

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE
MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

PROYECTO DE TESIS

TEMA:

Estudio para la conservación de arilos de *Rambután*
(*Nephelium lappaceum*) aplicando recubrimientos
comestibles a base de quitosano y aloe vera.

Autor:

Marlon Reinaldo Castro García

E-mail: marlon.cg22@hotmail.com

marlon.castro@uleam.edu.ec

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2014

I. CERTIFICACIÓN

Ing. Mirabella Lucas Ormaza, profesora de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, certifica que el egresado Castro García Marlon Reinaldo realizó la Tesis de Grado Titulada “Estudio para la conservación de arilos de Rambután (*Nephelium lappaceum*) aplicando recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. Mirabella Lucas Ormaza

DIRECTORA DE TESIS

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TESIS DE GRADO

“Estudio para la conservación de arilos de Rambután (*Nephelium lappaceum*) aplicando recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera”

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Aprobado por la **Comisión:**

Ing. Mirabella Lucas Ormaza.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. José Luis Coloma
MIEMBRO

Ing. Robert Mero
MIEMBRO

Ing. Aldo Mendoza
MIEMBRO

La responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo, corresponden exclusivamente al autor.

Castro García Marlon Reinaldo

II. DEDICATORIA

Con todo cariño, estima, respeto y amor a mis padres Lucía y Noé, a mis hermanos Jenny, Verónica y Wilmer, a mis tías Flerida, Narcisa, a Joselo, al Dr. Ziani Khalid, a mis amigos Diana, Melissa, Wendy, Yandri por su apoyo constante, siendo parte fundamental de mi vida con sus invaluable consejos, por su predisposición durante mi formación académica, por ser el pilar principal de este logro con su amor incondicional, palabras de aliento y entrega total conmigo, a todas aquellas personas que contribuyeron con su motivación y colaboración para culminar esta etapa de mi formación Profesional.

III. AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento y gratitud a las siguientes instituciones y personas por la predisposición y colaboración prestada en la realización de esta Tesis.

Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí que me dio la oportunidad de formarme Profesionalmente.

Departamento Central de Investigación de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí” que me permitió realizar mi investigación en su laboratorio.

Al Ph.D. Ziani Khalid Co-director de Tesis, por su invaluable orientación y guía, así como sus acertadas sugerencias en el desarrollo y culminación de esta Investigación.

Al Ing. Hebert Vera Delgado Mg. Sc. Decano de la Facultad de ciencias Agropecuarias, por brindarme su apoyo incondicional.

A la Eco. Elvira Rodríguez Ríos, Directora del Departamento Central de Investigación por la acogida que me brindó en el DCI. El cual preside.

A la Ing. Mirabella Lucas Ormaza Directora de Tesis, por su invaluable orientación y guía, así como sus acertadas sugerencias en el desarrollo y culminación de esta Investigación.

A la Dra. Ximena Carrión y al Dr. Stalin Santacruz, Investigadores del Departamento Central de Investigación de la "ULÉAM", por su apoyo incondicional. Y su orientación invaluable.

A todas mis amigos y compañeros de estudios que de una u otra manera forman parte de mi logro profesional.

Marlon Castro García

IV. ÍNDICE

I. CERTIFICACIÓN	II
II. DEDICATORIA	V
III. AGRADECIMIENTO	VI
IV. ÍNDICE	VIII
V. RESUMEN	XV
VI. SUMMARY	XVI
I. ANTECEDENTES	1
A. OBJETIVOS	5
1. Objetivo General	5
2. Objetivos Específicos	5
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Aspectos generales del Rambután	6
2.1.1 Origen	6
2.1.2 Taxonomía	8
2.2. Botánica de la planta	8
2.2.1 El árbol	8
2.2.2 Las hojas	9
2.2.3 Las flores	9
2.3. Características generales del fruto	10
2.3.1 Componentes nutricionales del fruto	11
2.3.2 Técnicas de producción del fruto en el país.	11
2.3.3 Técnicas de comercialización del fruto en el país.	11
2.4. Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas	12
2.4.1 Apariencia	12
2.4.2 Textura	12
2.4.3 Sabor	13

2.4.4 Calidad nutricional -----	13
2.4.5 Seguridad -----	14
2.5. Factores pre cosecha -----	14
2.6. Factores postcosecha -----	15
2.7. Recubrimientos comestibles -----	16
2.7.1 Características generales de los recubrimientos comestibles -----	16
2.7.2 Carbohidratos, proteínas y lípidos como matrices estructurales -----	20
2.8. Nuevos biopolímeros implementados en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles -----	22
2.8.1 Quitosano -----	22
2.8.2 Goma policaju -----	23
2.8.3 Galactomananos -----	24
2.8.4 Aloe vera -----	25
2.9. Películas, recubrimientos comestibles, y su papel como empaques activos -----	26
2.9.1 Aplicaciones de recubrimientos comestibles -----	26
2.10. Uso de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas -----	31
2.11. Retos en el desarrollo de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas -----	31
2.12. Materiales empleados como recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas -----	32
2.13. Técnicas analíticas para evaluar los recubrimientos comestibles aplicados a frutas y hortalizas -----	32
2.14. Quitosano -----	33
2.14.1 Aspectos generales de la quitina y del quitosano -----	33
2.14.2 Mecanismo de acción microbiana del quitosano -----	37
2.14.3 Carácter catiónico -----	37
2.14.4 Agente quelante -----	38
2.14.5 Penetración en el interior de la célula -----	39

