UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EFECTO DEL AGENTE ANTIMICROBIANO DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA Y ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN EN LA COBERTURA COMESTIBLE Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS Y ACEPTABILIDAD GENERAL EN RODAJAS DE BANANO (*Musa Paradisíaca*).

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

JESSICA NATALI PEREZ AGUIRRE

TRUJILLO, PERÚ

2016

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

_____

Ing. Dr. Freddy Pérez Azahuanche
PRESIDENTE

_____

Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta
SECRETARIO

_____

Ing. Max Vásquez Senador
VOCAL

_____

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez
ASESOR

DEDICATORIA

A mi amado Miguel por su apoyo incondicional e impulsarme a ser mejor cada día, te amo corazón.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar hasta este punto, brindarme salud y vivir para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor en cada uno de mis pasos.

Agradezco de manera muy especial a mi asesora de Tesis la Ing. Ms. Carla Pretell por haberme brindado todo su apoyo en la realización de este proyecto, su total entrega, paciencia y dedicación, fueron claves para lograr este objetivo.

A mi Director de Escuela el Ing. Ms. Luis Márquez por su dedicación, esfuerzo y compromiso a esta hermosa Carrera. Por compartir esa pasión hacia la Industria de Alimentos, que ha sido base fundamental en mi desarrollo como profesional.

Mi agradecimiento también va para mis padres, Maricela y Valdemar, por su esfuerzo en mi formación profesional. A mis hermanos Shirley y Bruno, por animarme siempre y ser motor en mi vida. A mi abuelita Peta que desde el cielo sé que estará contenta con este logro. A mi tía Bella por todo ese cuidado especial que tuvo en mi carrera profesional. A mis amigas Jhovy, Claudia, Naty, María, Ana en especial a Sofía, Paolita y Rosita por su apoyo y colaboración durante la realización del Proyecto. No quiero dejar de mencionar a mis amigos Aquiles, Indira y Martha por todas sus atenciones, muchas gracias por todo.

Para finalizar son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y por todo lo que me han brindado.

A todos muchas gracias y que Dios los bendiga.

INDICE GENERAL

Pág.

Carátula i
Aprobación por el Jurado de Tesis ii
Dedicatoria iii
Agradecimiento iv
Índice General v
Índice de Cuadros viii
Índice de Figuras x
Índice de Anexos xii
Resumen xiv
Abstract xv

I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
2.1. Aspectos generales del banano 5
2.1.1. Especificaciones técnicas 5
2.1.2. Diferencias entre el banano y el plátano. 6
2.1.3. Definición y características 7
2.1.4. Descripción del producto 8
2.1.5. Propiedades nutritivas y usos. 8
2.1.6. Tecnología poscosecha. 9
2.1.7. Indicé de madurez 13
2.1.8. Pardeamiento enzimático del banano. 14
2.1.9. Producción de banano. 16
2.2. Coberturas y películas comestibles 16
2.3. Materiales de coberturas comestibles para frutas y hortalizas 18
2.3.1. Coberturas a base de polisacáridos. 21
2.3.2. Coberturas a base de proteínas 29

2.4. Aditivos usados en las coberturas comestibles..... 34
2.5. Agente Antibacteriano de los aceites esenciales... 36
2.6. Evaluación sensorial 38
2.6.1. Clasificación de pruebas sensoriales.....39
2.6.1.1. Pruebas orientadas al consumidor (afectivas). 40
2.6.1.2. Pruebas orientadas al producto (analíticas).....40
III. MATERIALES Y MÉTODOS 41
3.1. Lugar de ejecución.....41
3.2. Materia prima 41
3.3. Materiales y equipos 41
3.3.1. Insumos 41
3.3.2. Equipos e instrumentos de laboratorio.....43
3.4. Metodología 44
3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de las rodajas de banano mínimamente procesadas 44
3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de las rodajas de banano mínimamente procesadas.....46
3.4.3. Elaboración de coberturas comestibles 49
3.4.4. Métodos de análisis 50
3.4.4.1. Pérdida de peso.....50
3.4.4.2. Análisis de color.....50
3.4.4.3. Firmeza.....50
3.4.4.4. Recuento total de mohos y levaduras.....51
3.4.5. Aceptabilidad general.....51
3.4.6. Método estadístico.....53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54
4.1. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en rodajas de banano.....54
4.2. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la Luminosidad en rodajas de banano 58

4.3. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en rodajas de banano.....63
4.4. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano.....68
4.5. Aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible.....73
V. CONCLUSIONES 78
VI. RECOMENDACIONES.....79
VII. BIBLIOGRAFÍA 80
VIII. ANEXOS.....93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especificaciones Técnicas 5
Cuadro 2. Valores nutritivo del banano y plátano 9
Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible. 56
Cuadro 4. Análisis de varianza para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible. 57
Cuadro 5. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible. 58
Cuadro 6. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la Luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible. 62
Cuadro 7. Análisis de varianza para los valores de Luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible. 62
Cuadro 8. Prueba de Duncan para valores de Luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible..... 63
Cuadro 9. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la firmeza (N) en rodajas de banano con cobertura comestible. 66
Cuadro 10. Análisis de varianza para la firmeza en rodajas de banano con cobertura comestible 67
Cuadro 11. Prueba de Duncan para valores de firmeza en rodajas de banano con cobertura comestible. 68
Cuadro 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible 71

Cuadro 13. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible..... 72
Cuadro 14. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible..... 73
Cuadro 15. Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible 76
Cuadro 16. Prueba de Mann-Whitney para aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible 76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banano (*Musa paradisíaca)* 8
Figura 2. Cartilla de color de las etapas de madurez del banano ... 14
Figura 3. Acción de la polifenoloxidasa (PFO) sobre los compuestos fenólicos..... 15
Figura 4. Estructura del aldehído cinámico 37
Figura 5. Estructura del Estructura del limoneno 38
Figura 6. Esquema experimental para la evaluación de las rodajas de banano mínimamente procesadas..... 45
Figura 7. Procedimiento experimental para la obtención de las rodajas de banano mínimamente procesadas..... 46
Figura 8. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad ...general de rodajas de banano 52
Figura 9. Pérdida de peso en rodajas de banano con .... cobertura comestible en función de los días de almacenamiento .. 54
Figura 10. Luminosidad en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento..... 59
Figura 11. Firmeza de las rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento..... 64
Figura 12. Recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento..... 69
Figura 13. Aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento..... 74

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica gelatina 93
Anexo 2. Ficha técnica de Cloruro de Calcio 94
Anexo 3. Ficha técnica de ácido cítrico..... 95
Anexo 4. Ficha técnica de ácido ascórbico 96
Anexo 5. Ficha técnica de aceite esencial de limón..... 97
Anexo 6. Ficha técnica de aceite esencial de canela..... 98
Anexo 7. Pérdida de peso (%) en rodajas de banano con cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C..... …….. 99
Anexo 8. Valores de L* en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C…. .....…. 101
Anexo 9. Valores de Firmeza (N) de las rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante de almacenamiento durante el almacenamiento a 5°C..... 103
Anexo 10. Recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C..... 105
Anexo 11. Resultados aceptabilidad general en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C..... 107
Anexo 12. Proceso de elaboración de las coberturas comestibles….. 110
Anexo 13. Proceso de elaboración de rodajas de banano con cobertura comestible..... … 112

Anexo 14. Tratamientos al final del almacenamiento a 5°C de las rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible..... …. 113

RESUMEN

Se evaluó el efecto antimicrobiano del aceite esencial de limón y aceite esencial de canela, ambos a 0.05 % en la cobertura comestible de almidón de maíz-gelatina y tiempo de almacenamiento a 5°C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banano mínimamente procesados. Las variables dependientes fueron evaluadas al día 0, 2 y 4. El análisis de varianza denotó un efecto significativo de los agentes antimicrobianos y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso, luminosidad (L*), firmeza y recuento de mohos y levaduras.

La Prueba de Levene aplicada, indicó la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$) en las variables paramétricas estudiadas, por lo que se procedio a realizar el análisis de varianza y la prueba de Duncan para determinar la tendencia al mejor tratamiento.

Se determinó que la cobertura con aceite esencial de canela presentó la menor pérdida de peso, mayor Luminosidad (L*) y firmeza durante los 4 días de almacenamiento a 5°C. También se determinó que el tratamiento de cobertura con aceite esencial de canela presentó el menor recuento de mohos y levaduras (200 ufc/g), seguido del tratamiento con cobertura de aceite esencial de limón (750 ufc/g), ambos, fueron mejores en comparación del tratamiento control (1233 ufc/g). La prueba de Kruskal-Wallis evidenció efecto significativo de los agentes antimicrobianos sobre

la aceptabilidad general en los tratamientos al final del almacenamiento. La prueba de Mann-Whitney indicó que al día 4 de almacenamiento, la cobertura con aceite esencial de canela, fue el mejor debido a que presentó la mejor moda con puntos y fue diferente a los demás tratamientos.

ABSTRACT

It was evaluated the antimicrobial effect of lemon essential oil and cinnamon essential oil, both of them at 0.05% in the edible coverage corn starch-gelatin and storage time at 5° C on the physicochemical characteristics, mold and yeast count and general acceptability of minimally processed sliced banana. The dependent variables were evaluated on day 0, day 2 and day 4. Analysis of variance denoted a significant effect of antimicrobial agents and storage time on weight loss (%), color parameters (L *), firmness (N) and yeast and mold count (cfu / g).

Levene Test applied, indicated the to the parameters of loss of weight (%), Luminosity (L *), firmness (N) and counting of molds and yeasts (cfu / g) in slicedbanana, indicated the existence of homogeneity of variance (p> 0.05),therefore the analysis of variance and the Duncan Test were performed to determine the best treatment.

It was determined that coverage with essential cinnamon oil performed the lowest weight loss (%), higher brightness value (L *) and greater firmness value (N) during the 4 days storage at 5° C. It was also determined that the treatment with essential cinnamon oil presented the lowest count of molds and yeasts (200 cfu / g), followed by coverage treatment of essential lemon oil (750 cfu / g), both treatments were better, compared to antimicrobial control treatment (1233 cfu / g). The Kruskal-Wallis test showed significant

effect of antimicrobial agents on the general acceptability in treatments at the end of storage. The Mann Whitney test indicated that by the fourth day of storage, the coverage with essential cinnamon oil, have the best performance because of its best moda and it was different to the other treatments.

I. INTRODUCCIÓN

Las frutas juegan un papel importante en una dieta saludable. Los mercados locales nos ofrecen una amplia variedad de frutas frescas y nutritivas (FDA, 2015). Uno de los frutos de mayor demanda en su consumo es el banano (MINAGRI, 2014). Desde el punto de vista nutricional y alimentario, el banano se constituye en una fuente natural de hidratos de carbono (energía), fibra, potasio y vitaminas B6 por lo cual es considerado un producto dietético y favorable digestivo por su elevado aporte de fibra, del tipo fruto-oligosacáridos (López y Gómez, 2014).

El banano es la fruta fresca más exportada en el mundo tanto por volumen como por valor económico (7000 millones de dólares/año). Supone una importantísima fuente de ingresos y empleo para cientos de miles de familias rurales en países en desarrollo (FAO, 2015). En tal sentido surge una alternativa para su mayor consumo con los productos mínimamente procesados, los cuales confieren un valor añadido a las frutas frescas y enteras, ofreciendo al consumidor, por un lado conveniencia en cuanto al espacio y tiempo de preparación, y por otro lado, un producto con atributos similares a los productos frescos (Rojas – Graü y otros, 2009).

La introducción de frutas frescas mínimamente procesados es una forma de incrementar su consumo, sin embargo las operaciones involucradas en la preparación de productos mínimamente procesados provocan su deterioro (Sarabia, 2013).

El uso de coberturas comestibles es quizás la técnica más novedosa y prometedora para alargar la vida útil de este tipo de productos por los beneficios que aportan como barrera a los gases y al vapor de agua, además de la posibilidad de utilizarlo como vehículo de sustancias activas en el alimento, permitiendo conservar la calidad de los trozos de frutas como textura, limitando la perdida de humedad y salida de fluidos del producto fresco cortado (Rojas – Graü y otros, 2009).

La incorporación de aceites esenciales provenientes de especias, en las coberturas comestibles, está siendo ampliamente estudiada por su actividad antimicrobiana en una amplia variedad de microorganismos (Hernández-Figueroa y otros, 2013).

Uno de los aceites esenciales que posee gran actividad antioxidante y antimicrobiana es el aceite esencial de canela, presentando una alta concentración de transcinamaldehído como antifúngico, principal responsable del efecto antimicrobiano además de linalool, eugenol y otros compuestos

fenólicos. El cinamaldehído actúa inhibiendo la producción de enzimas intracelulares, tales como amilasas y proteasas, lo que provoca el deterioro de la pared y un alto grado de lisis celular. Se ha evaluado la capacidad antifúngica del aceite esencial de canela, en moras, uvillas y frutillas, inhibiendo completamente el crecimiento miceliar en estas frutas (Romero-Bastida y otros, 2011). Otro de los aceites esenciales con propiedades antimicrobianas es el aceite esencial de limón que tiene como componente mayoritario el limoneno el cual posee apreciables cantidades de ß-pineno, terpineno y menor cantidad de compuestos oxigenados, los cuales se les atribuye propiedades antimicrobianas, antifúngica y antioxidante (Hernández, 2014).

Por lo expuesto, el presente proyecto de investigación propone la evaluación de coberturas comestibles con aceites esenciales de canela y limón sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas, como alternativa para el desarrollo de un producto de rodajas de banano mínimamente procesados.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto antimicrobiano al 0.05% (aceite esencial de canela y aceite esencial de limón) en la cobertura comestible y tiempo de almacenamiento (0, 2 y 4 días) sobre las características fisicoquímicas (pérdida de peso, color, y firmeza), recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banano?

Los objetivos propuestos fueron:

- Evaluar el efecto antimicrobiano en la cobertura comestible y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banano.

- Determinar el efecto antimicrobiano en la cobertura comestible que permita obtener la menor pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras, y la mayor firmeza, color y aceptabilidad general en rodajas de banano.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos generales del banano

2.1.1. Especificaciones Técnicas

El banano con características orgánicas es el plátano de seda común, de piel gruesa, pulpa carnosa, tonalidad ligeramente amarillenta y cuando está maduro tiene un sabor y un olor suave. El nombre científico del banano es *Musa Paradisiáca*, de la familia Musáceas (MINAGRI, 2011).

Cuadro 1. Especificaciones Técnicas

Nombre Común:	Plátano
Nombre Científico	*Musa paradisíaca.*
Familia:	Musaceae.
Variedades:	Cavendish, Montecristo.
Periodo Vegetativo:	1 año

Fuente: Dirección General de Competitividad Agraria, Ministerio de Agricultura (2011)

2.1.2. Diferencias entre el banano y el plátano

Los bananos y plátanos fueron clasificados originalmente por Carl Nilsson Linnaeus, en 1753, como *Musa paradisiaca*, que hace referencia a híbridos y cultivares de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, acorde con las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica. El nombre genérico dado por Linnaeus (*Musa Paradisiaca*) se ha respetado y sigue siendo usado cuando se trata del banano y el plátano, en el entendido que se trata de un híbrido sin embargo, existe cierta diferencia cuando se observa una mayor presencia genética de *Musa balbisiana*, se le conoce como plátano, que por su mayor contenido de fécula debe ser consumida cocida, asada o frita; mientras que los bananos con un mayor contenido genético de *Musa acuminata*, son consumidas como frutas de postre. Pero una importante diferencia entre banano y plátano, es su contenido de humedad, el plátano contiene un promedio de 65% de humedad y el banano, 74%. Ya que la hidrólisis, el proceso por el cual los almidones se convierten en azúcares, actúa con mayor rapidez en las frutas con un mayor contenido de humedad, los almidones se convierten en azúcares más rápido en los bananos que en los plátanos. Muchos bananos de cocción tienen contenidos de humedad que se encuentran entre los plátanos y bananos de postre. Estas variedades pueden ser cocinadas cuando no están completamente maduras, pero

también se maduran suficientemente como para poder comerla cruda (MINAGRI, 2014).

