92, con lo que se concluye que existe diferencia significativa por el uso del recubrimiento ( $P < 0.1$ ).

La variable apariencia, es de los aspectos más importantes sino el más importante, ya que para la aceptación de un producto la primera impresión la cual se da por la vista es la que queda marcada en el subconsciente y lo que nos da la pauta a aceptar o rechazar un producto hortofrutícola.

Es muy importante el tamaño, la forma, el brillo, el color y la ausencia de defectos visuales. Así también a los aspectos visuales la presentación del producto, como el empaque, la marca, estado de madurez, entre otros aspectos (FCAGR, 2012).

En cuanto al análisis de olor de las 60 muestras presentadas 10 resultados se obtuvieron que las muestras eran iguales y 50 diferentes, es decir una porción del 0.83, con lo que se concluye que existe diferencia significativa por el uso del recubrimiento ( $P < 0.1$ ).

El aroma es una propiedad organoléptica que viene dada por diferentes sustancias volátiles presentes en los alimentos, bien de manera natural u originada durante su procesado, el aroma de un alimento puede venir dado de dos formas distintas:

de forma natural o artificial. El aroma es un parámetro de los alimentos que puede alterarse con facilidad. Durante su procesado son muchas las reacciones que se llevan a cabo y, en cada una de ellas, se sintetizan o destruyen componentes directamente relacionados con los aromas finales. Por este motivo es de gran importancia llevar a cabo adecuadamente todos los procesos de elaboración de los productos bajo estrictas normas de seguridad. (Gimferrer Morato, 2008).

En el análisis de sabor se encontraron 13 muestras iguales y 47 diferentes, con lo que se tiene una proporción de 0.77. Con esto se concluye que hay una diferencia muy significativa entre el uso o no de recubrimiento ( $P < 0.1$ ).

En cuanto a la determinación del parámetro de textura se obtuvieron 14 datos de que las muestras eran iguales y 56 de que eran diferentes, con esto se obtiene que exista una porción del 0.77. Con esto se concluye que existe una diferencia muy significativa en cuanto al uso o ausencia de recubrimiento ( $P < 0.1$ ).

Los resultados se basan en la prueba binomial con la hipótesis nula de que ambos tratamientos son iguales ( $p = 0.5$ ).

Según Hernández García (2011), la textura de las muestras recubiertas disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la aparición de una capa blanquecina que absorbe el agua del interior del fruto provocando su deshidratación.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de este trabajo y en base a los resultados obtenidos podemos concluir que el recubrimiento comestible a base de quitosano aplicado a las rodajas de plátano mantiene sus características físico-químicas.

Los resultados estadísticos obtenidos demuestran que existe diferencia significativa en cuanto a los parámetros de firmeza, humedad, sólidos solubles totales y color, de acuerdo a lo observado durante la experimentación se presentaron mejores parámetros de calidad con las muestras tratadas con el recubrimiento a base de quitosano.

De acuerdo a los resultados obtenidos con la determinación de la presencia de microorganismos en UFC de hongos, levaduras y bacterias, podemos concluir que la utilización del recubrimiento retarda el crecimiento microbiano. Ya que las muestras sin recubrimiento presentaron mayor crecimiento en los primeros días de prueba, según lo observado en el trabajo experimental.

En la evaluación sensorial realizada se encontró una diferencia muy marcada en cuanto al uso o no del recubrimiento la mayoría de jueces encontraron diferencia en cuanto al uso o ausencia de recubrimiento conforme pasaron los días, la mayoría de los jueces marcaron que en cuanto a sabor las muestras fueron un poco ácidas, algo que no se presenta normalmente el plátano como naturalmente se consume.

Se puede concluir que la utilización del recubrimiento comestible a base de quitosano es una buena opción para hacer presentaciones de plátano en rodajas.

## CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Anzaldúa-Morales Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza España: Editorial Acribia S.A., 2004.
- Aular Urrieta Jesus E. “libro de consulta” Manejo postcosecha de frutas. [En línea]  
<http://es.scribd.com/doc/23578851/Manejo-postcosecha-de-frutas>. 07 de febrero 2012.
- Avendaño Álvarez Alfredo. 2010 “Estudio bactericida de películas comestibles de Oligosacáridos de quitosán aplicadas sobre carne de res”. Tesis de licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Catarina, Udlap. “Películas comestibles”. [En línea]  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/ya\\_h\\_pa/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/ya_h_pa/capitulo4.pdf)  
17 enero 2012.
- ConsumerEroski, 2011 “frutos platano”. [En línea]  
<http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/frutas-y-derivados/2006/01/26/148649.php>.
- Distribuidora de Químicos Industriales S.A. ficha técnica “Metabisulfito de Sodio grado Alimenticio” [En línea]  
<http://67.225.180.73/~dqisaco/pdf/METABISULFITO%20DE%20SODIO%20GRADO%20ALIMENTICIO.pdf>. 22 de febrero 2012.
- FCAGR.2012. “El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor”. [En línea]  
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/7AM18.htm> 17 de mayo de 2012.

- García Ángel H. 2009 “Efecto de películas de quitosano sobre la vida de anaquel del queso panela”. Tesis de licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Gimferrer Morato Natalia “El aroma en los alimentos”. [En línea] <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/06/25/177969.php> 17 de mayo de 2012.
- Guzmán, G. 2003. “Efecto del tipo de plastificante en películas de quitosano. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México. [En línea]. [http://catarina.uadlp.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/guzman\\_v\\_g](http://catarina.uadlp.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/guzman_v_g).
- Hernández García Blanca Estela. 2011 “Evaluación de un recubrimiento comestible aplicado en melón mínimamente procesado. Tesis de licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Infoagro. 2012. El cultivo del plátano primera parte. [En línea] [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm). 14 de febrero 2012.
- Lárez Velásquez Cristóbal. “Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos”. Vol 4. 2003.
- Meza Godoy Alberto “Desarrollo de películas o recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de frutas frescas” postgrado, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2006.

- Moreira María del Rosario, Pereda Mariana, Marcovich Norma E. y Roura Sara I. “Propiedades antimicrobianas de películas comestibles híbridas caseinato de sodio/quitosano: aplicación sobre alimentos de origen vegetal, cárnico y lácteo.” Instituto de Investigación de Ciencia y Tecnología de Materiales, 2010.
- Noriega Alemán Tania Magdalena. 2011 “Diseño y evaluación de una película comestible a base de quitosano con un antimicrobiano natural”. Tesis de licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pantastico, E. Fisiología de la Postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales: Editorial continental S.A., 1984.
- Plascencia Jorquera Alejandro. “Evaluación del Emulsificante Monoleato Polioxietileno de Sorbitano 80 (tween 80) utilizado como aditivo alimenticio en dietas de finalización enriquecidas con grasa para bovinos de engorda: digestión de nutrimentos y retención de energía”. Universidad Autónoma de Baja California. [En línea]  
<http://cimarron.mx/uabc.mx/ssdpi/informacion.php?clave=201/5/C/23/12>. 14 de febrero 2012.
- Ramos García. Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para uso de Productos Hortofrutícolas”. Revista Mexicana de Patología. Vol. 28 pág. 2-6. Mayo 04, 2010.
- Robles-Sanchez, Maribel, GORINSTEIN, Shela, MARTIN-BELLOSO, Olga. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *INCI*, abr. 2007, vol.32, no.4, p.227-232. ISSN 0378-1844.

- SAGARPA, 2011. [En línea]  
<http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Frutas/Platano.htm>
  
- Trejo Márquez Ma. Andrea “libro de consulta” Aplicación de recubrimientos comestibles [En línea]  
<http://www.slideshare.net/postcosecha/recubrimientos-comestibles>. 16 de febrero 2012.

## CAPITULO VII. ANEXOS

### 1. Media del experimento 1 (plátano 1), **sin recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	93.54333333	93.52333333	93.33333333	92.57
<b>FIRMEZA</b>	0.89666667	0.865	0.81666667	0.65833333
<b>SST</b>	4.63333333	8.36666667	9.36666667	7.33333333
<b>L*</b>	58.64	48.40333333	59.01666667	50.81
<b>a*</b>	3.54333333	3.63666667	2.81	4.08
<b>b</b>	21.51	22.12	18.30666667	18.85666667

### 2. Media del experimento 1 (plátano 1), **con recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	94.18	94.01666667	93.75	94.49333333
<b>FIRMEZA</b>	0.76	0.895	0.87833333	0.75666667
<b>SST</b>	6.56666667	8	5.9	7.33333333
<b>L*</b>	72.01666667	59.74666667	66.63666667	60.35
<b>a*</b>	-1.05	2.09333333	1.80333333	2.50333333
<b>b</b>	21.11666667	16.92	17.96	18.00333333