2.15. Otras aplicaciones de quitosano -----	39
2.15.1 Industria de alimentos y bebidas -----	39
2.15.2 Tratamientos de aguas-----	40
2.15.3 Carnes-----	40
2.16. Aloe vera -----	41
2.16.1 Aspectos generales del Aloe vera -----	41
2.16.2 Aloe vera como ingrediente funcional en los Alimentos-----	42
2.16.3 Composición química del gel de aloe vera -----	43
2.16.4 Actividad biológica del Aloe vera y su relación con diferentes patologías -----	46
2.16.5 Actividad en el sistema nervioso central -----	47
2.16.6 Actividad angiogénica -----	47
2.16.7 Actividad inmunomoduladora -----	48
2.16.8 Actividad gastroprotectora -----	49
2.16.9 Efecto antioxidante del Aloe vera -----	49
III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	51
3.1. Ubicación del experimento -----	51
3.2. Características climáticas -----	51
3.3. Factores en estudio -----	51
3.4. Formulaciones de los recubrimientos -----	52
3.5. Tratamientos -----	52
3.6. Procedimientos -----	53
3.6.1 Diseño experimental-----	53
3.6.2 Tipo de diseño -----	53
3.6.3 Número de repeticiones -----	53
3.6.4 Características de las unidades experimentales (bandejas)-----	53
3.7. Análisis estadístico -----	54
3.7.1 Pruebas de significancia -----	54
3.7.2 Análisis funcional-----	54
3.8. Materiales a utilizar en el experimento -----	55

3.8.1 Equipos -----	55
3.8.2 Materiales -----	55
3.8.3 Insumos-----	56
3.8.4 Reactivos -----	56
3.9. Metodología de la toma de datos del estudio -----	56
3.9.1 Análisis físico-químico -----	56
3.9.2 Medición de cantidades de sólidos solubles y acidez titulable-----	57
3.9.3 Medición de pH -----	57
3.9.4 Firmeza -----	57
3.9.5 Pérdida de peso -----	58
3.9.6 Índice de deterioro -----	58
3.9.7 Recuentos microbiológicos -----	59
3.9.8 Análisis sensorial-----	60
3.10. Fig. 4 Diagrama de bloques del proceso -----	61
3.10.1 Preparación de la fruta -----	62
3.10.2 Pelado -----	62
3.10.3 Preparación de las soluciones de recubrimiento-----	62
3.10.4 Inmersión de los trozos de fruta en los recubrimientos -----	63
3.10.5 Secado de los trozos de frutas-----	63
3.10.6 Empacado -----	63
3.10.7 Almacenado-----	64
3.10.8 Toma de muestras y análisis -----	64
3.11. Análisis económico-----	65
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	66
4.1. Gráficos y tablas de resultados físico-químicos -----	66
4.1.1 Pérdida de peso (PP). -----	66
4.1.2 Acidez titulable. -----	68
4.1.3 pH.-----	70
4.1.4 Sólidos solubles totales. -----	72
4.1.5 Índice de deterioro. -----	74

4.1.6 Firmeza. -----	76
4.2. Tablas de resultados microbiológicos-----	78
4.2.1 Recuentos mesófilos aerobios-----	78
4.2.2 Recuento de hongos y levaduras -----	80
4.3. Resultados del análisis sensorial -----	82
4.4. Resultado del estudio económico-----	83
V. CONCLUSIONES -----	84
VI. RECOMENDACIONES -----	86
VII. BIBLIOGRAFÍA -----	87
VIII. ANEXOS -----	113
Anexo 1 -----	113
Esque de la prueba de aceptación. -----	113
Anexo 2 -----	114
Imágenes-----	114

Índice de tablas

Tabla 1. Producción del Rambután en Ecuador.....	7
Tabla 2. Composición química de 100 g de arilos frescos de rambután.....	11
Tabla 3. Componentes químicos de la planta de Aloe vera (barbadensis Miller).....	45
Tabla 4. Proporciones de cada tratamiento utilizado para la conservación de arilos de rambután.....	52
Tabla 5. Esquema del ANOVA.....	54
Tabla 6. Prueba de TUKEY (Pérdida de peso en %)......	67
Tabla 7. Prueba de TUKEY (Acidez titulable).....	69
Tabla 8. Prueba de TUKEY (pH).....	71
Tabla 9. Prueba de TUKEY (sólidos solubles totales).....	72
Tabla 10. Prueba de TUKEY (Índice de deterioro).....	74
Tabla 11. Esquema del ANOVA (Firmeza).....	76
Tabla 12. Recuento de mesófilos aerobios en placas de rambután, tratados con quitosano y aloe vera almacenados durante 12 días a 4 °C.....	78
Tabla 13. Recuento de hongos y levaduras en placas de rambután, tratados con quitosano y aloe vera almacenados durante 12 días a 4 °C.....	80
Tabla 14. Resultados del estudio económico.....	83

Índice de figuras

Figura 1. Propiedades funcionales de un recubrimiento comestible en frutas y hortalizas frescas.....	20
Figura 2. Estructura química de la quitina.....	34
Figura 3. Estructura química del quitosano.....	34
Figura 4. Diagrama de bloques del proceso.....	61
Figura 5. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la pérdida de peso (PP) de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	66
Figura 6. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la acidez titulable de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	68
Figura 7. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en los cambios de pH de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	70
Figura 8. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en contenido de sólidos solubles de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	72
Figura 9. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en el índice de deterioro de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	74
Figura 10. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la firmeza de arilos de rambután almacenados durante 12 días a 4°C.....	76
Figura 11. Resultados sensoriales sometidos a una prueba de aceptación de arilos de rambután sin recubrimiento vs arilos recubiertos con quitosano 100% almacenados durante 12 días a 4°C.....	82

V. RESUMEN

Los arilos de Rambután son consumidos como fruta fresca, existiendo un grave problema en la postcosecha de los frutos, ya que el pericarpio tiende a pardearse debido a los cambios de temperatura al que está expuesto en la comercialización sin ningún tipo de protección.