2.1.3. Definición y características

El banano es un frutal nativo del Sudeste asiático, probablemente originado en una región situada entre la India y la península de Malaya. Las primeras referencias históricas de este frutal datan de 500 a 600 años A.C. época en que se menciona su presencia en la India. Sin embargo, es posible que en este país se haya venido utilizando en la alimentación humana desde muchos miles de años antes. Los primeros clones de banano identificados en América fueron el “Seda” y el “Frances”, denominados por Linneo como la especies *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* (MINAGRI, 2014).

Es importante remarcar que la ingesta de banano favorece regímenes y tratamientos para la diabetes y reducción de obesidad. Es, además, el complemento perfecto para personas con gran actividad física, como niños y deportistas (MINAGRI, 2014).

2.1.4. Descripción del producto

El banano tiene forma oblonga, alargado y algo curvado pueden llegar a pesar unos 200 gramos o más cada unidad. Posee una longitud mínima de 14.0 cm y un groso mínimo de 2 cm. La cáscara puede ser de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo con manchas negras. Tiene sabor dulce, y perfumado. (MINAGRI, 2011).

Figura 1. Banano (*Musa paradisíaca).*
Fuente: MINAGRI (2011).

2.1.5. Propiedades nutritivas y usos

Es un alimento digestivo, por ello se emplea en dietas de personas afectadas por trastornos intestinales y en la de niños de corta edad. Tiene un elevado valor energético, siendo una importante fuente de vitaminas B y C. Su

contenido proteico es discreto y la presencia de grasas casi nula. Contiene sales minerales como hierro, fósforo, potasio y calcio. Gracias al potasio es efectivo disminuyendo la hipertensión arterial. Permite combatir la acidosis, neutraliza el exceso de acidez gástrica y calma los ardores de estómago, es efectivo en el tratamiento de procesos reumáticos, artritis y gota, previene la retención de líquidos y la formación de edemas, etc. (MINAGRI, 2011).

Cuadro 2. Valor nutritivo del banano y plátano

Componente	Contenido (en 100g comestible)	
	Banano	**Plátano**
Agua	74.7	65.71
Energía (kcal)	92	122
Grasa	0.49	0.51
Proteína	1.09	1.8
Carbohidratos	23.72	31.98
Potasio (mg)	396	499
Hierro (mg)	0.31	0.6
Sodio (mg)	1	4
Calcio (mg)	6	3
Vitamina C (mg)	9.1	18.4

Fuente: MINAGRI, 2014.

2.1.6. Tecnología poscosecha

Los frutos frescos como el banano siempre tienen una alta demanda en el mercado, sin embargo, por ser frutas son productos perecederos que generalmente tienen una corta vida de anaquel. Los procesos de deterioro en

las frutas están asociados con la actividad fisiológica y bioquímica propia de cada fruto y dan comienzo una vez que este es separado de la planta. Las células vivas de las plantas que han sido cosechadas continúan con su actividad respiratoria, utilizando oxígeno (O_2) de la atmósfera alrededor del producto y liberando dióxido de carbono (CO_2). El proceso de respiración involucra una serie de reacciones de óxido-reducción donde una variedad de sustratos presentes en las células de la planta son oxidados hasta CO_2. Este proceso, contribuye en gran manera a las pérdidas en la poscosecha de frutas y vegetales. La respuesta respiratoria de los productos frescos en la poscosecha depende de la temperatura de la atmósfera que rodea el producto almacenado, así también, como de la composición de los gases de esta principalmente de O_2, CO_2 y de etileno (Castellanos y otros, 2011).

Después de la cosecha, los bananos presentan modificaciones químicas, teniendo una continuidad de los procesos metabólicos, siendo la hidrólisis del almidón el cambio que caracteriza la llegada al climaterio. Además de la hidrólisis del almidón, la maduración está relacionada con otras modificaciones complejas, entre las cuales están el aumento de la tasa de respiración, de la producción de etileno, de la concentración de azúcares, la solubilización de las sustancias pécticas, la degradación de la clorofila, el aumento en la concentración de ácidos orgánicos, la producción de volátiles, variaciones en la actividad de enzimas, vitaminas, minerales y cambios en la permeabilidad

de los tejidos. La aparición de etileno en el proceso de respiración del banano puede llevar al desarrollo de efectos indeseables en el producto como un excesivo ablandamiento. Por otro lado, el etileno es una hormona natural en el fruto y juega un rol central en la iniciación de la maduración, estando fisiológicamente activa en cantidades del orden de 0.1ppm. La generación de etileno se ve reducida cerca de la mitad con niveles de O_2 de 2.5%. Un bajo nivel de oxigeno retarda la maduración por inhibir tanto la acción como la generación de etileno (Castellanos y otros, 2011).

La temperatura tiene un efecto de gran importancia en el almacenamiento de banano. Se ha estudiado el efecto de la temperatura en la generación de manchas oscuras (pardeamiento enzimático) en la corteza del banano (*Musa acuminata*) encontrando que una temperatura de 12°C en el almacenamiento es suficiente para anular la aparición de manchas en la corteza del banano resultando en una reducción del nivel de fenoles libres totales aunque no se observó un efecto en la actividad de las enzimas fenilalanina amonio liasa (PAL) y polifenol oxidasa (PPO). La prevención en la aparición de manchas sólo se mantiene mientras el fruto se conserva a 12 °C acelerándose el proceso de pardeamiento una vez que el fruto se deja a temperatura más elevada. La influencia de la temperatura ha sido modelada en el almacenamiento de banano para determinar su influencia en la tasa de respiración del fruto (Castellanos y otros, 2011).

La aparición de manchas en la corteza no se ve influenciada en una medida apreciable por el nivel de CO_2, etileno y la humedad relativa y que este pardeamiento puede ser controlado con un bajo nivel de oxígeno en el empaque, que resulta también en un incremento de la actividad de la enzima PPO aunque el nivel de oxígeno es el factor determinante en el pardeamiento. A niveles inferiores de 5% de O_2 se inhiben las reacciones de pardeamiento enzimático. Un alto nivel de oxígeno aumenta el pardeamiento en la corteza del banano y que aparentemente no tiene una relación con la actividad de PPO y PAL que parecen ser menores en niveles más altos de oxígeno. Los fenoles libres totales fueron más altos en los frutos sometidos a niveles más elevados de oxígeno (Castellanos y otros, 2011).

En cuanto a la humedad relativa se refiere estudiaron el efecto de tres niveles de humedad relativa en el color, la firmeza de la corteza y pérdida de peso del fruto de banano (Grupo Musa AAA, subgrupo Cavendish) a una humedad relativa baja de 65%, una media de 85% ya una alta de 95%, por un tiempo de 24 h exponiendo la mitad de las muestras al contacto con etileno; encontraron los frutos almacenados a la humedad relativa baja, tuvieron una maduración más rápida que los correspondientes a las humedades relativas media y alta los cuales no tuvieron diferencias significativas en el tiempo de maduración, esto para los frutos sin exposición a etileno. En cuanto al color de la corteza no encontraron diferencias significativas relacionadas con las diferentes

humedades relativas, mientras que para la firmeza de la pulpa los frutos almacenados a baja humedad relativa registraron valores inferiores a los almacenados a las humedades relativas media y alta los cuales no tuvieron diferencias significativas. En cuanto a la percepción sensorial los frutos a baja humedad relativa mostraron significativamente menos flavor que los almacenados a las otras humedades. La humedad relativa debe mantenerse a 95% durante el almacenamiento, debido a que una humedad relativa por debajo provoca la deshidratación de los frutos y por supuesto la consiguiente pérdida de peso, mientras que las altas humedades relativas podrían acelerar la pudrición del fruto (Castellanos y otros, 2011).

2.1.7. Índice de madurez

El índice de madurez puede ser determinado de muchas formas, incluyendo la estimación de la duración del desarrollo; mediciones de tamaño, peso o densidad; atributos físicos, como color, firmeza y humedad o contenido de sólidos; atributos químicos como almidón, azúcar o contenido de ácidos; o evaluación morfológica (Portillo, 2006).

La relación pulpa/cáscara es uno de los indicadores de la madurez del banano más significativos y consistentes. Los cambios en las relaciones pulpa/cascara durante la maduración indican cambios diferenciales en el contenido de

humedad de la cáscara y de la pulpa. A su vez se relaciona con la concentración de azúcar en los dos tejidos, que al aumentar en la pulpa crea una presión osmótica que extrae agua de la cáscara aumentando el peso fresco de la pulpa. Además la cáscara pierde agua por transpiración (Portillo, 2006).

Existe una relación lineal tanto como una fuerte correlación entre la relación pulpa / cáscara y edad del racimo (Portillo, 2006).

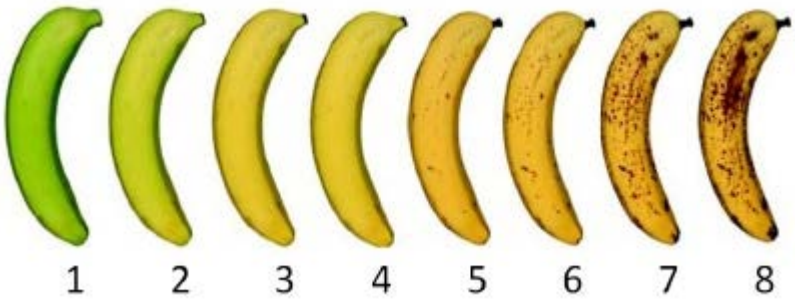


Figura 2. Cartilla de color de las etapas de madurez del banano

Fuente: Escalante-Minakata y otros (2013).

2.1.8. Pardeamiento enzimático del banano

Los bananos son susceptibles de daño mecánico durante la cosecha, transporte, almacenamiento o procesamiento; dichos cambios causan estrés

físico que afecta los tejidos de la planta y altera el metabolismo fenólico (García y otros, 2006).

Las enzimas son activadas al momento de la cosecha, por lo tanto, durante la maduración se producen cambios en la actividad enzimática que alteran las estructuras sub-celulares (García y otros, 2006).

El pardeamiento enzimático sobre los fenoles contenidos en el fruto, ha sido atribuido a la actividad de la polifenoloxidasa (PFO), una cobreproteína que actúa en los compuestos fenólicos, causando su oxidación y polimerización con el consecuente desarrollo de un color café y consecuente cambio indeseable por el consumidor (García y otros, 2006).

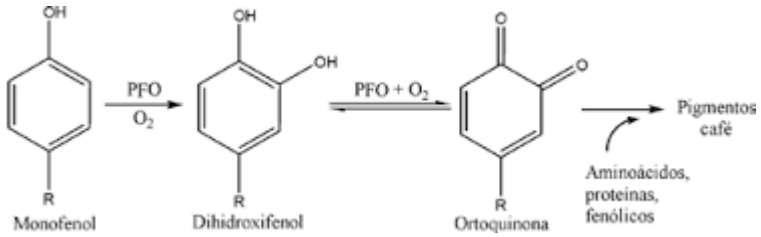


Figura 3. Acción de la polifenoloxidasa (PFO) sobre los compuestos fenólicos.

Fuente: García y otros (2006).

2.1.9. Producción de banano

Según el Ministerio de Agricultura (2014), las zonas agroecológicas de producción del banano son:

- Costa Norte: 16.54% - Piura y Tumbes
- Selva Baja: 49.8% - Loreto, Ucayali y Madre de Dios
- Selva Alta: 32.07% - Amazonas, Huánuco, Pasco, Cusco, Puno, Junín y Cajamarca.
- Otros: 1.59% (La Libertad, Ayacucho, Lima, Lambayeque, Ica y Ancash).

La producción de bananos ha mostrado un comportamiento oscilante pero con una tendencia creciente, de manera que de haber registrado la cifra de 1.44 millones de toneladas en el año 2000, alcanza la cifra de 1.86 millones de toneladas en el 2009, y en el año 2013 un volumen record de producción de 2.11 millones de toneladas (MINAGRI, 2014).

2.2. Coberturas y películas comestibles

El uso de coberturas y películas comestibles sobre el tejido cortado de la fruta constituye una interesante alternativa, ya que su aplicación favorece el control de los procesos respiratorios típicos de los tejidos vivos, controla los procesos

de deshidratación, permite el transporte de agentes antioxidantes, la incorporación de compuestos antimicrobianos y más recientemente la incorporación de otras sustancias que podrían mejorar las características del producto final como nutrientes, saborizantes y hasta microorganismos benéficos (Chauca, 2014).

Según Vega (2011), dentro de los propósitos para utilizar las coberturas y envolturas comestibles para frutas y hortalizas se encuentra lo siguiente:

- Producir una atmósfera modificada en la fruta.
- Reducir el deterioro.
- Retrasar la maduración de frutas climatéricas.
- Reducir la pérdida de agua.
- Retrasar los cambios de color.
- Mejorar la apariencia.
- Reducir la pérdida de aromas.
- Reducir el intercambio de humedad entre las piezas de fruta.
- Transportar antioxidantes y potenciadores de textura.
- Transportar precursores volátiles.
- Impartir color y sabor.

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. Encontrar métodos que ayuden a frenar este deterioro constituye uno de los principales objetivos de los sectores involucrados en la producción y conservación de frutas cortadas. En este sentido, los recubrimientos comestibles 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 (Chauca, 2014).

2.3. Materiales de coberturas comestibles para frutas y hortalizas

Las coberturas y películas comestibles mantienen la calidad del producto, ya que pueden crear barreras semipermeables a los gases y vapor de agua, y pueden ser consumidas sanamente, como parte del producto, descartando propiedades desfavorables para los productos alimenticios. Así mismo, pueden utilizarse para mejorar el aspecto y textura, o reducir los fenómenos

de transporte superficial, principalmente las pérdidas o ganancias de agua del alimento (Sánchez, 2012).

Las coberturas comestibles influyen en la calidad de los frutos de diferentes maneras, ya que hay muchos mecanismos involucrados, como la transferencia de humedad controlada entre la fruta y el medio circundante, la reducción de presión parcial del oxígeno interno, la disminución en el metabolismo de la fruta, así como, una especie de refuerzos estructural, la liberación controlada de agentes químicos como sustancias antimicrobianas, de compuestos de sabor y antioxidantes (Vargas y otros, 2008).

Las frutas y hortalizas frescas cortadas se obtienen a través de diversas operaciones unitarias de preparación, las cuales influyen en la alteración de las frutas y hortalizas frescas como la pérdida de agua, el pardeamiento enzimático, ablandamiento por rompimiento de tejidos, aumento en la tasa respiratoria y, como consecuencia, producción de etileno. Estos fenómenos fisiológicos son responsables de cambios bioquímicos que conllevan la degradación de las propiedades sensoriales de la fruta recién cortada. La aplicación de técnicas que permitan controlar los factores alterantes en frutas y hortalizas frescas cortadas es actualmente el modelo principal de muchas

investigaciones en el campo de ciencia y tecnología de los alimentos (Martin, 2010).

Las coberturas comestibles pueden estar compuestas de polisacáridos (almidones y sus derivados, pectina, celulosa y sus derivados, quitosano, alginatos y carragenina), proteínas (gelatina, caseína, ovoalbúmina, gluten de trigo, zeína y proteínas miofibrilares), lípidos (monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ceras y ésteres de ácido graso) o la combinación de estos compuestos. Su presencia y contenido determina las propiedades barreras del material con consideración al vapor de agua, oxígeno, dióxido de carbono y transferencia de lípidos en sistemas alimentarios (Sánchez, 2012).

Según Vega (2011), los requerimientos de las coberturas comestibles para ser usadas en las frutas frescas cortadas son:

- Estabilidad bajo alta humedad relativa.
- Estar formado por componentes generalmente reconocidos como seguros (GRAS).
- Buena barrera al vapor de agua.
- Eficientes barreras al oxígeno y dióxido de carbono.
- Buenas propiedades mecánicas.