3. Media del experimento 2 (plátano 2), **sin recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	93.68	92.73666667	93.56	93.09666667
<b>FIRMEZA</b>	0.90666667	0.82666667	0.84666667	0.816666667
<b>SST</b>	4.6	8.83333333	9	7.466666667
<b>L*</b>	63.1966667	48.59	55.9733333	53.43333333
<b>a*</b>	2.13333333	2.70666667	2.55666667	3.763333333
<b>b</b>	21.43	21.4966667	16.5233333	18.78333333

4. Media del experimento 2 (plátano 2), **con recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	93.01666667	94.79	93.48666667	95.25333333
<b>FIRMEZA</b>	0.90666667	0.925	0.89666667	0.821666667
<b>SST</b>	7.86666667	8.1	6.46666667	5.733333333
<b>L*</b>	62.3366667	58.43	59.0633333	56.94666667
<b>a*</b>	0.52666667	3.25333333	2.81	2.96
<b>b</b>	19.9033333	15.9366667	20.3366667	14.96333333

5. Media del experimento 3 (plátano 3), **sin recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	94.08	93.36666667	93.89333333	92.62333333
<b>FIRMEZA</b>	0.835	0.871666667	0.896666667	0.723333333
<b>SST</b>	5.2	8.7	7.2	7.133333333
<b>L*</b>	72.18666667	63.11	61.67666667	53.79666667
<b>a*</b>	0.61	2.92	3.34	5.226666667
<b>b</b>	24.59666667	25.91333333	23.07	19.63

6. Media del experimento 3 (plátano 3), **con recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	94.42666667	90.35	93.97666667	94.58333333
<b>FIRMEZA</b>	0.953333333	0.878333333	0.883333333	0.82
<b>SST</b>	6.166666667	7.8	6.533333333	8.4
<b>L*</b>	63.05666667	61.59666667	71.33666667	64.23666667
<b>a*</b>	1.793333333	0.58	1.18	2.323333333
<b>b</b>	24.28666667	27.76333333	26.58333333	22.40333333

7. Media del experimento 4 (plátano 4), **sin recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	93.90333333	93.67333333	93.97333333	92.24666667
<b>FIRMEZA</b>	1.08166667	0.86833333	0.84833333	0.75666667
<b>SST</b>	5.36666667	8.4	8.4	7.46666667
<b>L*</b>	71.67	65.6266667	52.3633333	63.53333333
<b>a*</b>	1.16666667	2.19	4.3	3.44666667
<b>b</b>	25.5866667	25.8366667	18.1633333	25.57

8. Media del experimento 4 (plátano 4), **con recubrimiento**

MEDIA				
Variables	0	1	3	5
<b>HUMEDAD</b>	93.15	93.99	93.1766667	93.29333333
<b>FIRMEZA</b>	1.01666667	1.04333333	0.92	0.79666667
<b>SST</b>	7.1	7.6	7.43333333	8.13333333
<b>L*</b>	65.8833333	57.2533333	61.7833333	56.89333333
<b>a*</b>	0.58	2.28	2.44	3.71333333
<b>b</b>	23.8866667	26.8866667	22.4933333	20.06

9. Media del experimento 5 (plátano 5), **sin recubrimiento**

<b>MEDIA</b>				
<b>Variables</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>HUMEDAD</b>	94.52333333	93.22	94.57	92.77
<b>FIRMEZA</b>	0.986666667	0.923333333	0.766666667	0.7
<b>SST</b>	7.76666667	8.56666667	6.76666667	7.966666667
<b>L*</b>	72.91666667	63.11666667	58.7433333	57.22666667
<b>a*</b>	1.146666667	3.49	5.253333333	5.54
<b>b</b>	31.71333333	26.69666667	23.98	20.72666667

10. Media del experimento 5 (plátano 5), **con recubrimiento**

<b>MEDIA</b>				
<b>Variables</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>HUMEDAD</b>	92.42	94.00333333	92.37	94.55
<b>FIRMEZA</b>	0.92	0.943333333	0.9	0.913333333
<b>SST</b>	6.73333333	7.13333333	6.56666667	7.233333333
<b>L*</b>	70.21333333	65.01333333	61.1266667	60.49
<b>a*</b>	1.356666667	2.91	4.523333333	4.27
<b>b</b>	26.29666667	26.77	24.7733333	23.52333333