El objetivo principal de este trabajo fue el estudiar la conservación de arilos de rambután (*Nephelium lappaceum*) aplicando recubrimientos comestibles a base de quitosano y Aloe (*Miller barbadensis*). Los arilos de rambután fueron producidos y cosechados en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos.

Las muestras fueron tratadas con soluciones preparadas con diferentes concentraciones de Quitosano y Aloe vera envasadas en bandejas de polipropileno, y almacenadas a 4 °C y 0 % de HR durante 12 días. Se evaluaron parámetros físico-químicos, sensoriales y microbiológicos.

En el proceso de investigación se determinó que el mejor recubrimiento que puede ser aplicado en la conservación de arilos de rambután es el recubrimiento con 100% de quitosano, debido a que extendió 4 días más la vida útil de los arilos en comparación con los del control.

Esta investigación fue realizada en los laboratorios del Departamento Central de Investigación, y en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí "ULEAM" en la ciudad de Manta – Ecuador.

VI. SUMMARY

The Rambután arils are consumed as fresh fruit, having a serious problem during postharvest as the pericarp tends to brown due to the effect of temperature changes during the commercialization process without any protection.

The main objective of this work was to study the conservation of rambután arils (*Nephelium lappaceum*) applying edible coatings based on chitosan and Aloe *Miller.barbadensis* Rambután arils were produced and harvested in the Canton Buena Fe, province of Los Ríos.

The samples were treated with coating solutions prepared with different concentrations of Chitosan and Aloe Vera, placed in polypropylene trays, wrapped with plastic film and stored at 4 °C and 0% RH for 12 days. Physico-chemical, sensory and microbiological parameters were evaluated.

The data showed that the best treatments that can be applied in the conservation of Rambután arils are the coating with 100% chitosan.

This research was conducted in the laboratories of the Central Department of Investigation, and in the laboratories of the Faculty of Agricultural Sciences of Universidad Laica Eloy Alfaro of Manabí "ULEAM" in the city of Manta – Ecuador.

I. ANTECEDENTES

“Los recubrimientos comestibles se han utilizado desde hace tiempo para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de algunas frutas y hortalizas, tales como cítricos, manzanas y pepinos. Las frutas y hortalizas son frecuentemente cubiertas al sumergir o asperjar un variado número de materiales comestibles. De esta manera, se forma una membrana semipermeable en la superficie para reducir la respiración, controlar la pérdida de humedad y proporcionar otras funciones (Eissa, 2007)”.

“Una variedad de materiales comestibles, incluyendo lípidos (Famá *et al.*, 2004), polisacáridos, y proteínas, solos o en combinaciones, se han formulado para producir recubrimientos comestibles. Los recubrimientos a base de lípidos hechos de mono glicéridos acetilados (AM), ceras (cera de abeja, carnauba, candelilla, parafina, y salvado de arroz) y surfactantes se han utilizado exitosamente en frutas y hortalizas enteras, para reducir la superficie de abrasión durante el manejo y como barrera ante la pérdida de humedad. Suspensiones coloidales de aceites o ceras dispersas en agua fueron la primera formulación típica como recubrimiento para frutas (Valverde *et al.*, 2005)”.

“Existe una demanda continua de frutas y vegetales mínimamente procesadas y refrigeradas, que sean frescas, convenientes, de alta calidad y seguros para la salud del consumidor (Yildiz, 1994). Los frutos y vegetales frescos cortados, son productos que están parcialmente preparados, de tal forma que no se necesita una preparación adicional para su consumo (Watada y Qi, 1999). Sus formas varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza del fruto entero y de cómo

se consume normalmente. Es importante que tengan un carácter fresco, a pesar del daño celular que sufren este tipo de productos durante el cortado (Huxsoll y Bolin, 1989). Los frutos y vegetales mínimamente procesados son aquellos productos con tejidos vivos o que su condición fresca solo ha sido modificada ligeramente en carácter y calidad (Wiley, 1994)".

"El quitosano es un compuesto que presenta características biofuncionales, por lo que podría ser una alternativa viable para sustituir los métodos de control de microorganismos tradicionales además, puede utilizarse sin problemas para elaborar recubrimientos comestibles (González–Aguilar et al., 2005)".

"Los recubrimientos con quitosano forman una cubierta en la superficie de los frutos, que actúa como una barrera mecánica para proteger al fruto de infecciones causadas por hongos, ayudando así a disminuir las enfermedades causadas durante el almacenamiento por *Rizophus stolonifer* (Ehrenb: Fr), *Botrytis cinerea* Pers: Fr, y *Alternaria alternata* (Fr: Fr.) Keissl entre otras (Hernández, 2002; El Ghaouth et al., 1992c; Meng et al., 2008; Sanchez, 2008)".

"A la fecha, se han desarrollado diferentes recubrimientos comestibles con quitosano. El Ghaouth et al. (1992), elaboraron cubiertas con quitosano en una concentración de 15mg ml^{-1} e inhibieron el crecimiento de *B. cinerea* y *R. stolonifer* en fresa. Los signos de infección de estos hongos aparecieron 5 días después de ser almacenados a $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en el control estos síntomas fueron visibles al primer día. Al final del almacenamiento se redujo hasta en un 60% más la infección en fresas tratadas con quitosano. Por su parte Romanazzi et al. (2002), reportaron una actividad fungicida significativa del quitosano cuando se aplicó como recubrimiento en frutos de uva (*Vitis vinifera* L.) y fresa contra *B. cinerea*. Jiang et al. (2005), reportaron que las cubiertas de quitosano a una concentración del 2%, lograron inhibir la aparición

de microorganismos en frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) al final de la evaluación (12 h de incubación), sin embargo, al aumentar la concentración de quitosano no aumentaron significativamente los efectos benéficos del quitosano en el control de microorganismos (Zhang y Quantick, 1997)”.