- Adhesión a la fruta.
- Incoloro e insípido.
- Sabor agradable.
- Estabilidad fisicoquímica y microbiana.
- Costo razonable.

2.3.1. Coberturas a base de polisacáridos

Los polisacáridos son la base de coberturas comestibles transparentes y homogéneas con moderadas propiedades mecánicas, se muestran eficaces en propiedades de barrera a gases a pesar de que son altamente hidrofílicos, y por lo que muestran alta permeabilidad al vapor de agua, en comparación, con películas plásticas comerciales. Las coberturas a base de polisacáridos suelen usarse en frutas ya que reducen la tasa respiratoria y el intercambio de gases gracias a su permeabilidad selectiva al O_2 y al CO_2 aunque son una barrera deficiente al vapor de agua (Sánchez, 2012).

Entre los polisacáridos empleados más frecuentemente como base para formar coberturas comestibles en frutas cortadas se encuentran:

- **Celulosa y derivados**

La celulosa es el polisacárido estructural de todo el reino vegetal; por ser considerado el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza y constituir una fuente de glucosa prácticamente inagotable que se renueva de forma continua, este polímero está compuesto por la repetición de D-glucosa enlazadas a través de unidades ß-1,4 glicosídicos (Bourtoom, 2008).

Aunque es muy barata, el uso de la celulosa como revestimiento es difícil, debido a su insolubilidad en agua y una alta relación entre su estructura cristalina. Sin embargo, algunos derivados de la celulosa comercialmente, tales como carboximetilcelulosa (CMC), metilcelulosa (MC), hidroxipropilcelulosa (HPC), e hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), pueden superar las limitaciones asociadas con la celulosa, ya que las coberturas de derivados de celulosa son duros (Olivas y otros, 2009), flexibles y totalmente transparentes, inodoros e insípidos, muy sensibles a la presencia de agua, pero resistentes a las grasas y aceites, y una capacidad moderada a la trasmisión de oxígeno y a la humedad (Bourtoom, 2008).

- **Almidón**

El almidón es uno de los materiales crudos más comúnmente empleados en la agricultura ya que es económico, fácilmente disponible y relativamente fácil de manipular (Rojas-Graü y otros 2006).

El almidón es la reserva de carbohidratos en los tubérculos y el endospermo de semillas donde se encuentran en forma de gránulos, cada uno típicamente contiene varios millones de moléculas de amilopectina acompañada de un número mayor de las moléculas pequeñas de amilosa (Skurtys y otros, 2010).

La amilosa es el compuesto responsable de la formación de coberturas en el almidón y su uso para tal fin se ha extendido en los últimos años. Las coberturas elaboradas con este material presentan baja permeabilidad al oxígeno (Rojas-Graü y otros 2006).

La mayor fuente de almidón es el maíz, así como otras fuentes utilizadas son el trigo, papa, yuca y arroz. El almidón se ha utilizado para producir coberturas biodegradables para sustituir parcial o totalmente polímeros

plásticos, debido a su capacidad de renovación, y tiene buenas propiedades mecánicas (Bourtoom, 2008).

El almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo (dulce). El almidón agrio sufre un proceso de fermentación que le otorga propiedades deseables para los alimentos, el almidón nativo o dulce no es sometido a un proceso de fermentación, y es el que se usa generalmente en la industria. El almidón de yuca posee alrededor del 17% de amilosa (Meneses y otros, 2007).

El almidón de yuca, natural o modificado, está aumentando su utilidad en la industria alimentaria; se ha visto que el almidón de yuca (mandioca o tapioca) se utiliza en un grado menor que otros alimentos, como el maíz, en la industria. De todos modos, su importancia como fuente de almidón está creciendo rápidamente, sobre todo porque su precio en el mercado mundial es bajo en comparación, con los almidones de otras fuentes, ya que posee muchas propiedades que se exigen. Un potencial de almidón de yuca como una matriz para el desarrollo de coberturas comestibles es un tema que ha sido también considerado, tienen propiedades excelentes debido a su transparencia, resistencia a la grasa y aceite y capacidad de sellado al calor, sin embargo, la

aplicación de películas de almidón de yuca pura es todavía limitada debido a su fragilidad y su solubilidad en el agua caliente y fría (Sánchez, 2012).

- **Alginatos**

El ácido algínico es un co-polímero de bajo peso molecular de los ácidos gulurónico y manurónico, la fuente principal de alginato comercial es el alga gigante *Macrocystis pyrifera*. El alginato tiene un potencial para formar película de biopolímeros o componente de revestimiento debido a sus propiedades únicas coloidales, que incluyen espesante, estabilizante, suspensión, formación de película, produciendo de gel, y estabilizante de emulsión (Skurtys y otros, 2010).

Los alginatos forman películas firmes y muy quebradizas, con pobre resistencia al agua, además actúan como barreras a la transferencia de oxígeno. La fuerza y permeabilidad de la película puede ser alterada por: (1) la concentración del catión polivalente, (2) velocidad de adición y tiempo de exposición, (3) pH y temperatura y (4) la presencia de otros constituyentes (Tamayo, 2010).

Los alginatos presentan una capacidad única para reaccionar irreversiblemente con cationes metálicos polivalentes, en particular, con los iones de calcio, para producir polímeros insolubles en agua. Coberturas alginato-Ca_2 se han utilizado con éxito para prolongar la vida útil de productos mínimamente procesados (Sánchez, 2012).

- **Carragenatos**

Se extraen industrialmente de diversas especies de algas rojas *Rodofíceas*, se utilizan en la industria alimentaria como espesantes y agentes gelificantes. La carragenina al dispersarse en agua requiere un ligero calentamiento para que se disuelva, pero al enfriarse establece un gel, cuya calidad y rigidez depende de la concentración del polímero y de la cantidad de iones potasio, amonio o calcio que contenga el hidrocoloide. Se clasifica en ι, κ, y λ-carragenano, el uso de carragenina en coberturas comestibles se han aplicado en frutas y hortalizas mínimamente procesadas para reducir la pérdida de humedad, oxidación y su descomposición. En combinación con agentes antioxidantes tales como el ácido ascórbico, tiene resultados positivos en la evaluación sensorial y en la reducción de microorganismos (Sánchez, 2012).

- **Gomas**

Las gomas son complejos de polisacáridos obtenidos de las secreciones de algunos árboles o arbustos (arábiga y tragacanto), extraídos de determinadas semillas (garrofín y la goma guar) o bien, producto de fermentaciones microbianas (xantano y gellan). Son polisacáridos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes, y que presentan además algunas propiedades funcionales, como emulsificación, estabilización, crioprotección, etc. (Badui, 2006).

- **Quitosano**

El quitosano es el principal derivado que se produce por desacetilación alcalina o enzimática de la quitina, este último es el componente más importante del exoesqueleto de los invertebrados, como por ejemplo, anélidos, artrópodos (caparazones de crustáceos y alas de insectos), moluscos y también de hongos y mohos. El quitosano es el único polielectrolito catiónico natural y posee actividad antimicrobiana sobre ciertas bacterias, mohos y levaduras. El quitosano es considerado un recubrimiento ideal para las frutas y hortalizas, principalmente debido a que puede formar una buena película en la superficie

de los productos básicos y puede controlar el crecimiento microbiano (Sánchez, 2012).

El quitosano puede formar coberturas semi-permeables, lo que puede modificar la atmosfera interna, retrasando la maduración y la disminución de las tasas de transpiración en las frutas y hortalizas. La película de quitosano es transparente, resistente, flexible y buenas barreras de oxígeno (Bourtoom, 2008).

- **Pectinas**

La pectina, es un complejo aniónico polisacárido compuesto de B-1,4-D-ácido galacturónico residual, ésta puede ser pectina de alto metoxilo (HMP) o pectina de bajo metoxilo (LMP); la HMP forma excelentes películas. La mezcla de plastificante de pectina y almidón de alta amilosa dan estabilidad y flexibilidad a la película (Tamayo, 2010).

Las pectinas se encuentran asociadas a otros carbohidratos, principalmente con hemicelulosas, en las paredes celulares de los vegetales, específicamente

en la corteza de los frutos cítricos, y son responsables de la firmeza de algunos productos. Las pectinas se usan por su capacidad de gelificar, propiedad determinada por factores intrínsecos, como su peso molecular y su grado de esterificación. Factores extrínsecos, como el pH, las sales disueltas y la presencia de azúcares (Tamayo, 2010).

2.3.2. Coberturas a base de proteína

La capacidad de las diferentes proteínas para formar las coberturas y películas es altamente dependiente de sus características moleculares: peso molecular, conformación, propiedades eléctricas (carga en función de pH), la flexibilidad y estabilidad térmica. En general, la formación de la película consiste en el tratamiento de calor para desnaturalizar la proteína, seguido por la fundición y secado del recubrimiento. Coberturas a base de proteínas podrían tener impresionantes propiedades de barrera a los gases y propiedades mecánica en comparación, con las películas preparadas a partir de polisacáridos y grasas, ya que su estructura confiere una amplia gama de propiedades funcionales, especialmente un alto potencial de unión intermolecular (Campos y otros, 2011).

Las coberturas comestibles hechas de proteínas animales (tales como proteínas de la leche) y proteínas vegetales (tales como zeína, proteína de soya y gluten de trigo) son quebradizos y susceptibles a agrietamiento debido a la densidad de energía cohesiva fuerte de los polímeros. La adición de plastificantes compatibles pueden mejorar la extensibilidad y viscoelasticidad de las películas. Sin embargo, exhiben barrera relativamente pobres en agua (Lin y Zhao, 2007).

- **Zeína de maíz**

La zeína es una proteína compuesta de prolaminas que se encuentran en el endospermo del maíz, y es soluble en alcohol acuoso. Puede formar películas duras, vidriosas y con gran resistencia al ataque microbiano y con la adición de un polialcohol se mejora el esfuerzo de tensión. Así mismo, las coberturas basadas en zeína tienen baja permeabilidad de vapor de agua que las coberturas basadas en otras proteínas. Su permeabilidad de O_2 y CO_2 también es inferior que las coberturas a base de polisacáridos y lípidos (Lin y Zhao, 2007).

- **Gluten y proteínas de soya**

El gluten es la principal proteína del trigo y centeno. El gluten de trigo contiene las fracciones de prolamina y glutelina de proteínas de la harina de trigo, por lo general se refiere a la gliadina y glutenina, respectivamente. El gluten de trigo es insoluble en agua. Sin embargo, mientras que la gliadina es soluble en etanol al 70%, glutenina no lo es. Coberturas de gluten tienen buenas propiedades barrera al oxígeno, dióxido de carbono, pero exhiben relativamente alta permeabilidad al agua. El tratamiento mecánico del gluten conduce a la formación de puentes disulfuro creados por el aminoácido cisteína. El gluten de trigo se ha utilizado para preservar la calidad de frutas y hortalizas. La proteína de soya también contiene residuos de cisteína que pueden formar puentes disulfuro. Las películas de proteína de soya, son similares a las de gluten en las propiedades mecánicas (Olivas y otros, 2009).

- **Proteínas lácteas**

Las proteínas lácteas son algunas de las fuentes más comunes de proteínas utilizadas para obtener coberturas y películas. La caseína y proteínas del suero de leche, las fracciones de proteína en la leche (80 y 20%, respectivamente),

han adquirido particular interés ya que pueden proporcionar un alto valor nutricional agregado y buen sabor, además de sus propiedades de barrera (Campos y otros, 2011).

La caseína, una proteína de la leche bastante soluble en agua, puede dar lugar a coberturas con buenas propiedades mecánicas, además de no conferir ningún tipo de color u olor diferente del alimento donde se aplica. Debido a su alta permeabilidad al vapor de agua, necesita de otras sustancias que mejoren sus propiedades de barrera. Por ejemplo, la incorporación de lípidos proveen una buena protección para frutas y hortalizas contra la pérdida de agua y el pardeamiento oxidativo (Rojas-Graü y otros 2006). La proteína de suero ha demostrado producir una cobertura translúcida y flexible, ofrece una barrera a la transferencia de oxígeno, aceite y aromas, sin embargo, por su naturaleza hidrofílica son una barrera limitada a la humedad. Sus películas exhiben pobre propiedades mecánicas por lo que es necesario la adición de plastificantes para lograr la flexibilidad (Villa y otros, 2008).

- **Gelatina**

La gelatina una proteína derivada de la hidrólisis selectiva del colágeno, que es el componente orgánico más abundante en huesos y piel de mamíferos, que tiene aplicaciones en alimentos, farmacia y adhesivos, para lo que se requieren diferentes grados de calidad y pureza (Badui, 2006). La gelatina se compone de una única secuencia de aminoácidos. Los rasgos característicos de gelatina son alto contenido de los aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina (Bourtoom, 2008).

La gelatina se disuelve fácilmente en agua a temperaturas superiores a 40°C, formando una solución viscosa de las cadenas de polipéptidos al azar-espiral lineal. Las gelatinas cuya fuente es de mamíferos suelen tener mejores propiedades físicas y termoestabilidad que la mayoría de gelatinas de los peces, y esto se ha relacionado principalmente a su mayor contenido de aminoácidos. Las propiedades y la capacidad de formación de película de gelatinas están directamente relacionadas con el peso de la estructura molecular, es decir, cuanto mayor sea el peso molecular promedio, mejor será la calidad de la cobertura. La distribución del peso molecular depende principalmente del grado de entrecruzamiento del colágeno y el procedimiento de extracción (Skurtys y otros, 2010).

Un estudio sobre la influencia del espesor de las propiedades de las películas de gelatina, llegó a la conclusión de que la fuerza a la rotura, la permeabilidad al vapor de agua y el color de las películas se ven influidos de forma lineal al aumentar el espesor. La gelatina se usa convencionalmente para producir películas transparentes, flexibles y resistentes al oxígeno. Estas películas se forman después del enfriamiento y secado de una solución acuosa de gelatina (Fakhouri y otros, 2007).

2.4. Aditivos usados en las coberturas comestibles

Las coberturas comestibles tienen un gran potencial de transportar ingredientes activos como antipardeamiento, colorantes, saborizantes, nutrientes, especias y compuestos antimicrobianos que puedan extender la vida útil de los productos y reducir el riesgo de crecimiento de patógenos en las superficies de los alimentos (Rojas-Graü y otros, 2009).

Una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos es la utilización de recubrimientos comestibles multicomponentes, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad

tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos, que en el caso de estos últimos se evitaría el crecimiento de microorganismos patógenos en la superficie de los productos vegetales (Ramos-García y otros, 2010).

Con el fin de mejorar el intercambio de gases, la adherencia, y las propiedades de permeabilidad a la humedad, generalmente se combinan dos o más materiales. Dichas mezclas suelen realizarse mediante emulsión de uno de los componentes, generalmente un lípido, en el resto de los componentes, o mediante un recubrimiento multicapa, donde el recubrimiento se aplica mediante una técnica de laminación, en la cual se hace la inmersión de la fruta en una primera solución, generalmente la matriz, seguida por una inmersión en otro tipo de solución, ya sea de naturaleza lipídica o cálcica, entre otras (Rojas- Graü, 2006). Sin embargo, se ha observado que se requiere de aplicaciones pequeñas para que sus atributos de calidad no se vean afectados. Dentro de los antimicrobianos incorporados a los recubrimientos vegetales pueden considerarse a los aceites esenciales (Ramos-García y otros, 2010).

Dentro de los agentes antimicrobianos naturales más estudiados, se encuentran los presentes en hierbas y especias, a partir de las cuales se pueden extraer aceites esenciales que poseen actividad antimicrobiana. (Garcia-García y Palou-García, 2008).

2.5. Agente Antibacteriano de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos obtenidos a partir de diferentes partes de las plantas como flores, yemas, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces. De acuerdo a sus características químicas son mezclas complejas de ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos. Los aceites esenciales derivados de plantas son conocidos por su actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias y mohos (Raybaudi, 2007).