## 11. Resultados de análisis microbiológico

SIN RECUBRIMIENTO								
DIAS	DILUCIONES	PDA (HONGOS Y LEVADURAS)			ESTANDAR (BACTERIAS)			
		R1	R2	PROMEDIO	DILUCIONES	R1	R2	PROMEDIO
0	10 <sup>-3</sup>	10	INC	10	10 <sup>-4</sup>	98	15	56.5
	10 <sup>-3</sup>	17	13	15	10 <sup>-4</sup>	89	9	49
	10 <sup>-4</sup>	0	13	7.5	10 <sup>-5</sup>	102	12	62
	10 <sup>-4</sup>	8	4	6	10 <sup>-5</sup>	INC	6	6
2	10 <sup>-3</sup>	3	5	4	10 <sup>-4</sup>	INC	18	18
	10 <sup>-3</sup>	10	3	6.5	10 <sup>-4</sup>	INC	32	32
	10 <sup>-4</sup>	2	4	3	10 <sup>-5</sup>	INC	1	1
	10 <sup>-4</sup>	1	4	2.5	10 <sup>-5</sup>	10	1	5.5
4	10 <sup>-3</sup>	14	27	20.5	10 <sup>-4</sup>	85	18	51.5
	10 <sup>-3</sup>	50	48	49	10 <sup>-4</sup>	74	17	45.5
	10 <sup>-4</sup>	30	5	17.5	10 <sup>-5</sup>	43	9	26
	10 <sup>-4</sup>	41	6	23.5	10 <sup>-5</sup>	5	5	5

CON RECUBRIMIENTO								
DIAS	DILUCIONES	PDA (HONGOS Y LEVADURAS)			ESTANDAR (BACTERIAS)			
		R1	R2	PROMEDIO	DILUCIONES	R1	R2	PROMEDIO
0	10 <sup>-3</sup>	11	2	6.5	10 <sup>-4</sup>	6	10	8
	10 <sup>-3</sup>	4	2	3	10 <sup>-4</sup>	4	8	6
	10 <sup>-4</sup>	10	3	6.5	10 <sup>-5</sup>	INC	8	8
	10 <sup>-4</sup>	21	3	12	10 <sup>-5</sup>	INC	7	7
2	10 <sup>-3</sup>	0	1	0.5	10 <sup>-4</sup>	85	13	49
	10 <sup>-3</sup>	0	1	0.5	10 <sup>-4</sup>	74	42	58
	10 <sup>-4</sup>	9	1	5	10 <sup>-5</sup>	43	2	22.5
	10 <sup>-4</sup>	5	1	3	10 <sup>-5</sup>	5	0	2.5
4	10 <sup>-3</sup>	41	21	31	10 <sup>-4</sup>	65	15	40
	10 <sup>-3</sup>	52	36	44	10 <sup>-4</sup>	35	32	33.5
	10 <sup>-4</sup>	37	19	28	10 <sup>-5</sup>	37	6	21.5
	10 <sup>-4</sup>	13	9	11	10 <sup>-5</sup>	13	3	8

## 12. Formato de evaluación sensorial

Nombre \_\_\_\_\_ fecha \_\_\_\_\_

Sesión: \_\_\_\_\_ Muestra: Rodajas de plátano

Ante usted tiene 6 muestras de rodajas de plátano agrupadas en pares, favor de evaluar cada par considerando las características enlistadas en el cuadro y definir con una "X" si son IGUALES o DIFERENTES. Recuerde no pasarse la muestra y enjuagarse la boca entre cada par.

Característica	Par 325-727	Igual	Diferente	Par 542-873	Igual	Diferente	Par 649-108	Igual	Diferente
Apariencia	325-727			542-873			649-108		
Olor	325-727			542-873			649-108		
Sabor	325-727			542-873			649-108		
textura	325-727			52-873			649-108		

Comente sobre las características que nota por favor.