“Chien et al. (2007), mostraron que al aplicar quitosano al 2% como recubrimiento para frutos de mango, se observó que al término del almacenamiento no hubo presencia de microorganismo patógeno alguno. Aunque en la investigación realizada por Robson et al., 2008, no se señala el género y la especie de los patógenos controlados, se observó que la aplicación de cubiertas de agar con quitosano y ácido acético en ajos (*Allium sativum* L.), hubo 20% menos infección que en los no tratados”.

“Las frutas y hortalizas son tejidos vivos hasta el momento en que son consumidas, preparadas para el consumo, o procesadas para conservación. El controlar la respiración de estos tejidos vegetales mejorará el almacenamiento y alargará la vida de anaquel, aunque se requiere de un nivel de respiración para prevenir que el tejido vegetal muera. Las frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas son tejido cortado, que experimenta el ablandamiento y encafecimiento o decoloración en la superficie. La intensidad de la respuesta a la herida se ve afectada por varios factores, que incluyen la especie, variedad, concentración de oxígeno y dióxido de carbono, presión del vapor de agua y la presencia de inhibidores (Famá *et al.*, 2003; Ohlsson, 2003)”.

“Los recubrimientos comestibles se utilizan para alargar la vida de anaquel de productos frescos y mínimamente procesados además de protegerlos de los efectos dañinos del medio ambiente. Estos recubrimientos han adquirido gran importancia considerando la demanda de alimentos mínimamente procesados y las tecnologías de almacenamiento. Al regular la transferencia de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, y compuestos de sabor en el sistema de

un alimento, los recubrimientos comestibles han demostrado la capacidad de mejorar la calidad de los alimentos y prolongar la vida de anaquel. También pueden emplearse para mejorar la integridad de las frutas y vegetales congeladas, y prevenir la absorción de humedad y oxidación de frutas o vegetales liofilizadas. Además, los recubrimientos comestibles pueden aceptar y transportar ingredientes funcionales tales como antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos y sabores para resaltar la estabilidad, calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos (Ammayappan y Jeyakodi-Moses, 2009; Falguera *et al.*, 2011)".

El rambután es un fruto tropical introducido en Ecuador y es poco conocido en los supermercados debido a que no se le ha dado un valor agregado y no se encuentra como fruta procesada, el poco conocimiento de los grandes beneficios que posee este fruto impide que sea un fruto más comercial en los supermercados debido a que en la actualidad solo se lo encuentra como fruta fresca en pocos mercados de ciertas zonas del país, por este motivo la pérdida post cosecha de este producto es muy elevada. Teniendo en cuenta estos antecedentes se hace necesaria la investigación de nuevas técnicas de conservación para el rambután.

A. OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Estudiar la conservación de arilos de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) aplicando recubrimientos comestibles a base de quitosano y Aloe vera.

2. Objetivos Específicos

- Evaluar los cambios físico - químico antes y después de la aplicación de los recubrimientos conservando los arilos de rambután a 4°C durante 12 días de almacenamiento.
- Establecer mediante la valoración microbiológica el tratamiento más eficaz para la conservación de arilos de rambután.
- Valorar el grado de aceptación del mejor tratamiento al final del periodo de estudio.
- Estimar el costo de los tratamientos de estudio para la conservación del Rambután.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos generales del Rambután

2.1.1 Origen

“El rambután (*Nephelium Lappaceum*) es un árbol nativo de Malasia e Indonesia (Ochse *et al.* 1976, Lamski *et al.* 1987, Martin *et al.* 1987, Walker, 1988, Watson 1988, Thindall *et al.* 1994, Morera y Umaña 1996) perteneciente a la familia Sapindaceae. Está ampliamente distribuido en el sureste de Asia y es cultivado en Tailandia, Malasia, Vietnam, Filipinas, India y Sri Lanka principalmente para el consumo de fruta fresca y para procesos industriales de enlatado (Watson 1988)”.

“Su cultivo se ha desarrollado exitosamente con un incremento de su importancia en África, Australia y América Central (Walker 1998, Watson 1998). Según Ochse *et al.* (1976) es una de las frutas más exquisitas y constituye toda una promesa para las aéreas de baja altitud en los trópicos húmedos (Almeyda 1981)”.

“El rambután es una fruta muy apetecible a nivel del mercado mundial, se ha decidido explotar este recurso en el Ecuador colocándolo en el mercado nacional (Maridueña *et al.*, 2010)”.

“El fruto de rambután tiene una composición y propiedades que lo hacen especialmente importante como alimento, sin mencionar sus propiedades medicinales y terapéuticas. Entre sus propiedades nutritivas están su alto

contenido de vitamina C. es un fruto prácticamente libre de grasas y colesterol. Es rico en minerales como el hierro y calcio (Maridueña et al., 2010)”.

Tabla 1. Producción del rambután en Ecuador.

Zonas de producción	Época de floración	Época de producción	Época de crecimiento vegetativo
Quevedo, Buena Fe, Santo Domingo d los Tsachilas, La reserva 24 de Mayo, Gualipe Santa María.	Final de Noviembre – Enero	Febrero – Agosto	Septiembre – Noviembre
La Concordia	Final de Enero Marzo	Abril – Octubre	Noviembre – Enero

Fuente: MAGAP (Ministerio Agricultura, Ganadería, Acuacultura, y Pesca).