La actividad bactericida de los aceites esenciales podría estar relacionada a la respectiva composición de aceites volátiles de cada planta, a la configuración estructural de los componentes constituyentes de los aceites, a sus grupos funcionales y a posibles interacciones sinérgicas entre sus componentes. La hidrofobicidad de los aceites esenciales les permite incorporarse a los lípidos de la membrana bacteriana, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando lugar a la fuga de iones y otros compuestos (Hernández, 2014).

Entre las sustancias activas presentes en los aceites esenciales de hierbas y especias, se encuentran diversos compuestos fenólicos como es el caso del carvacrol y el timol, que poseen actividad antifunfica y antibacteriana. Estos compuestos han sido probados en diferentes microorganismos de importancia

en alimentos como por ejemplo: *Fusarium spp., Aspergillusspp., Rhizobiumleguminosarum, Escherichiacoli, Pseudomonasaeruginosa, Salmonella thiphymarium, Staphylococcusaureus, Bacillus subtilis, Vibrio vulnificus, y Bacilluscereus,* entre otros (Garcia-García y Palou-García, 2008).

El aldehído cinámico es un compuesto fenólico de algunas especies, incluyendo la canela, es generalmente admitido como seguro para su uso en alimentos y es usado en muchos alimentos como saborizante. El aldehído cinámico (3- fenil-2 propenal) además es el principal componente antimicrobiano en la canela, no solo exhibe actividad antibacterial sino que también inhibe el crecimiento de mohos y la producción de micotoxinas, incluyendo *Aspergillus parasiticus*, también tiene un efecto inhibitorio, en una concentración de 1 a 2% de concentración de canela, puede disminuir la producción de aflatoxinas en un 99% (Nereyda, 2011).

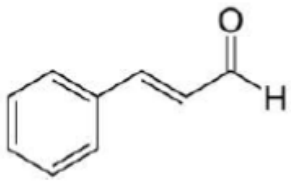


Figura 4. Estructura del aldehído cinámico

Fuente: Nereyda, (2011)

Los aceites esenciales de cítricos (naranja, limón) son inhibidores del desarrollo de *Aspergillus flavus*, eliminando así la producción de aflatoxina.

El aceite esencial de limón contiene (terpeno D-limoneno), estudios indican que concentraciones de aceite de limón al 5%, tiene un efecto bactericida sobre el control de patógenos como *S. typhimurium y E. coli* (Hilvay, 2015).

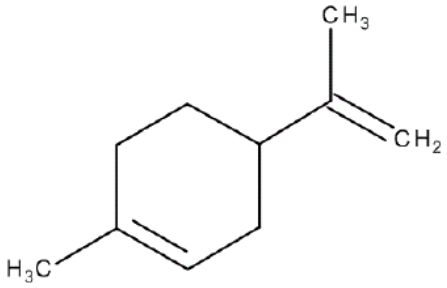


Figura 5. Estructura del limoneno

Fuente: Hernández, (2014)

2.6. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos constituye en la actualidad una de las más importantes herramientas para el mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de los procesos, el diseño y desarrollo de nuevo productos y en la estrategia del lanzamiento de los mismos al comercio, la hace sin duda, coparticipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Salas, 2010).

Es muy importante considerar las propiedades organolépticas de los alimentos y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos, el análisis sensorial comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales de los alimentos y aporta una información muy útil para el desarrollo de productos, para los tecnólogos alimentarios y para las empresas (Salas, 2010).

2.6.1. Clasificación de pruebas sensoriales

Las técnicas del análisis sensorial se clasifican en dos grandes grupos dependiendo del objetivo que se persiga (Gonzales y otros, 2014):

- Afectivas (orientadas al consumidor): Pruebas de consumidores, que se emplean para evaluar las preferencias de los consumidores o medir la satisfacción que les proporciona el producto.
- Analíticas (orientadas al producto): Pruebas analíticas, que buscan medir o describir en detalle las características organolépticas de un producto.

2.6.1.1. Pruebas orientadas al consumidor (afectivas)

Pruebas hedónicas

En las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso (Gonzales y otros, 2014)

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas y que comúnmente van desde “me desagrada muchísimo”, pasando por “no me agrada ni me desagrada”, hasta “me agrada muchísimo”. Las pruebas hedónicas se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado y aunque su realización puede parecer rutinaria, el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos (Sánchez, 2012).

2.6.1.2 Pruebas orientadas al producto (analíticas)

En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles

entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial, los que han sido especialmente entrenados para la tarea que se realizará. Los panelistas entrenados no deben utilizarse para evaluar aceptabilidad de alimentos, ya que, debido a su entrenamiento especial, no sólo son más sensibles a las pequeñas diferencias que lo que es el consumidor promedio, sino que también pueden poner a un lado sus preferencias y aversiones cuando están midiendo parámetros sensoriales (Villa, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.

3.2. Materia prima

Los frutos de banano de la variedad canvedish fueron obtenidos en el Mercado “La Hermelinda”, provenientes de la ciudad de Trujillo.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Insumos

- Almidón de maíz. Marca Duryea.
- Gelatina. Marca Rousselot TM. Grado Bloom: 270 – 290 (Anexo 1).
- Cloruro de calcio. Marca Tetra, Chemical Europe Oy (Anexo 2).
- Ácido cítrico. Grado Alimenticio. Marca TTCA CO (Anexo 3).

- Ácido ascórbico. Grado Alimenticio. Marca China Chem Source CO (Anexo 4).
- Aceite esencial de limón. Marca Aromas del Perú (Anexo 5).
- Aceite esencial de canela. Marca Aromas del Perú (Anexo 6)**.**
- Bandejas de Polietilen tereftalato (PET) (115x105x35 mm). Marca Pamolsa.

3.3.2. Equipos e instrumentos de laboratorio

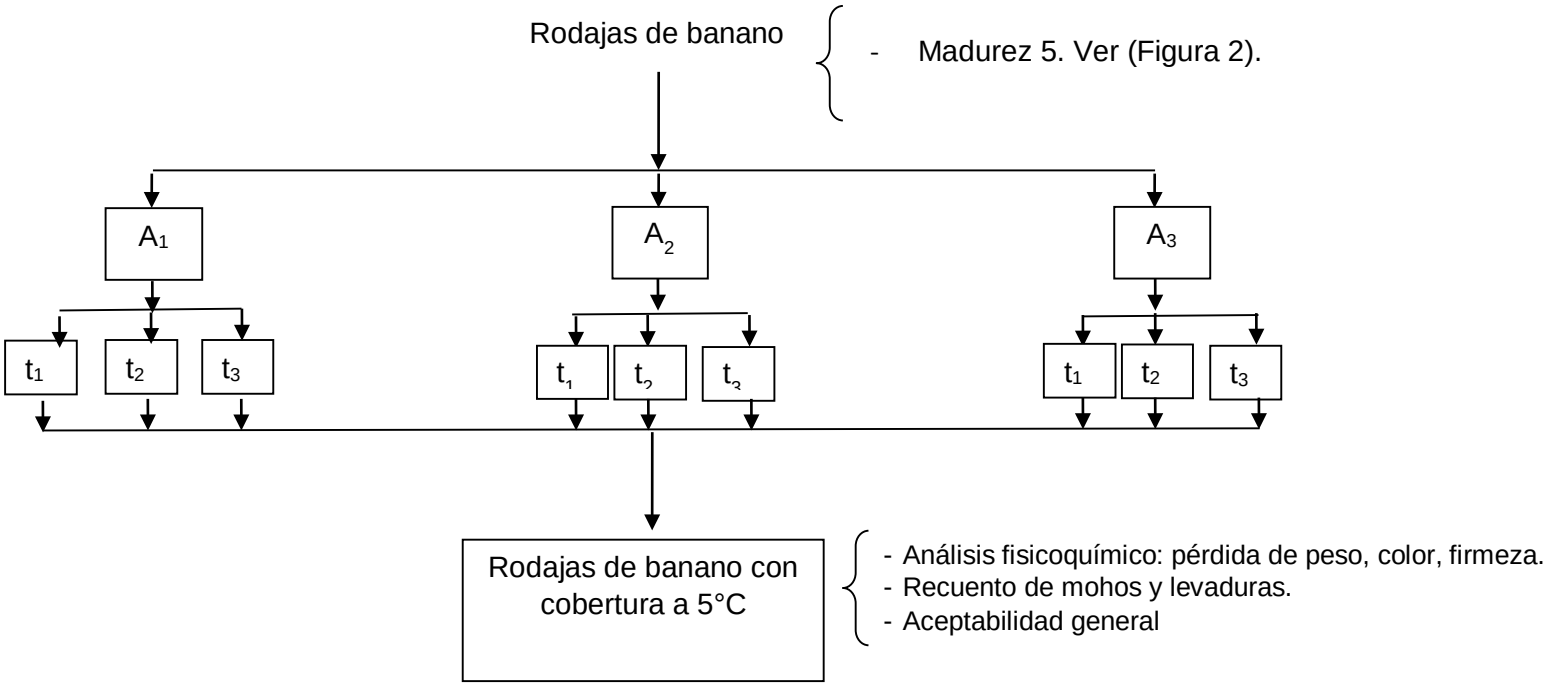
- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Capacidad 0-210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Balanza. Marca Ohaus. Capacidad 0-600 g, precisión 0.01 g.
- Refrigerador. Marca LG. Modelo GN-M422CLO. Rango 0 a 8 °C. Precisión $\pm$ 2 °C.
- Colorímetro Kónica-Minolta. Modelo CR – 400
- Termómetro. Marca Boeco. Rango de -10 a 110 °C. Precisión $\pm$ 0.01 °C
- pH metro. Marca Oakton. Rango de 0-14, sensibilidad aprox. 0.01
- Texturómetro universal. Marca Instron, modelo 3342.
- Vasos de precipitación
- Cucharas de acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable

- Tablas de picar
- Mallas de acero plastificadas

3.4. Metodología

3.4.1. Esquema experimental para la evaluación de las rodajas de banano mínimamente procesadas.

El siguiente esquema experimental para la evaluación de las rodajas de banano mínimamente procesados, tiene como variables independientes: el antimicrobiano en la cobertura comestible y tiempo de almacenamiento; y como variables dependientes las características fisicoquímicas (color, pérdida de peso y firmeza), recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general; las cuales se indican en la Figura 6.



Leyenda:

- A_1: cobertura comestible a base de almidón de maíz -gelatina sin aceite esencial
- A_2: cobertura comestible a base de almidón de maíz -gelatina con aceite esencial limón 0.05%
- A_3: cobertura comestible a base de almidón de maíz -gelatina con aceite esencial canela 0.05%.

- t_1: tiempo de almacenamiento refrigerado 0 días.
- t_2: tiempo de almacenamiento refrigerado 2 días.
- t_3: tiempo de almacenamiento refrigerado 4 días.

Figura 6. Esquema experimental para la evaluación de las rodajas de banano mínimamente procesadas

3.4.2. Procedimiento experimental para la elaboración de las rodajas de banano mínimamente procesada.

En la Figura 7 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de rodajas de banano mínimamente procesadas.

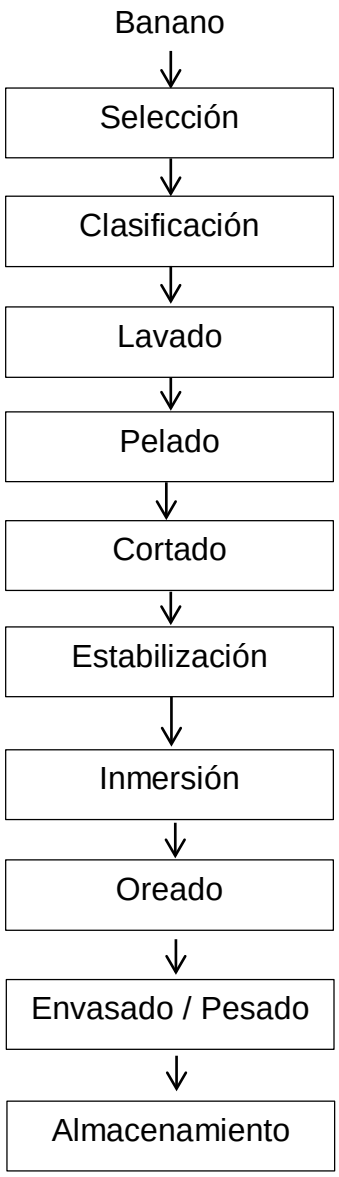


Figura 7. Procedimiento experimental para la obtención de las rodajas de banano mínimamente procesadas

A continuación se describe cada operación para obtener la muestra experimental del diagrama de flujo que se presenta en la Figura 7.

- Selección. Se seleccionó los bananos (variedad Canvendish) que no muestran daños físicos visibles como golpes, magulladuras o infección de hongos visibles (Bico y otros, 2009).
- Clasificación. Los bananos tuvieron un índice de madurez inicial N° 5 (Cartilla de madurez, Figura 2) de un color amarillo en todo el fruto y ligeras manchas verdes (Escalante-Minakata y otros, 2013).
- Lavado. Se realizó con agua potable a fin de extraer materiales contaminantes. Se secó haciendo uso de papel absorbente (Bico y otros, 2009).
- Pelado. Los bananos fueron pelados manualmente. Los utensilios y superficies de contacto con el alimento se desinfectaron en una solución de 100 ppm de dióxido de cloro al 10% evitando así posibles contaminaciones (Bico y otros, 2009).
- Cortado. Los bananos fueron cortados en rodajas de 1.5 cm de espesor, con un cuchillo esterilizado con alcohol (Bico y otros, 2009).
- Estabilización. La inmersión química utilizada fue una solución combinada de cloruro de calcio 1%, ácido cítrico 1% y ácido ascórbico 0.75% por 30 s (Bico y otros, 2009).

- Inmersión. Las rodajas de banano fueron sumergidas en la cobertura de almidón – gelatina con aceite de canela y limón al 0.05% durante 30 s (Vaca y otros, 2014).
- Oreado. Las rodajas de banano fueron secadas sobre mallas de acero inoxidable y colocadas en un ambiente refrigerado a 5°C durante 10 min antes de envasar (Bico y otros, 2009).
- Envasado / Pesado. Las rodajas de banano con cobertura se colocaron en una bandeja PET (115x105x35 mm) hasta llegar a 150 g (18 rebanadas aproximadamente) (García y otros, 2014).
- Almacenamiento. Las rodajas de banano se almacenaron a 5°C para luego ser evaluadas a los 0, 2 y 4 días en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (Benítez y otros, 2013).

Las imágenes del proceso de elaboración de rodajas de banano con cobertura comestible se observan en el Anexo 13.

3.4.3. Elaboración de coberturas comestibles

Elaboración de la cobertura a base de almidón de maíz-gelatina con aceite esencial de canela o limón

La cobertura comestible con aceite esencial de canela o limón se elaboró a partir de una solución de gelatina al 5% (p/v), que fue hidratada durante 1 h, posteriormente se adicionó el almidón de maíz al 0.5% y se calentó a 85 °C durante 10 minutos. Se enfrió la solución hasta 30°C y luego se adicionó el plastificante glicerol al 27% de la mezcla almidón-gelatina; finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se adicionó el aceite esencial de canela o limón al 0.05% (p/v) para finalmente ser aplicado.

Las imágenes del Proceso de elaboración las coberturas comestibles se observa en el Anexo 12.

3.4.4. Métodos de análisis

3.4.4.1. Pérdida de peso

Se determinó por diferencia de peso en los diferentes tiempos de evaluación. Los datos se expresaron en porcentaje, respecto al peso inicial (Bico y otros, 2009).

3.4.4.2. Análisis de color

Para el análisis de color, se determinó con un colorímetro (Kónica-Minolta, modelo CR-400, Japón). Se determinó el valor L* (luminosidad) en el rango de 0 (negro) y 100 (blanco). El colorímetro fue calentado durante 20 minutos y calibrado con un blanco estándar. Se tomaron 3 rodajas de banano por tratamiento para reportar el promedio de los valores (Bico y otros, 2009).