---

---

---

GRACIAS POR TU GRAN AYUDA

### 13. Análisis de varianza para la variable humedad

The GLM Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Recub	2	0 1				
Dias	4	0 1 3 5				
Number of observations		120				
The GLM Procedure						
Dependent Variable: Humedad		Humedad				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	7	29.3312592	4.1901799	2.94	0.0073	
Error	112	159.7136400	1.4260146			
Corrected Total	119	189.0448992				
R-Square		Coeff Var	Root MSE	Humedad Mean		
0.155155		1.276437	1.194159	93.55408		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	3	1.71498250	0.57166083	0.40	0.7526	
Recub	1	1.44540750	1.44540750	1.01	0.3162	
Recub*Dias	3	26.17086917	8.72362306	6.12	0.0007	

### 14. Análisis de varianza para la variable firmeza.

The GLM Procedure						
Dependent Variable: Firmeza		Firmeza				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	7	0.52193667	0.07456238	10.41	<.0001	
Error	112	0.80198333	0.00716057			
Corrected Total	119	1.32392000				
R-Square		Coeff Var	Root MSE	Firmeza Mean		
0.394236		9.748862	0.084620	0.868000		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	3	0.39326000	0.13108667	18.31	<.0001	
Recub	1	0.06580083	0.06580083	9.19	0.0030	
Recub*Dias	3	0.06287583	0.02095861	2.93	0.0369	

15. Prueba de Duncan para medias de la variable firmeza según los días transcurridos.

Duncan's Multiple Range Test for Firmeza				
Alpha		0.05		
Error Degrees of Freedom		112		
Error Mean Square		0.007161		
Number of Means	2	3	4	
Critical Range	.04329	.04556	.04707	
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	Dias	
A	0.92633	30	0	
B A	0.90400	30	1	
B	0.86533	30	3	
C	0.77633	30	5	

16. Análisis de varianza para la variable Sólidos Solubles Totales.

The GLM Procedure					
Dependent Variable: SST SST					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	96.5093333	13.7870476	18.65	<.0001
Error	112	82.7773333	0.7390833		
Corrected Total	119	179.2866667			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	SST Mean	
	0.538296	11.80366	0.859700	7.283333	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	3	58.4940000	19.4980000	26.38	<.0001
Recub	1	2.4653333	2.4653333	3.34	0.0705
Recub*Dias	3	35.5500000	11.8500000	16.03	<.0001

17. Prueba de Duncan para medias de la variable Sólidos Solubles Totales según los días transcurridos.

The GLM Procedure				
Duncan's Multiple Range Test for SST				
Alpha		0.05		
Error Degrees of Freedom		112		
Error Mean Square		0.739083		
Number of Means	2	3	4	
Critical Range	.4398	.4629	.4782	
Duncan Grouping	Mean	N	Dias	
A	8.1500	30	1	
B	7.4200	30	5	
B	7.3633	30	3	
C	6.2000	30	0	

18. Análisis de varianza para la variable Luminosidad.

The GLM Procedure					
Dependent Variable: L L					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	2067.994533	295.427790	7.13	<.0001
Error	112	4638.671347	41.416708		
Corrected Total	119	6706.665880			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	L Mean	
	0.308349	10.51377	6.435581	61.21100	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	3	1576.021020	525.340340	12.68	<.0001
Recub	1	273.430830	273.430830	6.60	0.0115
Recub*Dias	3	218.542683	72.847561	1.76	0.1591

19. Prueba de Duncan para medias de la variable luminosidad según los días transcurridos.

Duncan's Multiple Range Test for L				
	Alpha	0.05		
	Error Degrees of Freedom	112		
	Error Mean Square	41.41671		
	Number of Means	2	3	4
	Critical Range	3.292	3.465	3.580
Duncan Grouping	Mean	N	Dias	
A	67.212	30	0	
B	60.772	30	3	
B	59.089	30	1	
B	57.772	30	5	

20. Análisis de varianza para la variable color correspondiente al eje a\*.

The GLM Procedure					
Dependent Variable: a_ a_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	143.4586658	20.4940951	11.93	<.0001
Error	112	192.3930267	1.7177949		
Corrected Total	119	335.8516925			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	a_ Mean	
	0.427149	49.12929	1.310647	2.667750	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	3	109.3965825	36.4655275	21.23	<.0001
Recub	1	33.1065075	33.1065075	19.27	<.0001
Recub*Dias	3	0.9555758	0.3185253	0.19	0.9061