“La fruticultura en Ecuador no ha tenido la atención necesaria, la mayor parte de las frutas que se producen se obtienen de pequeños terrenos, o son expandidas a los lados de las vías de circulación vehicular y no en fincas comerciales especializadas; para lograr una promoción en la explotación de esta fruta es necesario darle un método de procesamiento y por ende darle un valor agregado que actualmente no se realiza en nuestro país, ya que solo se expende como fruto fresco. Esto deriva a una gran pérdida en post cosecha de esta fruta debido al pardeamiento de la cáscara ya que es propensa al ataque de hongos y por esta razón se presenta la pérdida comercial de este producto agrícola (Maridueña et al., 2010)”.

“En el Ecuador las zonas principales se encuentran en el centro noroccidental del país: Quevedo, Buena Fe(Los Ríos), La Concordia, Santo Domingo de los Tsáchilas (Maridueña et al., 2010)”.

2.1.2 Taxonomía

Reino Vegetal

Clase Dicotiledónea

Orden Sapindales

Familia Sapindaceae

Género Nephelium

Especie lappaceum L.

Fuente: Escalante P., D. 2004. Comportamiento vegetativo del rambután (*Nephelium lappaceum* L.) Tesis profesional, C-IV, UNACH, Huehuetan, Chiapas.

2.2. Botánica de la planta

2.2.1 El árbol

“Son de porte mediano que alcanza de 15 a 25 m de altura, de 40 a 60 cm de diámetro, de copa abierta y ramificada. En el caso de árboles injertados, llegan a medir de 10 a 12 m de altura como máximo (Fraire V., G.; 2001.)”.

“Las raíces no son penetrantes en el suelo ya que pueden extenderse a varios metros sobre la superficie, pues la mayoría son raíces laterales que crecen sobre el suelo superficial (Tindall H. D. 1994.)”.

2.2.2 Las hojas

“Con dos o cuatro hojas ordenadas alternadamente o semi- opuestas sobre el raquis. La falta de una hoja terminal es una característica distintiva del genero *Nephelium* (Corner, 1952)”.

“Las hojas son alternas, pecioladas, de raquis robusto son ovaladas elípticas y coriáceas, miden de 5 a 28 cm por 2 a 10.5 cm, los apéndices pueden ser truncados o acuminados, las nervaduras son ligeras o fuertemente curvadas, con venas escalariformes o reticuladas, son suaves y verdes y de baja glucosa en la superficie. Los peciolos son espesos de 4 a 1 mm de largo, las hojas jóvenes son suaves, verdes brillantes o rosadas. El raquis es resistente, redondo, de color café rojizo y fuertes engrosadas en su base, inicialmente pubescente pero después se vuelve rugosa. La longitud del raquis varía desde 7 a 30 cm (Tindall H. D. 1994.)”.

2.2.3 Las flores

“Son apetalas y fasciculadas a lo largo de las ramas de la pánicula, dioicas, unisexuales, de pedúnculo corto y de 2.5 a 4 mm de diámetro; el cáliz es portador de 4 a 6 lóbulos de color verde amarillento y velludo ocre en su exterior, provisto de pelos. El rambután cultivado es normalmente monoico, es decir las flores de ambos sexos pertenecen a la misma inflorescencia (Fraire V., G.; 2001.)”.

“Las flores pueden ser masculinas, donde los estambres pueden desarrollarse masculinas o hermafroditas. Las flores hermafroditas son básicamente femeninas, con estambres pequeños y anteras deshidratadas o masculinas o estigmas no desarrollados (Tindall H. D. 1994.)”.

2.3. Características generales del fruto

“Los frutos son globosos u ovoides de pericarpio rojo o amarillo, con tricomas largos. El fruto posee un arilo comestible blanco o traslúcido, dulce, jugoso y rico en vitamina C (Smith et al., 1992; Wall, 2006). Los frutos de rambután son no climatéricos y cosechados cuando presentan calidad comestible y apariencia visual óptima (Tindall, 1994). Sin embargo, es fácilmente perecedero debido al rápido oscurecimiento del pericarpio y senescencia, haciéndolo susceptible a la presencia de enfermedades (Paull y Chen. 1987; Morris y Jobling, 2002)”.

“Para el consumidor, los atributos que confieren calidad a los frutos son principalmente el aspecto visual (tamaño, color, forma, firmeza, ausencia de defectos) aroma y contenido de nutrientes entre otros (Wills et al., 1981; Kader, 2001). Los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambután 246-2005 indican: color rojo uniforme, libre de lesiones, daños por insectos y enfermedades, peso superior a 30 g y un contenido de sólidos soluble totales de 16 a 18% (Landrigan et al., 1996; Kader, 2009; Codex Alimentarius, 2008)”.

2.3.1 Componentes nutricionales del fruto

Tabla 2. Composición química de 100 g de arilos frescos de rambután.

Componente	(g)	Componente	(mg)
Agua	82.1	Niacina	0.5
Proteína	0.9	Caroteno	0
Grasas	0.3	Fosforo	0
Cenizas	0.3	Calcio	15
Glucosa	2.8	Hierro	(0.1, 2.5)
Fructosa	3.0	Vitamina C	70
Sacarosa	9.9	Tiamina	0.01
Almidón	0	Riboflavina	0.07
Fibras dietéticas	2.8	Potasio	140
Ácido málico	0.005	Sodio	2
Ácido cítrico	0.31	Magnesio	10
Energía	297 KJ		

Fuentes: Tee (1982), Wills, Lim and Greenfield (1986).

2.3.2 Técnicas de producción del fruto en el país.

El rambután o achotillo se produce de una forma no tecnificada, se siembra los árboles en pequeñas parcelas o fincas de los alrededores de la provincia de Los Ríos y como es un árbol perenne no necesita de mucho cuidado. La cosecha se la hace manualmente utilizando escaleras para alcanzar los frutos de la parte alta, o en ciertas ocasiones se usan tijeras de cosecha con unos trozos de caña para alcanzar los frutos de las ramas.