3.4.4.3. Firmeza

La firmeza se determinó con un Texturómetro Instron modelo 3342. Se tomaron 3 muestras por cada tratamiento, las cuales se colocaron en el equipo de tal manera que el punzón penetró el centro de la muestra. Los parámetros del ensayo fueron los siguientes: modo de medida de fuerza en compresión,

punzón 2 mm diámetro, velocidad de test: 50 mm/s, alcance 50% del espesor (Bico y otros, 2009).

3.4.4.4. Recuento total de mohos y levaduras

Se evaluó en Agar Dextrosa Sabouraud con cloranfenicol, en diluciones 10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3}, la incubación fue regulada a 25°C por 5 días. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia sobre gramo (ufc/g) (García y otros, 2014)

3.4.5. Aceptabilidad General

Las rodajas de banano se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, anclada con “extremadamente desagradable” y “extremadamente agradable”. La prueba se realizó los días 0, 2 y 4 con 30 panelistas no entrenados en horas de la tarde, en las instalaciones de la Universidad Privada Antenor Orrego. Se colocó las rodajas de banano a temperatura ambiente en forma aleatoria en bandejas codificadas con 3 dígitos (Anzaldúa-Morales, 2005).

En la Figura 8, se muestra la cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de las rodajas de banano.

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Rodajas de banano

Pruebe las muestras que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas.

Marque con un aspa el renglón que corresponda a la percepción de aceptabilidad de la muestra.

ESCALA	MUESTRAS		
	369	**147**	**743**
9. Me gusta extremadamente	----------	----------	----------
8. Me gusta mucho	----------	----------	----------
7. Me gusta moderadamente	----------	----------	----------
6. Me gusta levemente	----------	----------	----------
5. No me gusta ni me disgusta	----------	----------	----------
4. Me disgusta levemente	----------	----------	----------
3. Me disgusta moderadamente	----------	----------	----------
2. Me disgusta mucho	----------	----------	----------
1. Me disgusta extremadamente	----------	----------	----------

Comentarios:

Figura 8. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de rodajas de banano.
Fuente: Anzaldúa-Morales, (2005).

3.4.6. Método estadístico

El diseño estadístico aplicado para la evaluación paramétrica de las características fisicoquímicas (color, pérdida de peso, firmeza) y características microbiológicas (mohos y levaduras) correspondieron a un arreglo factorial 3*3, con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó un análisis de varianza. Así mismo, se aplicó la Prueba de Levene para evaluar homogeneidad de varianzas, finalmente la Prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%.

Los datos de la evaluación de la aceptabilidad general de las rodajas de banano fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney, los cuales fueron desarrollados con el software IBM SPSS Statistics, versión 22.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en rodajas de banano.

En la Figura 9 se muestra la pérdida de peso en función al tiempo de almacenamiento en los diferentes tratamientos con coberturas, el cual fue incrementando a medida que transcurrieron los días.

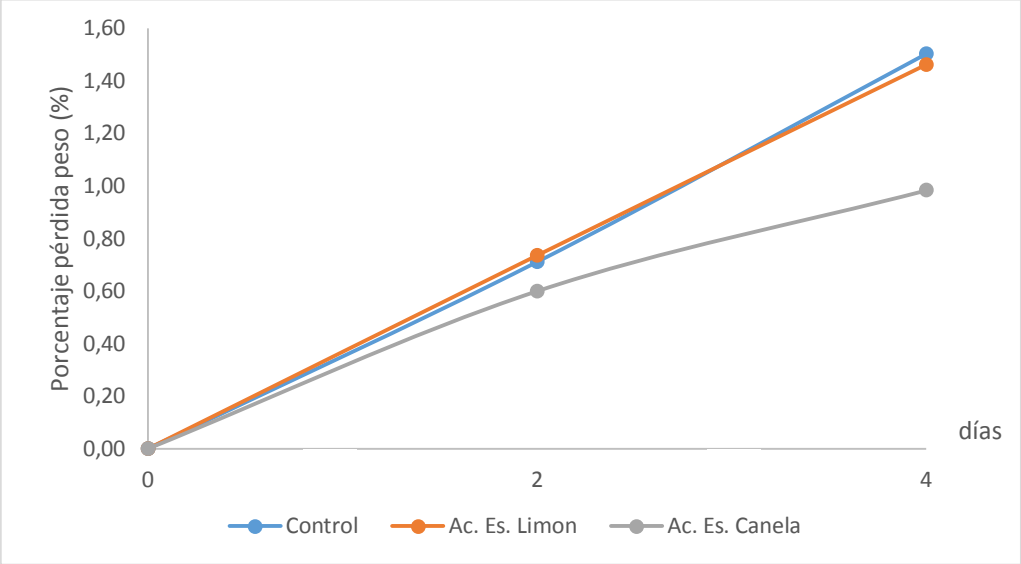


Figura 9. Pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

Se observó que el tratamiento con aceite esencial de canela presentó menor pérdida de peso a los 4 días de almacenamiento, con 0.925%, seguido del

tratamiento con aceite esencial de limón que presentó un 1.435 %, mientras que la muestra control tuvo 1.490 %. Los resultados de la pérdida de peso durante el almacenamiento se observan en el Anexo 7.

Estudios similares fueron observados por Chuna (2012) al comparar los resultados (5.39%) entre el tratamiento con cobertura comestible a base de gelatina-almidón de maíz con aceite esencial de canela en trozos de piña, variedad Golden y la muestra control (4.08%), indicando que hubo un efecto sobre la pérdida de peso en rodajas de piña, variedad Golden, almacenadas a 4°C.

Según Nima y otros (2014) mencionan que las frutas frescas son altamente susceptibles a la pérdida de peso. En su investigación sobre los efectos de diferentes concentraciones de aceite esencial de limón (0.1, 0.3 y 0.5 %) incorporados a una cobertura comestible a base de alginato de sodio al en rodajas de piña almacenada durante 16 días a 5°C, reportó un incremento en la pérdida de peso para todos los tratamientos, siendo el resultado mayor en la muestra con 0.5% de concentración de aceite esencial de limón. Por la que concluyen que la incorporación de aceite esencial de limón afectó la permeabilidad de vapor de agua en el fruto la que podría relacionarse con los componentes principales del aceite esencial de limón, ya que contiene en su mayoría compuestos del terpeno.

En el Cuadro 3, se muestra la Prueba de Levene aplicada a la pérdida de peso en rodajas de banano, donde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza, y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible

Variable respuesta	Estadístico de Levene	p
Pérdida de peso	0.908	0.418

En el cuadro 4, se muestra el análisis de varianza para la pérdida de peso en rodajas de banano. Este análisis determina que el agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Antimicrobiano: A	0.299	2	0.149	324.209	0.000
Tiempo: B	7.418	2	3.709	8036.398	0.000
A*B	0.318	4	0.079	172.147	0.000
Error	0.008	18	0.000		
Total	8.043	26			

En el cuadro 5, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la pérdida de peso, en la cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 2, que el tratamiento con aceite esencial de canela presentó la menor pérdida de peso (0.925 %) a los 4 días de almacenamiento, siendo este el mejor tratamiento.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para la pérdida de peso en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
Ac. Es. Limón día 4	1.435				
Control día 4	1.490				
Ac. Es. Canela día 4		0.925			
Control día 2			0.722		
Ac. Es. Limón día 2			0.723		
Ac. Es. Canela día 2				0.592	
Ac. Es. Canela día 0					0.000
Ac. Es. Limón día 0					0.000
Control día 0					0.000

4.2. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la Luminosidad en rodajas de banano

En la Figura 10, se muestran los valores de luminosidad (L*) en rodajas de banano, mínimamente procesados.

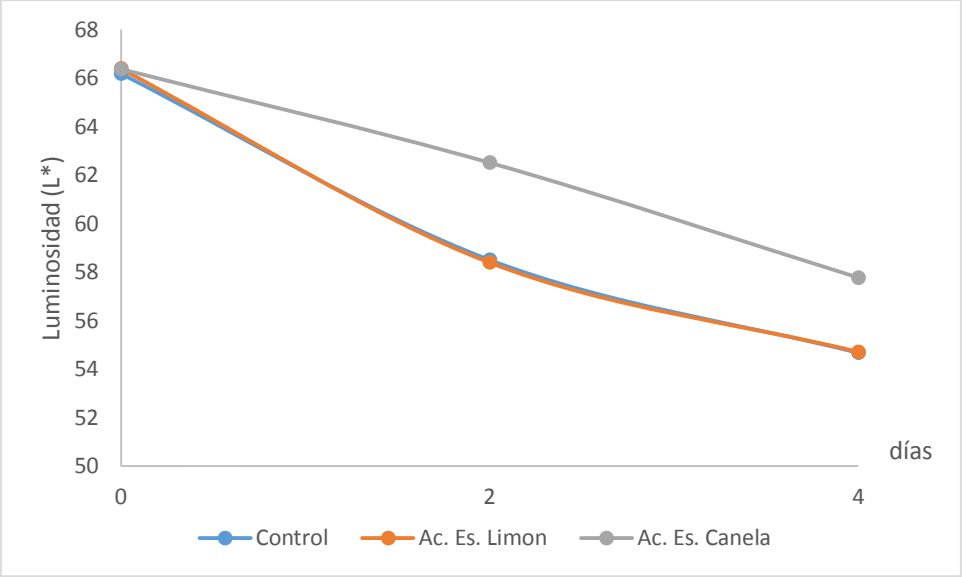


Figura 10. Luminosidad en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

Se observa que la Luminosidad disminuye a medida que transcurrieron los días. Los valores obtenidos al final del almacenamiento fueron 57.76 para el tratamiento con aceite esencial de canela, 54.61 para el tratamiento con aceite esencial de limón y 54.56 para la muestra control. Los resultados de la luminosidad durante el almacenamiento se observan en el Anexo 8.

Según Montero – Prado y Nerín (2013) en su trabajo sobre alargamiento de la vida útil del melocotón mínimamente procesado y almacenado a temperaturas de entre 4° y 8°, utilizaron envases activos con aceite esencial de canela. Logrando una disminución de la variación de color debida a la oxidación de los frutos desde 5.5 a 8 puntos, respecto al control (sin aceite

esencial de canela), mencionan además que los frutos envasados con agentes activos, tienen una menor variación del color con respecto al estado inicial, lo cual refleja el menor grado de oxidación y deterioro de los mismos.

Según Garcia y otros (2014) en su estudio sobre el efecto de la aplicación de coberturas de quitosano (2%) disuelta en ácido cítrico al 1 % y ácido ascórbico en diferentes concentraciones (0; 0,5; 1,0 y 1,5 %) en plátano maduro (*Musa spp*) mínimamente procesado. Indicaron que el empleo de coberturas de quitosano influyó en el color característico de las rodajas de plátano, debido al color amarillo de las coberturas que le confirieron una coloración más intensa a las rodajas. Mencionan además que se observaron cambios en el color debidos a las reacciones de pardeamiento con mayor intensidad en el tratamiento sin cobertura con respecto a las muestras con quitosano, mientras que el incremento de la concentración de ácido ascórbico retrasó la aparición de coloraciones oscuras. Esto pudo deberse al efecto combinado del pH con las coberturas (pH= 3,0 a 3,2) y presencia de ácido ascórbico. Menciona además que la presencia de ácido cítrico y ácido ascórbico, debido a su poder reductor, disminuye el pH del producto por debajo del pH óptimo del enzima polifenoloxidasa, lo que permite retardar la oxidación. Además, la cobertura proporciona una barrera al oxígeno, junto a las propiedades antioxidantes de la cobertura.

Según Trujillo y otros (2015) estudiaron el efecto de la concentración de (0.1, 0.5 y 1.0 %) de coberturas comestibles a base de aceite esencial de limón sobre los parámetros de calidad y tiempo de almacenamiento en las rodajas de manzana Fuji cortadas, almacenadas a 5 ºC durante 15 días. Observaron que la Luminosidad (L*) fue disminuyendo en el tiempo en todos los tratamientos, lo cual podría deberse a que la incorporación del aceite esencial de limón en la cobertura, podría inducir al pardeamiento en la superficie de los frutos cortados debido a que los compuestos fenólicos del aceite esencial pueden actuar como sustrato de la polifenoloxidasa o podría ser por el aumento de la permeabilidad de la membrana celular del producto que originaría fuga de la polifenoloxidasa del citoplasma celular.

En el Cuadro 6, se muestra la Prueba de Levene aplicada a la Luminosidad (L*) en rodajas de banano, donde se observa la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se realizó el análisis de varianza, posteriormente, la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 6. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la Luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible

Variable respuesta	Estadístico de Levene	P
Luminosidad (L*)	0.410	0.666

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza para la luminosidad en rodajas de banano, donde se puede observar que el antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Antimicrobiano: A	33.255	2	16.627	425.618	0.000
Tiempo: B	530.358	2	265.179	6787.852	0.000
A*B	18.093	4	4.523	115.783	0.000
Error	0.703	18	0.039		
Total	582.409	26			

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de luminosidad en rodajas de banano, en la cual se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de

subconjuntos. Se observa en el subconjunto 5 que el tratamiento de la cobertura con aceite esencial de canela presentó mayor valor de luminosidad 57.760 a los 4 días de almacenamiento, resultando ser el mejor tratamiento.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para valores de Luminosidad (L*) en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
Ac. Es. Limón día 0	66.610					
Ac. Es. Canela día 0		66.367				
Control día 0		66.240				
Ac. Es. Canela día 2			62.413			
Ac. Es. Limón día 2				58.493		
Control día 2				58.463		
Ac. Es. Canela día 4					57.760	
Ac. Es. Limón día 4						54.613
Control día 4						54.557

4.3. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en rodajas de banano.

En la Figura 11, se muestran los valores de firmeza en las rodajas de banano, en función del tiempo de almacenamiento.

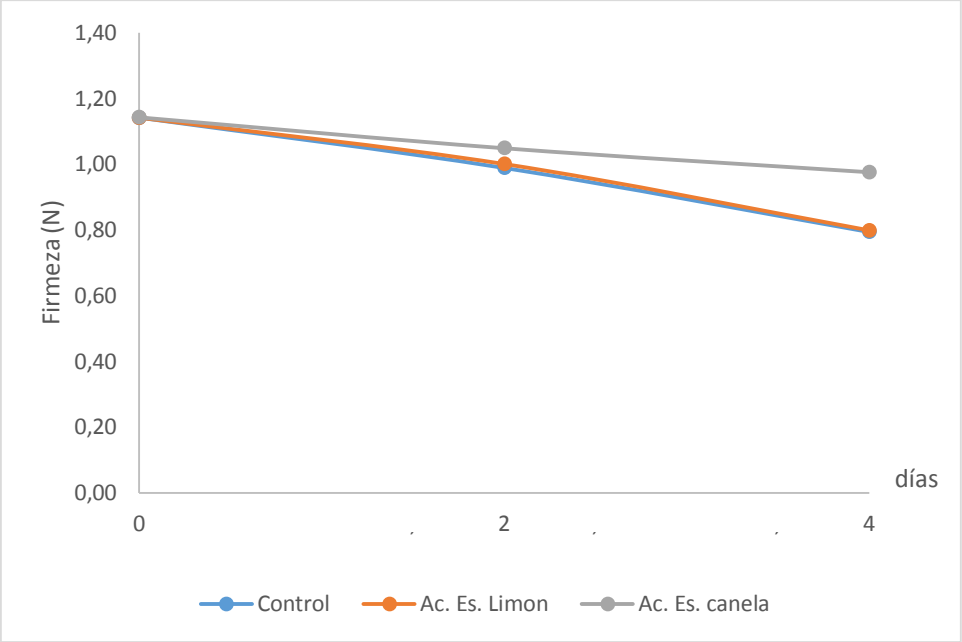


Figura 11. Firmeza de las rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

Se observa como esta variable fue disminuyendo a medida que transcurrió el tiempo. El tratamiento con aceite esencial de canela, fue quien presentó mayor firmeza a los 4 días de almacenamiento con 0.975 N, seguido del tratamiento con la cobertura con aceite esencial de limón con 0.801 N y finalmente el tratamiento control con 0.791 N. Los resultados de la firmeza durante el almacenamiento se observan en el Anexo 9.