21. Prueba de Duncan para la color correspondiente al eje a\*.

The GLM Procedure				
Duncan's Multiple Range Test for a_				
Alpha				0.05
Error Degrees of Freedom				112
Error Mean Square				1.717795
Number of Means	2	3	4	
Critical Range	.6705	.7057	.7290	
Duncan Grouping	Mean	N	Dias	
A	3.7827	30	5	
B	3.1017	30	3	
B	2.6060	30	1	
C	1.1807	30	0	

22. Análisis de varianza para la variable color correspondiente al eje b\*.

The GLM Procedure						
Dependent Variable: b_ b_						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	7	399.037266	57.005324	3.31	0.0030	
Error	112	1926.740293	17.203038			
Corrected Total	119	2325.777559				
R-Square	0.171572	Coeff Var	18.61235	Root MSE	4.147655	b_ Mean
						22.28442
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	3	304.3075025	101.4358342	5.90	0.0009	
Recub	1	6.9745408	6.9745408	0.41	0.5256	
Recub*Dias	3	87.7552225	29.2517408	1.70	0.1710	

23. Prueba de Duncan para la color correspondiente al eje b\*.

The GLM Procedure				
Duncan's Multiple Range Test for b_				
Alpha				0.05
Error Degrees of Freedom				112
Error Mean Square				17.20304
Number of Means	2	3	4	
Critical Range	2.122	2.233	2.307	
Duncan Grouping	Mean	N	Dias	
A	24.033	30	0	
A	23.634	30	1	
B	21.219	30	3	
B	20.252	30	5	

24. Análisis de varianza de la variable bacterias con medición del método PDA a una dilución de -3.

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	3	0 2 4			
Number of observations		54			
The GLM Procedure					
Dependent Variable: PDA_3 PDA_3					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	5639.25833	1127.85167	1.35	0.2617
Error	48	40245.57500	838.44948		
Corrected Total	53	45884.83333			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PDA_3 Mean	
	0.122900	110.1919	28.95599	26.27778	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	2	4514.812963	2257.406481	2.69	0.0779
Recub	1	19.467593	19.467593	0.02	0.8795
Recub*Dias	2	1498.346296	749.173148	0.89	0.4159

25. Análisis de varianza de la variable bacterias con medición del método PDA a una dilución de -4.

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	3	0 2 4			
Number of observations		58			
The GLM Procedure					
Dependent Variable: PDA_4 PDA_4					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	1352.586207	270.517241	2.90	0.0220
Error	52	4847.000000	93.211538		
Corrected Total	57	6199.586207			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PDA_4 Mean	
	0.218174	93.95428	9.654612	10.27586	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	2	1295.525000	647.762500	6.95	0.0021
Recub	1	0.400000	0.400000	0.00	0.9480
Recub*Dias	2	26.017308	13.008654	0.14	0.8701

26. Prueba de Duncan para la variable bacterias con medición del método PDA a una dilución de -4.

Duncan's Multiple Range Test for PDA_4			
Alpha			0.05
Error Degrees of Freedom			52
Error Mean Square			93.21154
Harmonic Mean of Cell Sizes			19.28571
NOTE: Cell sizes are not equal.			
Number of Means	2		3
Critical Range	6.239		6.562
Duncan Grouping	Mean	N	Dias
A	17.278	18	4
B	8.200	20	2
B	6.050	20	0

27. Análisis de varianza de la variable bacterias con medición del método estándar a una dilución de -4.

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	3	0 2 4			
Number of observations			34		
The GLM Procedure					
Dependent Variable: Est_4 Est_4					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	15423.44286	3084.68857	6.18	0.0006
Error	28	13967.05714	498.82347		
Corrected Total	33	29390.50000			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Est_4 Mean	
	0.524776	47.01970	22.33436	47.50000	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	2	502.23602	251.11801	0.50	0.6098
Recub	1	85.94286	85.94286	0.17	0.6812
Recub*Dias	2	12429.53243	6214.76622	12.46	0.0001

28. Análisis de varianza de la variable bacterias con medición del método estándar a una dilución de -5.

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Recub	2	0 1			
Dias	3	0 2 4			
Number of observations		38			

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Est_5		Est_5			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	6592.67982	1318.53596	8.46	<.0001
Error	32	4986.08333	155.81510		
Corrected Total	37	11578.76316			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Est_5 Mean
	0.569377	52.18245	12.48259	23.92105

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	2	223.393939	111.696970	0.72	0.4960
Recub	1	243.206667	243.206667	1.56	0.2206
Recub*Dias	2	4997.666667	2498.833333	16.04	<.0001