2.3.3 Técnicas de comercialización del fruto en el país.

Actualmente en nuestro país la fruta del Rambután comúnmente conocido como (achotillo), se comercializa de forma rudimentaria en puestos de expendio al público en carreteras y mercados ubicados cerca de los sitios de cultivo y en

ciertos casos se traslada esta fruta a los mercados de otras provincias principalmente (Guayas y Manabí). En muy pocas ocasiones esta fruta es expandida en las principales cadenas de supermercados debido a que solo se encuentra en fresco y no se le ha dado un valor agregado a este producto agrícola.

2.4. Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas

2.4.1 Apariencia

“La apariencia es el atributo de mayor importancia en alimentos frescos y mínimamente procesados, con aspectos primarios considerados como tamaño y uniformidad de color, brillantez, y ausencia de defectos de contorno o aspecto de la piel (Falguera *et al.*, 2011). Muchas frutas y hortalizas sufren cambios de color como parte del proceso de maduración. El color es de suma importancia en frutas y hortalizas frescas y cortadas, dada la oxidación y encafecimiento enzimático que se presenta rápidamente al tener contacto con el oxígeno resultando en una decoloración. Otro aspecto de apariencia incluye una irregularidad en el tamaño y dimensión, pérdida de brillantez, piel arrugada y manchada causada por la madurez o el crecimiento microbiano (Castillo *et al.*, 2010)”.

2.4.2 Textura

“La textura de frutas y hortalizas frecuentemente se considera en términos de firmeza, crujencia, jugosidad, y dureza (atribuida a la fibrosidad del tejido vegetal), donde el tejido firme o crujiente es generalmente deseado en frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. La textura es un indicador de la

calidad muy importante para el consumo y preparación, además de indicar efectos de estrés durante la transportación. Sin embargo, el desarrollo de fibra en los tallos, como en el espárrago, o endurecimiento ocasionado por la deshidratación en productos frescos es inaceptable. La pérdida en jugosidad tiene como consecuencia estructuras secas y duras que originan efectos adversos en la calidad (Embuscado y Huber, 2009)”.

2.4.3 Sabor

“El sabor involucra la percepción de varios componentes de sabor y aroma (Castillo *et al.*, 2010). Los componentes comunes del sabor en alimentos frescos son dulzura, acidez, astringencia y amargor. El nivel de azúcar en frutas frecuentemente determina si el producto ha alcanzado la madurez requerida para la venta. El nivel de acidez es crítico para el balance de sabor de ciertos frutos, tales como los cítricos y uvas, y generalmente decrece durante la madurez y almacenamiento postcosecha. El amargor y astringencia se puede desarrollar en varias frutas y hortalizas bajo ciertas condiciones de almacenamiento. El perfil del aroma puede cambiar dramáticamente durante la vida de postcosecha de los alimentos frescos, particularmente en frutos climatéricos, en donde la volatilidad de los componentes puede variar significativamente basándose en la madurez del fruto. El enfriamiento tiende a limitar el desarrollo del aroma en la maduración de los frutos (Embuscado y Huber, 2009)”.

2.4.4 Calidad nutricional

“Las frutas y hortalizas son fuentes importantes de nutrimentos, incluyendo vitaminas (B6, C, tiamina, y niacina, entre otros), minerales, fibra dietética, y cantidades significativas de fitoquímicos que juegan un papel importante en la salud humana. La pérdida de la calidad nutrimental durante la postcosecha,

particularmente el contenido de vitamina C y algunos fitoquímicos, puede ser substancial. Las pérdidas pueden incrementarse en frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Serrano *et al.*, 2006)”.

2.4.5 Seguridad

“La contaminación por microorganismos patógenos es muy importante en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. La sanitización y manipulación adecuada puede ayudar a reducir el riesgo potencial de contaminaciones (Zwietering, 2002; Azeredo *et al.*, 2011)”.

2.5. Factores pre cosecha

“Existen numerosos factores pre cosecha que afectan la calidad post cosecha y la vida de frutas y hortalizas, incluyendo la madurez, cultivar o variedad, clima, y suelo en el que se produce y crece, aplicación de químicos, y estatus del agua. La variación genotípica también influye en la composición, calidad y vida postcosecha. El tipo de suelo y la fertilidad afecta también a la composición química de un producto. En algunos casos, el contenido de mineral en frutas, tales como el fósforo, potasio y calcio pueden utilizarse para predecir la calidad postcosecha. Los factores climáticos, especialmente la intensidad de luz y temperatura, influyen fuertemente en la composición y calidad nutrimental de frutas y hortalizas. Aquellas frutas y hortalizas expuestas constantemente al sol pueden ser de diferente calidad y características postcosecha de aquellas que crecen y se desarrollan a la sombra (Ladaniya, 2008)”.

2.6. Factores postcosecha

“Las frutas y hortalizas sufren varios cambios fisiológicos durante el almacenamiento postcosecha, incluyendo ablandamiento de tejido, aumento en niveles de azúcar, y descenso en los niveles de ácidos orgánicos, degradación de clorofila, acompañada por la síntesis de antocianinas o carotenoides durante la maduración, producción y pérdida de compuestos volátiles de sabor, descenso en el contenido fenólico y aminoacídico, y el rompimiento de materiales celulares debido a la respiración (Bautista-Baños *et al.*, 2006)”.