Chauca (2014) reportó mayor firmeza en los trozos de papaya con cobertura comestible a base de almidón de maíz-gelatina con aceite esencial de canela

al 0.1%, durante 12 días de almacenamiento con 1.07 N, seguido de la cobertura comestible con sorbato de potasio con 0.91 N.

Iglesias y otros (2012) reportaron la disminución de los valores de firmeza de trozos de piña variedad Cayena con cobertura comestibles a base de almidón de camote (10%) y aceite esencial de canela (0.1%) durante 14 días a 5 °C, encontrándose que la muestra con esta cobertura presentó mayor firmeza (0.9 N), a comparación de la muestra control (0.5 N) al final del almacenamiento.

Según Nima y otros (2014) indican que el ablandamiento de tejidos es uno de los principales problemas que limitan la vida útil de frutas frescas y la firmeza es un factor importante que influye en la aceptabilidad del consumo de estos productos.

Benítez y otros (2013) indican que la pérdida de firmeza de los tejidos de las frutas se produce debido al proceso de deterioro de la estructura celular, principalmente por la hidrólisis de polímeros pécticos en la pared celular y laminilla media de la fruta.

La firmeza de productos mínimamente procesados puede ser mejorada por coberturas comestibles a través de la reducción de pérdida de agua y prevención de deshidratación (Lin y Zhao, 2007). La incorporación de aceites

esenciales en la cobertura tiene efecto significativo sobre la firmeza, sin embargo, éste valor puede decrecer en cuando la concentración de aceite esencial no es la adecuada (Raybadui, 2007).

En el Cuadro 9, se presenta la prueba de Levene, aplicada a los valores de firmeza (N) para las rodajas de banano, donde se puede observar la existencia de homogeneidad de varianzas ($p>0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 9. Prueba de homogeneidad de varianzas para la firmeza (N) en rodajas de banano con cobertura comestible.

Variable	Estadístico de Levene	P
Firmeza (N)	1.981	0.160

En el Cuadro 10, se muestra el análisis de varianza para la firmeza en rodajas de banano, donde se observó que el antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la firmeza en rodajas de banano con cobertura comestible.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Antimicrobiano: A	0.039	2	0.019	2389.218	0.000
Tiempo: B	0.380	2	0.190	23321.964	0.000
A*B	0.035	4	0.009	1085.527	0.000
Error	0.000	18	0.000		
Total	0.455	26			

En la Cuadro 11, se presenta la prueba de Duncan aplicado a los valores de firmeza en rodajas de banano en la cual se observa que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 5 que el tratamiento con aceite esencial de canela presentó mayor firmeza con 0.975 N a los 4 días de almacenamiento, resultando ser el mejor tratamiento.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para valores de firmeza en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
Ac. Es. Limón día 0	1.147					
Control día 0	1.146					
Ac. Es. Canela día 0		1.141				
Ac. Es. Canela día 2			1.057			
Ac. Es. Limón día 2				0.994		
Control día 2				0.990		
Ac. Es. Canela día 4					0.975	
Ac. Es. Limón día 4						0.801
Control día 4						0.791

4.4. Efecto antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano.

En la Figura 12, se observa el recuento de mohos y levaduras en los diferentes tratamientos en rodajas de banano durante su almacenamiento.

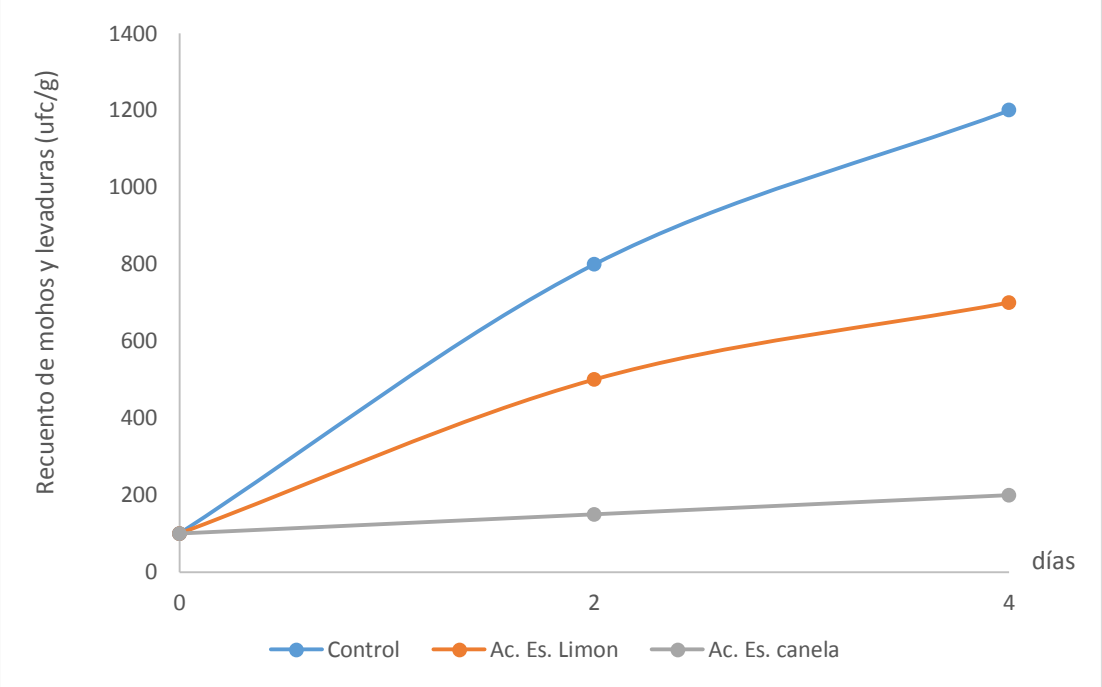


Figura 12. Recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento.

La población inicial para los tres tratamientos fue de $1x10^2$ ufc/g. Al final de los 4 días de almacenamiento, se observó un aumento del recuento de mohos y levaduras, siendo mayor en el tratamiento control con $12.3x10^2$ ufc/g, seguido del tratamiento con aceite esencial de limón con $7.5x10^2$ ufc/g y finalmente el tratamiento con aceite esencial de canela con un valor de $2x10^2$ ufc/g. Los resultados del recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento se observan en el Anexo 10.

García-Camarillo y otros (2006) estudiaron la actividad antifungica de los aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y orégano (*Origanum*

vulgare) sobre el *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas en nuez pecanera; ambos aceites presentaron actividad fungicida in vitro contra *A. flavus*. Mencionan además que el efecto inhibitorio del aceite esencial de canela, en la producción de aflatoxinas por *A. flavus* en almendra de nuez pecanera irradiada, mostró mayor inhibición que el aceite esencial de orégano, ya que a los 30 días de almacenamiento a 85% de humedad relativa y 25°C, las nueces tratadas con 100 y 2000 ppm presentaron estadísticamente la misma concentración de aflatoxinas que las nueces sin inóculo, y en las nueces tratadas con aceite esencial de orégano, solamente en las que se aplicó una dosis de 2000 ppm, hubo inhibición en la producción de aflatoxinas.

Trujillo y otros (2015) reportaron el aumento de la carga microbiana en el recuento de mohos y levaduras en rodajas de manzana variedad *Fuji* con cobertura comestible a base de aceite esencial de limón (0.1, 0.5 y 1.0 %) durante 15 días a 5 °C. El aceite esencial de limón al 0.5 % y 1% inhibieron completamente el recuento de mohos y levaduras presentes en las rodajas de manzanas ($5.2x10^{-1}$ ufc/g y $5.5\ x10^{-1}$ ufc/g).

Nereyda (2011) indica que el aldehído cinámico es el principal componente antimicrobiano en la canela, mostrando una actividad antibacteriana y antifúngica. Por otro lado Nima y otros (2014) indican que la incorporación de

agentes antimicrobianos en coberturas comestibles puede ampliar la protección del deterioro microbiano en la fruta cortada y así extender su vida útil, menciona además que el aceite esencial de limón tiene actividad antimicrobiana para una amplia gama de microorganismos incluyendo mohos y levaduras.

En el Cuadro 12, se presenta la prueba de Levene, aplicada al recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano, donde se puede observar la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible.

Variable	Estadístico de Levene	p
Recuento mohos y levaduras (ufc/g)	7.846	0.092

En el Cuadro 13, se muestra el análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano, observándose que el agente antimicrobiano

y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 13. Análisis de varianza para al recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Antimicrobiano: A	1420556	2	710277.778	404	0.000
Tiempo: B	1823889	2	911944.444	518	0.000
A*B	820556	4	205138.889	117	0.000
Error	31667	18	1759.25926		
Total	4096667	26			

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano en la cual se visualiza que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa que en el subconjunto 5 que el tratamiento con cobertura con aceite esencial de canela al día 4 de almacenamiento presentó el menor recuento de mohos y levaduras con $2x10^2$ ufc/g.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
Control día 4	1233.333					
Control día 2		816.667				
Ac. Es. Limón día 4			750.000			
Ac. Es. Limón día 2				533.333		
Ac. Es. Canela día 4					200.000	
Ac. Es. Canela día 2					166.667	
Ac. Es. Canela día 0						100.000
Ac. Es. Limón día 0						100.000
Control día 0						100.000

4.4. Aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible.

En la Figura 13 se puede observar los resultados de la evaluación de aceptabilidad general mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos en rodajas de banano con cobertura comestible almacenados a 5 °C durante 4 días.

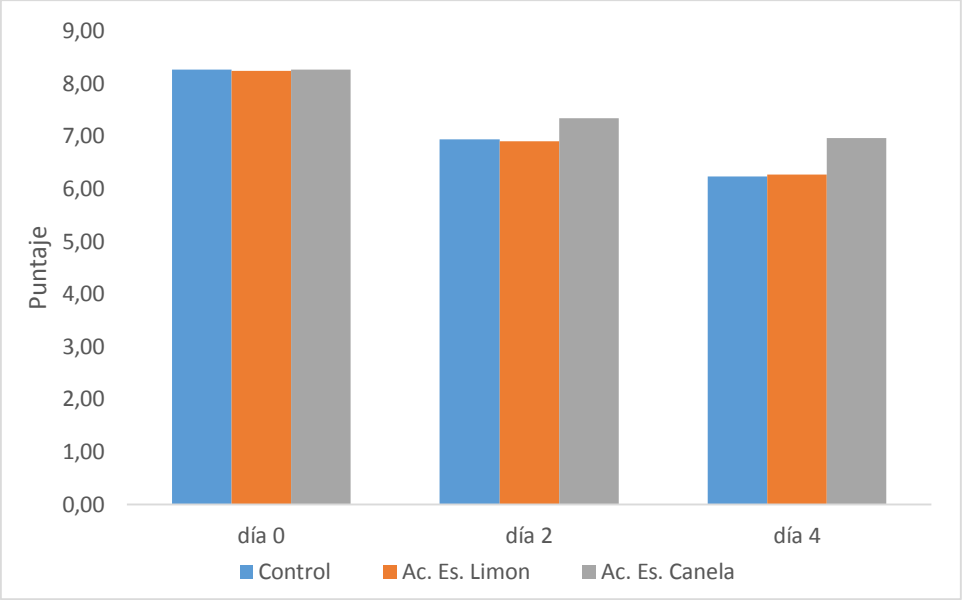


Figura 13. Aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento

Los resultados de aceptabilidad se indicaron en valores promedio. De acuerdo a la percepción general de los panelistas, durante el día 0, día 2 y día 4 de almacenamiento, estos expresaron una mejor aceptación al tratamiento con aceite esencial de canela, pues presentaron mayor promedio en comparación con los otros tratamientos. El promedio de resultados al día 0 de almacenamiento con aceite esencial de canela fue 8.27, mientras que el tratamiento con aceite esencial de limón fue de 8.23 y el tratamiento control de 8.27. El promedio de resultados al día 2 de almacenamiento con aceite esencial de canela fue 7.33, mientras que el tratamiento con aceite esencial de limón fue de 6.90 y el tratamiento control de 6.93. El promedio de resultados al día 3 de almacenamiento con aceite esencial de canela fue 6.6, mientras

que el tratamiento con aceite esencial de limón fue de 5.33 y el tratamiento control de 5.37. Finalmente los jueces indicaron que la muestra con aceite esencial de limón presentaba un sabor ligeramente astringente al momento de la degustación.

Según Nima y otros (2014) evaluaron la aceptabilidad general en trozos de piña con cobertura comestible a base de alginato con aceite esencial de limón (0.1; 0.3 y 0.5 %) después de 8 días de almacenamiento a 10°C, encontrando que las concentraciones de 0.1 y 0.3 % son aceptadas por el consumidor y no se encontró diferencia significativa entre estos tratamientos. Sin embargo la incorporación del 0.5 % de aceite esencial de limón si afectó los atributos sensoriales de las muestras, encontrando diferencia significativa con los otros dos tratamientos. Así mismo, indicaron que la evaluación sensorial es muy importante en productos mínimamente procesados con aplicación de coberturas comestibles, debido a que sus componentes pueden tener repercusiones en los atributos sensoriales como el sabor y el olor.

En el Cuadro 15, se presentan los resultados de la Prueba de Kruskall-Wallis para la evaluación de la aceptabilidad general de las rodajas de banano con cobertura comestible, que determinó la existencia de diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos solo el día 4 de almacenamiento.

Cuadro 15. Prueba de Kruskal – Wallis para la aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento	Rangos promedios		
	Día0	Día2	Día4
Control	45.45	41.70	36.82
Ac. Es. Limón	44.83	43.23	36.92
Ac. Es. Canela	46.22	51.57	62.90
P	0.973	0.261	0.000

En el Cuadro 16, se presentan los resultados de la Prueba de Mann-Whitney para el día 4 de almacenamiento. Esta se aplica para obtener información complementaria a la prueba de Kruskall-Wallis, cuando esta resulta significativa.

Cuadro 16. Prueba de Mann-Whitney para aceptabilidad general en rodajas de banano con cobertura comestible.

Tratamiento		P
Control	Ac. Es. Limón	0.908
Control	Ac. Es. Canela	0.000
Ac. Es. Limón	Ac. Es. Canela	0.000

La prueba de Mann-Whitney indica que al día 4 de almacenamiento, la cobertura con aceite esencial de canela presenta diferencia significativa al compararse con el tratamiento control y la cobertura con aceite esencial de limón, por tanto, se demuestra que fue el mejor sensorialmente.

V. CONCLUSIONES

Existió el efecto significativo antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos y levaduras en rodajas de banano.

El tratamiento cobertura con aceite esencial de canela al 0.05% presentó la menor pérdida de peso, recuento de mohos y levaduras, retención de firmeza, luminosidad y aceptabilidad general durante 4 días de almacenamiento a 5 °C.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar por una semana de almacenamiento a 5 ºC, las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en las rodajas de banano con cobertura con aceite esencial de canela.

Considerar controlar la humedad relativa durante el desarrollo de la investigación.

Escoger aceites esenciales que presenten similar estructura química.

VII. BIBLIOGRAFIA

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Pearson Educación. México.

Benítez, S., Achaerandio, F., Sepulcre, F., Pujolà, M. 2013. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. Vol. 81, Pg. 29-36.

Bico, S., Raposo, M., Morais, R., Morais, A. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. Food Control Vol. 20, Pg. 508–514.

Bourtoom, T. 2008. Edible films and coating: characteristics and properties. Internacional food research journal. Vol. 15, Pg. 237-248.

Brasil, I., Gomes, C., Puerta-Gómez, A., Castell-Pérez, M., Moreira, R. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances

quality of fresh-cut papaya. Journal of Food Science and Technology. Vol. 47. Pg. 39-45.

Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food Bioprocess Technol Vol. 4, Pg. 849-875. CAMTRADE. 2015. Sistemas de Información Estadística de la Cámara de Comercio de Lima. Perú.

Castellanos, D., Algecira, N., Villota, C., 2011. Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Hermosillo-México. Vol. 12, Nr. 2, Pg. 114-134.

Chauca, M. 2014. Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general de trozos de papaya (Carica papaya), variedad criolla. Tesis para optar el grado de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Chuna, S. 2012. Efecto del extracto de tara (Caesalpinia spinosa) y del aceite esencial de canela (Cinnamomum zeylanicum) en cobertura comestible,

temperatura y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de trozos de piña (Ananas comosus L.), variedad Golden. Tesis para optar el grado de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Escalante-Minakata, P., Ibarra-Junquera, V., Puente-Preciado, J., Chávez-Rodríguez, A., Ornelas-Paz, J., Pérez-Martínez, J., Orozco-Santos, M. 2013. Optimization of the enzymatic extraction of a banana beverage using the cultivars enano gigante, FHIA-17 y FHIA-23. Universidad y Ciencia. Tabásco-México. Vol. 29, Nr. 1.

Fakhouri, F., Fontes, L., Gonçalves, P., Milanez, C., Steel, C. y Collares-Queiroz, F. 2007. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativose gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. Ciência y Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-Brasil Vol. 27, Nr. 2, Pg. 369-375.

FAO. 2010. Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. Argentina. Disponible: http://www.fao.org/docrep/019/i1600s/i1600s.pdf. Fecha de acceso: 2015, 15 de Noviembre.

FAO. 2015. Foro Mundial Bananero 2015. Disponible: http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Concept_Note_and_Memberships_fees/WBFinformation.note.Spanish.pdf. Fecha de acceso: 2016, 14 de Julio.

FDA. 2015. Frutas y verduras. EEUU, Frutas y verduras frescas: Cómo seleccionarlas y servirlas de forma segura. Disponible: http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm174468.htm. Fecha de acceso: 2015, 12 de Noviembre.

García, C., Giraldo, G., Hurtado, H., Mendivil C., 2006. Cinética Enzimática de la polifenol oxidasa del banano *Gros Michel* en diferentes estados de maduración. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Colombia. Vol. 5 Pg. 41-50.

García-Camarillo, E., Quezada-Viay, M., Moreno-Lara, J., Sánchez-Hernández, G., Moreno-Martínez, E. y Pérez-Reyes, M. 2006. Actividad Antifúngica de Aceites Esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum Blume*) y Orégano (*Origanum vulgare L.*) y su Efecto sobre la Producción de Aflatoxinas en Nuez Pecanera (*Carya illinoensis*). Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 24, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 8-12 Sociedad Mexicana

de Fitopatología, A.C. Texcoco, México. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/612/61224102.pdf Fecha de acceso: 2016, 02 de Julio.

García–García, R. y Palou-García, E. 2008. Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 2-2. Universidad de las Américas de México. Disponible en: http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-2/TSIA-2(2)-Garc%C3%ADa-Garcia-et-al-2008a.pdf. Fecha de acceso: 2016, 01 de Julio.

García, M., Valdés, L., de la Paz, N., Rodríguez, J., Casariego, A. 2014. Plátano en rodajas mínimamente procesado con coberturas de quitosano y ácido ascórbico. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol. 24, Nr. 3 Pg. 56-61.

Gonzales, V., Rodeiro C., Sanmartín C., Vila S. 2014. Introducción al Análisis Sensorial. Sociedad Gallega para la Promoción de Estadística e Investigación Operativa. Facultad de Matemáticas. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela-España.

Hernández-Figueroa, R., Palou, E. y López-Malo, A. 2013. Utilización de películas comestibles y ciclodextrinas para la liberación controlada de aceites esenciales como agentes antimicrobianos en vegetales. Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Puebla- México. Vol. 7. Pg. 1-11.

Hernández, C. 2014. Elaboración y Caracterización de Película Comestible a base de quitosano y aceite esencial de limón. Tesis para acreditar la Experiencia educativa: Experiencia Recepcional. Programa Educativo de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa-México.

Hilvay, E. 2015. Efecto de los aceites esenciales de limón (*Citrus limón),* albahaca, (*Ocimum basilicum L.)* y orégano (*Origanum vulgare)*, en la conservación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar Título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Ecuador. Disponible en: http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11978/1/AL%20570.pdf Fecha de acceso: 2016, 01 de julio.

Iglesias, V., Centurión, D., Espinoza, J., Martínez, A. y De la Cruz, E. 2012. Recubrimiento de piña precortada con almidón de camote y aceite esencial de canela. Disponible en: http://iglesias-itslv.blogspot.com/.
Fecha de acceso: 2016, 22 de Enero.

Lin, D. y Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Vol. 6, Pg. 60-75.

López, G. y Gómez, F. 2014. Functional properties of Banana (*Musa sp*). Facultad de Nutrición Xalapa, Universidad Veracruzana. México. Disponible: http://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2014/muv142d.pdf. Fecha de acceso: 2016, 12 de Junio.

Martin, O. y otros, 2010. Calidad de frutas frescas cortadas y películas comestibles. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Lérida. Lérida-España.

Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. 2007. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca. Revista EIA, ISSN 1794-1237, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellín -Colombia. Nr. 8 Pg. 57-67.

Ministerio de Agricultura. 2011. Banano. Dirección General de Competitividad Agraria. Dirección de Agronegocios. Lima-Perú.

Ministerio de Agricultura. 2014. El banano peruano. Tendencias de la producción y el comercio del banano en el mercado internacional y nacional. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Edición Digital: Minagri – DGPA. Lima-Perú.

Montero-Prado, P. y Nerín, C. 2013. Evaluación del envasado activo del melocotón pelado y cortado (IV Gama). Revista de Investigación de la Universidad Tecnológica de Panamá. Artículo 3. Disponible en: http://www.utp.ac.pa/documentos/2015/pdf/id91-articulo3.pdf. Fecha de acceso: 2016, 01 de Julio.

Nereyda, E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo. Universidad Autónoma Indígena de México. Disponible en: http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-19articulosPDF/14-USO%20DE%20AGENTES%20ANTIMICROBIANOS%20%20NATURALES%20EN%20LA%20%20CONSERVACION_Elvia%20Rguez.pdf
Fecha de acceso: 2016, 21 de Marzo.

Nima, A., Osman, A., Mohd, H., Ping, C., Mohd, N. 2014. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and

quality retention of fresh-cut pineapple. Postharvest Biology and Technology. Vol. 88, Pg. 1–7.

Olivas, G. y Barbosa, G., Embuscado, M. y Huber, K. 2009. Edible films and coatings for fruits and vegetables. Edible films and coatings for food application. Springer Science Business Media. New York - EEUU. Pg. 211-244.

Portillo, R. 2006. Influencia del Estado de madurez del Plátano (*Musa sp.*) Hibrido FHIA – 21 en la calidad de hojuelas fritas (Chifles). Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

Ramos-García, M., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L., Bosquez-Molina, E., Alia-Tejacal, I. y Estrada-Carrillo, M. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestbles para usa en productos hortofrutícolas. Revista mexicana de fitopatología. Sociedad mexicana de fitopatología, A.C. México. Vol. 28, Nr. 1. Pg. 44-57.

Raybaudi, R. 2007. Uso de sustancias antimicrobianas naturales en combinación con compuestos estabilizadores de la calidad para controlar

microorganismos patógenos y extender la vida útil de frutas frescas cortadas. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. Lleida, España.

Rojas-Graü, M., Tapia M., Martín-Belloso, O. 2006. Empleo de recubrimientos comestibles en frutas frescas cortadas: Nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos. Memoria para optar el grado de Doctora. Universitat de Lleida. Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrária. Lleida-España.

Rojas – Graü M., Montero M., Soliva-Fortuny R., Martín – Belloso O., 2009. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. Universidad de Lleida, Departamento de Tecnología de Alimentos. Revista Horticultura Internacional. España. Nr. 69, Pg. 48-51.

Romero-Bastida, C, Zamudio-Flores, P. y Bello-Pérez, L. 2011. Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: Efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y de barrera. Revista Mexicana de Ingeniería Química. México. Vol.10, Nr.3, Pg. 445-453

Salas, N. 2010. Efecto de dos tipos de ácidos y tres concentraciones de quitosano en la película comestible, en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las fresas (*Fragaria vesca L.*) almacenadas

en refrigeración. Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Sánchez, M. 2012. Efecto de la cobertura comestible con aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), tipo de envase y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en uva (*Vitis vinifera l.*), variedad red globe. Tesis para optar el grado de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Sarabia, V. 2013. Informe ejecutivo de ferias: Feria Fruit Logistic 2013. Promperú. Códifo FO-INF-005, versión 2.

Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. y Aguilera, J. 2010. Food hydrocolloid edible films and coatings. Universidad de Santiago de Chile. Santiago- Chile.

Tamayo, M. 2010. Materiales empleados en la elaboración de envases biodegradables. Tesis para Título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú.

Trigo, J., Albertini, S., Spoto, M., Sarmento, S., Lai, A. y Sarriés, G. 2012. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente procesados. Brazilian Journal of Food Technology. Vol.15, Nr. 2, Pg. 125-133.

Trujillo, L., Rojas, M., Soliva, R., Martín, O. 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. Postharvest Biology and Technology. Nr. 105, Pg. 8–16.

Vargas, M., Pastor, C., Chiranlt, A., McClements, D. y González-Martínez, C. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. Critical reviews in Food science and nutrition. Vol 48, Pg. 496-511.

Vaca, V., Ramos, M., 2014. Aceites Esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y Clavo (*Syzygium aromaticum*) como Desinfectantes de Hortalizas Frescas. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Disponible en: http://www.medellin.unal.edu.co/iicta2014/doc/Memorias%20IICTA%202014.pdf. Fecha de acceso: 2016, 16 de junio.

Vega, N. 2011. Efecto del mejorador de textura, agente antimicrobiano en la cobertura comestible gelatina-almidón de yuca y el tiempo de almacenamiento a 5 °C sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de rebanadas de mango (*Mangifera indica L*.) variedad Kent mínimamente

procesadas. Tesis para optar el grado de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Villa, G., Guzmán, M., San Martín, M. y Pedroza-Islas, R. 2008. Películas de mezclas de proteína de suero lácteo, pectina y carboximetilcelulosa: microestructuras y propiedades de deshidratación. Trabajos completos presentados al III Congreso Internacional de Ciencias y Tecnología de los Alimentos. Ciencia y Tecnología de los Alimentos: Avances en Formulación y Nutrición. Córdoba-Argentina. Pg. 381-388.

Villa, E. 2014. México. Métodos estadísticos para pruebas sensoriales en la industria. Centro de Investigación en Matemáticas. Disponible: http://7vpe.eventos.cimat.mx/sites/7vpe/files/Platica-VPyE2014_Parte%20IyII.pdf. Fecha de acceso: 2015, 10 de Noviembre.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica gelatina

Rousselot

Gelatina Comestible - Certificado de Analisis
Gelatina Comestível - Certificado de Análise

Lote N°: 1228731	
Peso del lote: 10000 KG	**Tipo:** Rousselot 280 H 40
Fecha de Fabricación: MRZ-2013	**Fecha de Validez:** MRZ-2017

Esta gelatina es baseada en FAO/WHO, Código Alimentario Argentino y SENASA

ANALISIS	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS			
BLOOM (g) (Sol. 6,66%)	g	270 - 290	274
VISCOSIDAD (Sol. 6.66%)	mPa.s	3.50 - 4.50	3.85
OLOR		Caracteristico	Caracteristico
COLOR		Amarillo a ámbar	Amarillo a ámbar
CENIZAS	%	<=2.00	<=2.00
HUMEDAD	%	<=13.0	11.1
pH		4.0 - 7.0	5.6
SO2	ppm	<=50.00	<=50.00
CROMO (******)	ppm	<=5.00	<=5.00
PLOMO (*)	ppm	<=2.00	<=2.00
ARSENICO (*)	ppm	<=1.00	<=1.00
COBRE (*)	ppm	<=30.00	<=30.00
ZINCO (*)	ppm	<=50.00	<=50.00
NITRÓGENO (**)	%	>= 15.00	>=15.00
MESH		40	40
CARACTERISTICAS MICROBIOLOGICAS			
BACTERIAS TOTALES	ufc/g	<=1000	<=1000
COLIFORMES TOTALES EN 1g		Ausencia	Ausencia
COLIFORMES FECALES EN 1g		Ausencia	Ausencia
Salmonella sp en 25g		Ausencia	Ausencia
E. coli en 1g		Ausencia	Ausencia
ESPORAS DE ANAERÓBIOS SULFITO REDUCTORES	ufc/g	<=10	<=10
Sthaphylococcus aureus en 1g		Ausencia	Ausencia

*** Esta característica se monitorea a cada dos meses, en laboratorio externo calificado.**
**** Esta característica se considera como calidad asegurada.**
***** Esta característica se monitorea semanalmente.**
****** Esta característica se analiza en laboratorio externo calificado.**
*******Esta característica es analizada semestralmente en laboratorio externo calificado.**
******** Esta característica es analizada mensualmente en laboratorio externo calificado.**

-Validación de la calidad
Firma:
Fecha: 12 MARZO 2013

Rousselot Gelatinas do Brasil Ltda.
Rua Santo Agostinho, 280
Distrito de Arcadas - Amparo - SP - Brasil
CEP: 13908-080

Rousselot is a VION ingredients company

Certified to ISO 9001

Anexo 2. Ficha técnica de Cloruro de Calcio

MAINT PARTNER

CERTIFICATE OF ANALYSIS
22.7.2014

Food Grade Calcium Chloride 77

Sample number:	2014-01114-001
Date of sample approval:	22.7.2014
Date of manufacturing:	19.7.2014
Expiry date of product:	19.7.2016.
Customer:	TETRA Chemicals Europe Oy
Description:	CC Food Flake 77K
Batchno Lot:	001

Calcium chloride (E509) complies with EC 2008/84 and FCC 6th edition. The expiry date of the product is two years after the date of manufacturing. The lot number is made up of the four first digits in the nine digit number printed on the bag.