“El procedimiento postcosecha determina la extensión de la variabilidad en madurez y daños fisiológicos. Los daños fisiológicos llevan a la pérdida de agua y vitamina C y aumenta la susceptibilidad para la descomposición por hongos o patógenos durante el almacenamiento (Bautista Baños *et al.*, 2006; Lucerato *et al.*, 2010). La temperatura y la humedad relativa (RH) afectan directamente la respiración postcosecha y la transpiración de frutas y hortalizas. La temperatura elevada acelera la velocidad de respiración, ocasionando un aumento en la producción de etileno y niveles altos de dióxido de carbono, y así cambios en sabor, color, textura, apariencia y nutrimentos de los productos. Procedimientos adecuados de manejo postcosecha deben aplicarse, incluyendo el control de temperaturas (frescas) y humedad relativa, atmósferas (contenido de oxígeno y dióxido de carbono), limpieza, encerado, y aplicación de empaques. La temperatura de los productos frescos se debe reducir inmediatamente después de la cosecha y debe controlarse por encima del daño por frío. Los ambientes con atmósferas modificadas (MA) con oxígeno reducido y niveles elevados de dióxido de carbono por encima del 10 %, han demostrado reducir la pérdida de ácido ascórbico y extiende la vida postcosecha de numerosas variedades de frutas y hortalizas (Bico *et al.*, 2009)”.

“Las frutas y hortalizas son susceptibles a la descomposición por microorganismos. La descomposición postcosecha se ha estimado un cuarto del total del producto cosechado. La supervivencia y crecimiento de microorganismos patógenos son la mayor preocupación en las frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas, debido a la contaminación durante la preparación e incremento de nutrientes en el fluido celular en la superficie cortada de los productos. El implementar una operación de sanitización postcosecha apropiada durante la preparación, procesamiento y mantenimiento del producto en refrigeración y condiciones de sanitización es esencial para controlar el crecimiento microbiano, y así proporcionar productos seguros y de gran calidad (Cagri *et al.*, 2004)”.

2.7. Recubrimientos comestibles

2.7.1 Características generales de los recubrimientos comestibles

“Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (García-Ramos *et al.*, 2010). Por otra parte una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Krochta *et al.*, 1994). Al igual que los RC, las PC poseen propiedades mecánicas, generan efecto barrera frente al transporte de gases, y pueden adquirir diversas propiedades funcionales dependiendo de las características de las sustancias encapsuladas y formadoras de dichas matrices (Vásconez *et al.*, 2009)”.

“Diversos estudios reconocen la importancia de evaluar las matrices preformadas (PC), con la tarea de cuantificar diversos parámetros como propiedades mecánicas, ópticas y antimicrobianas a fin de determinar las posibilidades de su aplicación como nuevo empaque, ya que crea una atmósfera modificada (AM) que restringe la transferencia de gases (O₂, CO₂) y se convierte en una barrera para la transferencia de compuestos aromáticos (Miller & Krochta, 1997)”.

“El empaque desempeña un papel fundamental sobre la conservación, distribución y marketing. Algunas de sus funciones son contener el alimento, y protegerlo de la acción física, mecánica, química y microbiológica. Un RC o PC tiene la capacidad de trabajar sinérgicamente con otros materiales de embalaje, tal como sucede con el RC de almidón de maíz adicionado con glicerol como plastificante y aplicado sobre coles de bruselas (*Brassica oleracea L. var. Gemmifera*). Éstas fueron tratadas con dicha solución, almacenadas en platos de poli estireno expandido y cubiertas con películas de poli cloruro de vinilo (PVC). Dichas barreras permitieron conservar los parámetros de calidad desde diferentes factores como aceptabilidad comercial, pérdida de peso, firmeza, color de la superficie del alimento, y calidad nutritiva, ya que el contenido de vitamina C, flavonoides totales y actividad antioxidante se mantuvo constante durante 42 días de almacenamiento a una temperatura de 0°C (Viña *et al.*, 2007)”.

“El uso de una PC o RC en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros

como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular, distribución de cargas), las condiciones bajo las cuales se preforman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Guilbert *et al.*, 1996, Rojas-Graü *et al.*, 2009a)”.

“Los recubrimientos comestibles se han utilizado desde hace tiempo para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de algunas frutas y hortalizas, tales como cítricos, manzanas y pepinos. Las frutas y hortalizas son frecuentemente cubiertas al sumergir o asperjar un variado número de materiales comestibles. De esta manera, se forma una membrana semipermeable en la superficie para reducir la respiración, controlar la pérdida de humedad y proporcionar otras funciones (Eissa, 2007)”.

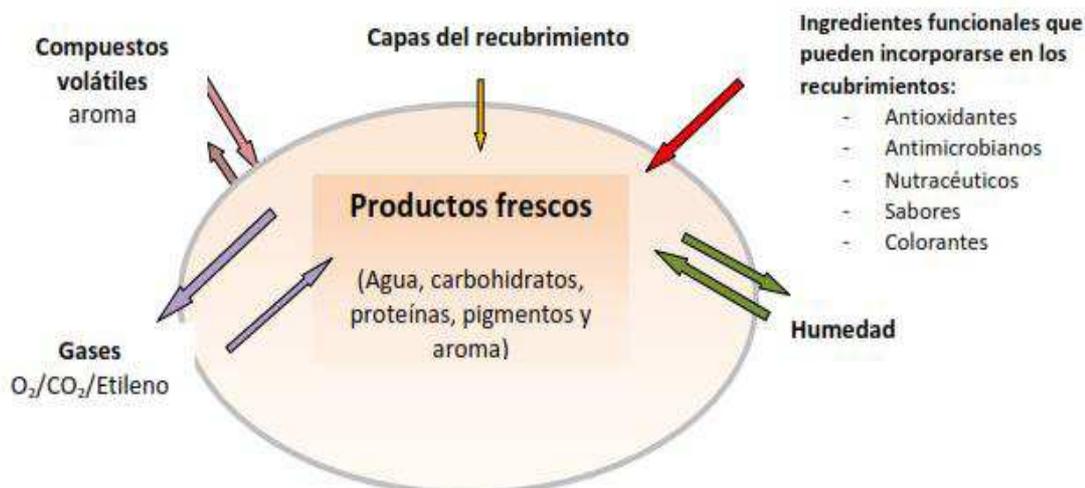
“Una variedad de materiales comestibles, incluyendo lípidos (Famá *et al.*, 2004), polisacáridos, y proteínas, solos o en combinaciones, se han formulado para producir recubrimientos comestibles. Los recubrimientos a base de lípidos hechos de monoglicéridos acetilados (AM), ceras (cera de abeja, carnauba, candelilla, parafina, y salvado de arroz) y surfactantes se han utilizado exitosamente en frutas y hortalizas enteras, para reducir la superficie de abrasión durante el manejo y como barrera ante la pérdida de humedad. Suspensiones coloidales de aceites o ceras dispersas en agua fueron la primera formulación típica como recubrimiento para frutas (Valverde *et al.*, 2005)”.