Analysis	Result	Unit	Min	Max	Method of analysis
$CaCl_2$	77,9	%	77,0		EDTA-titration
Na	0,75	%			Atomic absorption
Mg	0,01	%			AAS-Flame
Mg and alkali salts	2,4	%		4	Calculation
Fe	6,3	ppm			Atomic absoption
Insoluble in water	0,03	%		0,20	Gravimetric
pH 5% $CaCl_2$-solution	10,67		9	11	Wet chemistry/pH
Alkalinity	0,20	%		0,3	Wet chemistry/titrat
Heavy metals as Pb	< 20	ppm		20	Wet chemistry/FCC-me
Pb	0,19	ppm		5	Atomic absorption
F	17,3	ppm		40	Ionselective electro
Sieve <6,3 mm	100	%			Sieve analysis
Sieve <4,0 mm	93,80	%			Sieve analysis
Sieve <2,0 mm	26,87	%			Sieve analysis
Sieve <1,0mm	8,74	%			Sieve analysis
Sieve <0,5 mm	3,84	%			Sieve analysis

Analysis	Result	Unit	Min	Max	Batch no Lots:	Method of analysis
As	0,002	ppm		1	001	Atomic absoption
Hg	< 0,01	ppm		1	001	Atomicfluoresence

Maintpartner Oy

Elina Nyrhinen

Elina Nyrhinen

Chemist

Tel 043-8200943
E-mail elina.nyrhinen@maintpartner.com

TETRA

TETRA Chemicals Europe Oy
Box 551
FI-67701 KOKKOLA
Finland
+358 6 8282 111
Registered office Kokkola VAT FI18825967

Maintpartner Oy
PL 74
67101 Kokkola

Puh. (09) 2311 6000 (vaihde)
www.maintpartner.fi

Anexo 3. Ficha técnica de acido cítrico

MANUFACTURER:
TTCA CO., LTD.
WEST WEIHE BRIDGE NORTH, ANQIU SHANDONG, CHINA

CERTIFICATE OF ANALYSIS

BATCH NO.:A157004
IN CONTAINER NO.:WHLU2920061
MANUFACTURING DATE:DEC.2015
EXPIRY DATE:DEC.2019
QUANTITY:840BAGS/21MTS

PRODUCT NAME: CITRIC ACID ANHYDROUS BP2011 (30-100 MESH)

DATE: JAN.05,2016

INVOICE NO.: TTCA111991

THIS IS TO CERTIFY THAT THE ANALYSIS RESULT OF THE GOODS IS AS FOLLOWS:

NO.	ITEM	BP2011	E330	USP36	FCC7	TTCA ENTERPRISE SPEC
1	CHARACTERISTICS	COLORLESS OR WHITE CRYSTAL				
2	IDENTIFICATION	PASS THE TEST				
3	LIGHT TRANSMITTANCE	/	/	/	/	≥98%
4	CLARITY&COLOUR OF SOLUTION	PASS TEST	/	PASS TEST	/	PASS TEST
5	ASSAY	99.5-100.5%	≥99.5%	99.5-100.5%	99.5-100.5%	99.9%
6	WATER	≤1.0%	≤0.5%	≤0.1%	≤0.5%	0.10%
7	SULPHATED ASH	≤0.1%	≤0.05%	≤0.1%	≤0.05%	≤0.05%
8	SULPHATE	≤150ppm	/	≤150ppm	/	≤30ppm
9	OXALATE	≤360ppm	≤100ppm	≤360ppm	NO TURBIDITY FORMS	≤20ppm
10	CALCIUM	/	/	/	/	≤20ppm
11	HEAVY METALS	≤10ppm	≤5ppm	≤10ppm	/	≤1ppm
12	IRON	/	/	/	/	≤1ppm
13	CHLORIDE	/	/	/	/	≤5ppm
14	READILY CARBONATED SUBSTANCES	NOT EXCEEDING THE STANDARD	NOT EXCEEDING THE STANDARD	NOT EXCEEDING THE STANDARD	A≤0.52 T%≥30	K≤1.0
15	BACTERIAL ENDOTOXINS	≤0.5IU/mg	/	PASS TEST	/	≤0.5IU/mg
16	ALUMINIUM	≤0.2ppm	/	≤0.2ppm	/	≤0.2ppm
17	ARSENIC	/	≤1ppm	/	/	≤0.1ppm
18	MERCURY	/	≤1ppm	/	/	≤0.1ppm
19	LEAD	/	≤1ppm	/	≤0.5ppm	≤0.5ppm
20	TRIOCTYLAMINE	/	/	/	≤0.1ppm	≤0.1ppm
21	POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS(PAH)	/	/	/	/	≤0.05 (260-350nm)
22	ISOCITRIC ACID	/	/	/	/	PASS TEST
23	WATER INSOLUBLE SUBSTANCES	/	/	/	/	FILTRATION TIME NOT MORE THAN 1MIN;FILTER MEMBRANCE DOESN'T BASICALLY CHANGE COLOR VISUAL MOTTLED PARTICLES NOT MORE THAN 3

山东柠檬生化有限公司
TTCA CO., LTD.

(STAMP)

Anexo 4. Ficha técnica de ácido ascórbico

富润(香港)国际贸易有限公司
CHINA CHEM SOURCE (HK) CO., LTD.

Certificate of Analysis

Product: Ascorbic Acid
Quantity : 1,000kgs
Analysis Standare: BP2010/USP32/ EP6/GB14754-2010

Batch No.11101801
Manufacture: COT.18.2015
Analysis Date: OCT.19.2015

Analysis Contents	Analysis Standard	Analysis Results
Characteristics	White crystalline powder	Pass
Assay (Organic volatile impurities)	99.0%~100.5%	99.6%
Identification	Positive reaction	Positive
Melting points	About 190℃	191℃
PH	2.1 – 2.6	2.4
Clarity of solution	Clear	Pass
Colour of solution	≤BY_7	<BY_7
Iron	2PPmMax	<2PPM
Copper	5PPM Max	<5PPM
Arsenic	3PPM Max	<3PPM
Oxalic acid	0.2% Max	<0.2%
Heavy metals	10PPM Max	<2PPM
Sulphated ash(Residue on ignition)	0.1% Max	0.03%
Lead	≤2ppm	<2ppm
Specific optical rotation	+20.5°~ +21.5°	+20.88°
Residual Solvents	Methanol:NMT3000PPM	<3000PPM
Organic Volatile Impurities	Complies	Complies

Expiry Date: OCT.17.2017
Conclusion:The above product conforms to BP2010/USP32/EP6/GB14754-2010

富润(香港)国际贸易有限公司
CHINA CHEM SOURCE (HK) CO., LIMITED

Anexo 5. Ficha técnica de aceite esencial de limón

Aromas del Perú S.A.

FABRICANTES DE SABORES LIQUIDOS Y EN POLVO, COLORANTES CERTIFICADOS Y FRAGANCIAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, FARMACEUTICA, PERFUMERIA, COSMETICA Y OTRAS

FICHA TÉCNICA

AP/3387/VI

LIMON ACEITE ESENCIAL

Descripción	Es el aceite volátil destilado con vapor de las partes de la piel de limón. **Componentes**: Es un aceite esencial natural y tiene como principales componentes: D-limonene, felandreno, citronellal, citral y otros en menor proporción.		
Identificación	**Sinónimos**: Destilled Lime Oil **CAS**: 8008-26-2 **FEMA**: 2631		
Características sensoriales	**Ensayos**	**Especificación**	**Método**
	Aspecto Color Olor/Sabor	Líquido transparente De incoloro a ligeramente amarillo. Característico a limón.	MA-003
Características Físico-químicas	Gravedad especifica a 25°C/25°C Índice de refracción (20°C) Rotación óptica (20°C) Citral (%) Residuos por evaporación (%) Solubilidad en etanol al 90%	0.8550 - 0.8630 1.4745 – 1.4770 32.45 – 38.0 1.034 – 2.0 1.595 – 2.2 0.5% a 5 vol.	Proveedor
Embalaje **Rotulado**	Cilindros metálicos/ 181.44 Kg. En sticker, marca, nombre, lote, peso neto y bruto.		
Aplicaciones	Se usa como saborizante en aguas minerales y jugos de limón artificiales; así mismo como ingrediente de jabones, lociones, aceites de masajes, fragancias corporales, productos de aromaterapia, inciensos y otros.		
Vida útil	24 meses.		
Estabilidad/ Almacenamiento	Mantiene sus características siempre y cuando se almacenen en envases herméticamente cerrados, en un lugar fresco, a temperatura ambiente entre 10°C a 25°C, protegidos de la luz.		
Referencias	The United States Pharmacopea The National Formulary USP23/NF18 (1995); Diccionario de Química y Productos Químicos (Hawley, 1993).		
Elaborado por: Ing. Carolina García L **Fecha:** Enero/2016	**Revisado por:** Ing. Xiomara Morales Rivera **Fecha:** Enero/2016	**Aprobado por:** Ing. Mario Orellano **Fecha:** Enero/2016	**Emisión:** 26-01-18

Jr Zorritos 1014 Alt. Cdra 8 Av. Colonial – Lima – Perú
Teléfonos: 424-9626 431-2339 424-6904 Apartado Postal 11-043
E-mail: aromas@aromasdelperu.com - www.aromasdelperu.com

Anexo 6. Ficha técnica de aceite esencial de canela

Aromas del Perú S.A.

FABRICANTES DE SABORES LÍQUIDOS Y EN POLVO, COLORANTES CERTIFICADOS Y FRAGANCIAS
PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA, FARMACÉUTICA, PERFUMERÍA, COSMÉTICA Y OTRAS
Validación Técnica Oficial PLAN HACCP

FICHA TÉCNICA

AP/1544/VI

CINNAMON LEAF OIL

Descripción	Es un aceite esencial producido por la destilación a vapor de las hojas del árbol del *Cinnamomun zeylanicum nees.* El cual se combina muy bien con otros aceites como: clavo de olor, mirto, nuez moscada, aceites de cítricos, y otros. **Componentes:** Sus principales componentes son: aldehído cinámico; eugenol; trazas de pineno; cineol, linalol; glúcidos; etc. *Se encuentran mencionados en la lista GRAS de la FDA y/o FEMA y Codex Alimentarius.*		
Identificación	**Sinónimo**: Aceite de hojas de canela **C.A.S**: 8015-91-6 **FEMA**: 2292 **EINECS:** 283-479-0 **FDA**: 21CFR182.20		
Características sensoriales	**Ensayos**	**Especificación**	**Método**
	Aspecto Color Olor/Sabor	Líquido De amarillo a ámbar-naranja. Característico a canela.	MA-003
Características Físico-químicas	Gravedad específica (25°C) Índice de refracción (20°C) Rotación óptica Pureza (Eugenol/vol.) (%) Metales pesados (ppm) Solubilidad (etanol al 70%)	1.0300 – 1.0500 1.5290 – 1.5370 - 2.0° - +1.0 ° 80 – 88 40 máx. 1.5 volúmenes (con frecuencia se da una solución turbia).	Proveedor
Embalaje Rotulado	Cilindros metálicos/ 180 Kg. En sticker, marca, nombre, lote, peso neto, peso bruto, tara.		
Aplicaciones	Es utilizado en aguas florales, perfumes, colonias, lociones, en la aromaterapia (como ingrediente de jabones de baño, aceites para masajes, inciensos, vapores faciales, poupurris, etc.).		
Vida útil	01 año.		
Estabilidad/ Almacenamiento	Evitar el contacto con hierro. Mantiene sus características siempre y cuando se almacenen en envases herméticamente cerrados, en un lugar fresco y seco, a temperatura ambiente, protegidos de la luz.		
Referencias	Food Chemicals Codex. 7th Edición (2012). FDA - Food Additives Generally Recognized as Safe (GRAS) 21 CFR 182.20		

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**	**Emisión:**
Ing. Carolina García Leiva **Fecha:** Mayo/2015	Ing. Xiomara Morales Rivera **Fecha:** Mayo/2015	Ing. Mario Orellano **Fecha:** Mayo/2015	23/05/15

Anexo 7. Pérdida de peso (%) en rodajas de banano con cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	% Pérdida de peso		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	0.000	0.000	0.000
2	0.711	0.736	0.600
4	1.503	1.462	0.983

REPETICION 2

Tiempo (Días)	% Pérdida de peso		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	0.000	0.000	0.000
2	0.724	0.697	0.594
4	1.494	1.413	0.890

REPETICION 3

Tiempo (Días)	% Pérdida de peso		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	0.000	0.000	0.000
2	0.731	0.737	0.583
4	1.473	1.430	0.901

PROMEDIOS

Tiempo (Días)	% Pérdida de peso		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	0.000	0.000	0.000
2	0.722	0.723	0.592
4	1.490	1.435	0.925

Anexo 8. Valores de L* en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5°C.

REPETICION 1

Tiempo (Días)	L*		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	66.18	66.38	66.37
2	58.50	58.39	62.51
4	54.67	54.71	57.77

REPETICION 2

Tiempo (Días)	L*		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	66.00	66.58	66.32
2	58.19	58.23	62.30
4	54.56	54.63	57.69

REPETICIÓN 3

Tiempo (Días)	L*		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	66.54	66.87	66.41
2	58.70	58.86	62.43
4	54.44	54.50	57.82

PROMEDIOS

Tiempo (Días)	L*		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	66.24	66.61	66.37
2	58.46	58.49	62.41
4	54.56	54.61	57.76

Anexo 9. Valores de firmeza (N) en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5ºC

REPETICIÓN 1

Tiempo (Días)	Firmeza (N)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	1.142	1.142	1.143
2	0.989	1.001	1.049
4	0.794	0.799	0.976

REPETICIÓN 2

Tiempo (Días)	Firmeza (N)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	1.151	1.152	1.140
2	0.991	0.986	1.066
4	0.787	0.803	0.975

REPETICIÓN 3

Tiempo (Días)	Firmeza (N)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	1.146	1.147	1.141
2	0.989	0.994	1.057
4	0.791	0.801	0.975

PROMEDIOS

Tiempo (Días)	Firmeza (N)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	1.146	1.147	1.141
2	0.990	0.994	1.057
4	0.791	0.801	0.975

Anexo 10. Recuento de Mohos y levaduras en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5ºC

REPETICION 1

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	100	100	100
2	800	500	150
4	1200	700	200

REPETICION 2

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	100	100	100
2	750	500	150
4	1300	800	200

REPETICION 3

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	100	100	100
2	900	600	200
4	1200	750	200

PROMEDIOS

Tiempo (Días)	Mohos y levaduras (ufc/g)		
	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
0	100	100	100
2	817	533	167
4	1233	750	200

Anexo 11. Resultados de la aceptabilidad general en rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible durante el almacenamiento a 5ºC

Jueces Día 0	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
1	8	7	8
2	8	8	7
3	8	9	8
4	8	9	8
5	8	8	7
6	9	8	9
7	7	8	8
8	8	9	8
9	8	7	8
10	8	8	9
11	9	8	8
12	9	7	8
13	9	8	8
14	8	8	9
15	8	8	9
16	9	8	9
17	9	9	9
18	8	9	8
19	8	9	9
20	8	8	9
21	9	9	8
22	8	8	7
23	8	9	8
24	8	9	8
25	8	8	9
26	8	9	8
27	9	8	9
28	9	8	9
29	8	8	8
30	8	8	8
TOTAL	248	247	248
Promedio	8.27	8.23	8.27

Jueces Día 2	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
1	7	8	6
2	8	6	7
3	7	8	9
4	7	6	7
5	9	5	7
6	7	6	7
7	7	6	7
8	9	7	7
9	8	8	8
10	9	8	7
11	6	7	7
12	6	7	7
13	5	6	6
14	7	7	8
15	6	8	7
16	5	6	7
17	6	8	6
18	5	6	7
19	7	7	8
20	5	5	7
21	6	5	7
22	6	7	7
23	6	8	8
24	7	8	9
25	6	7	7
26	7	8	8
27	7	8	9
28	9	8	8
29	9	8	8
30	9	5	7
TOTAL	208	207	220
Promedio	6.93	6.90	7.33

Jueces Día 4	Cobertura Control	Cobertura Ac. Es. Limón	Cobertura Ac. Es. Canela
1	5	5	6
2	6	5	8
3	6	4	6
4	4	6	7
5	6	4	8
6	6	5	5
7	7	6	6
8	5	5	6
9	5	5	8
10	4	7	8
11	5	4	8
12	5	7	6
13	4	6	7
14	5	4	5
15	4	4	6
16	7	7	6
17	7	7	8
18	6	5	6
19	5	7	6
20	5	6	7
21	6	4	8
22	6	6	6
23	4	4	6
24	4	6	7
25	5	4	8
26	5	6	6
27	7	6	6
28	5	5	6
29	5	4	6
30	7	6	6
TOTAL	161	160	198
Promedio	5.37	5.33	6.60

Anexo 12. Proceso de elaboración de las coberturas comestibles

Cobertura Control

Cobertura Ac. Es. Limón

Cobertura Ac. Es. Canela

Anexo 13. Proceso de elaboración de rodajas de banano con cobertura comestible

Selección

Clasificación

Lavado

Pelado

Cortado

Inmersión 1

Inmersión 2

Oreado

Envasado

Anexo 14. Tratamiento al final del almacenamiento a 5ºC de las rodajas de banano con aplicación de cobertura comestible

Cobertura Control Día 0

Cobertura Ac. Es. Limón Día 0

Cobertura Ac. Es. Canela Día 0

Cobertura Control Día 4

Cobertura Ac. Es. Limón Día 4

Cobertura Ac. Es. Canela Día 4