“Los recubrimientos formulados apropiadamente pueden ser utilizados en la mayoría de los alimentos para responder a los retos asociados con la estabilidad de la calidad, seguridad comercial, valor nutrimental y los costos

económicos de producción. A reserva de la industria de productos frescos, los beneficios potenciales de utilizar recubrimientos comestibles incluyen:

1. Proporcionar una barrera contra la pérdida de humedad en la superficie del producto. La pérdida de humedad durante el almacenamiento postcosecha de productos frescos lleva a la pérdida de peso y a cambios de textura, sabor, y apariencia.
2. Proporcionar una barrera de gases suficiente para controlar el intercambio gaseoso entre el producto fresco y la atmósfera que lo rodea, lo que retardará la respiración y el proceso de deterioro. La función como barrera gaseosa podría retardar la oxidación enzimática y proteger a los productos frescos de la decoloración por pardeamiento y ablandamiento de textura durante el almacenamiento.
3. Restringir el intercambio de compuestos volátiles entre el producto fresco y el ambiente que lo rodea al proporcionar barreras gaseosas, que previenen la pérdida natural de compuestos volátiles de sabor, color de productos frescos y la adquisición de olores extraños.
4. Proteger de daño físico causado por impacto mecánico, presión, vibraciones y otros factores mecánicos.
5. Actuar como acarreadores de otros ingredientes funcionales, tales como agentes antimicrobianos, antioxidantes, nutracéuticos, ingredientes de color y sabor para reducir la carga microbiana, retardar la oxidación y decoloración y mejorar la calidad (Falguera et al., 2011)".

Figura 1. Propiedades funcionales de un recubrimiento comestible en frutas y hortalizas frescas.



Fuente: Falguera *et al.*, 2011.

2.7.2 Carbohidratos, proteínas y lípidos como matrices estructurales

“Las PC y RC se han clasificado con base en el material estructural, de modo que se habla de películas y recubrimientos basados en proteínas, lípidos, carbohidratos o compuestas (composites). Un film compuesto consiste en lípidos e hidrocoloides combinados para formar una bicapa o un conglomerado (Krochta *et al.*, 1994). En estudios recientes las tecnologías de películas comestibles y biodegradables contemplan la producción de PC mediante la combinación de diversos polisacáridos, proteínas y lípidos, con la tarea de aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre los componentes implementados, ya que las propiedades mecánicas y de barrera dependen de los compuestos que integran la matriz polimérica y de su compatibilidad (Altenhofen *et al.*, 2009)”.

“A continuación se referencian algunos polisacáridos, así como hidrocoloides de naturaleza proteica que han sido objeto de investigación como PC y RC, estos son: carboximetilcelulosa, caseína (Ponce *et al.*, 2008), pectina, así como su mezcla junto a alginato de sodio y el efecto de la adición de CaCl_2 como material entrecruzante (Maftoonazad *et al.*, 2007, Altenhofen *et al.*, 2009), goma tragacanto, goma guar, etilcelulosa (Shresta *et al.*, 2003), goma de mezquite (Bosquez-Molina *et al.*, 2010), gluten de trigo (Tanada-Palmu & Grosso, 2005), gelatina adicionada con glicerol, sorbitol y sucrosa como plastificantes (Arvanitoyannis *et al.*, 1997; Sobral *et al.*, 2001) y PC multicomponente de gelatina-caseína entrecruzadas con transglutaminasa (Chambi & Grosso, 2006)”.

“Almidones de interés como el de yuca plastificado con glicerol, poli etilenglicol (Parra *et al.*, 2004), e incorporado con compuestos antimicrobianos naturales (Kechichian *et al.*, 2010), y almidón de maíz estándar y pre-gelatinizado hacen parte de los biopolímeros de interés por su bajo precio y accesibilidad (Pagella *et al.*, 2002)”.

“Los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de PC y RC, ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales, pero presentan una pobre capacidad de barrera frente a la humedad. Este problema no se encuentra en los lípidos dadas sus propiedades hidrofóbicas, especialmente los que poseen puntos de fusión altos tales como la cera de abejas y la cera carnauba (Morillon *et al.*, 2002; Shellhammer & Krochta, 1997)”.

“Para superar la pobre resistencia mecánica de los compuestos lipídicos, estos pueden ser usados en asociación con materiales hidrofílicos mediante la formación de una emulsión o a través de la laminación de la película hidrocoloide con una capa lipídica. Hay que tener en cuenta que la eficiencia de una película comestible frente a la humedad no puede ser simplemente

mejorada mediante la adición de materiales hidrofóbicos a la formulación, a menos que se logre una capa lipídica homogénea y continua dentro o sobre la matriz hidrocoloide (Martin-Polo *et al.*, 1992; Karbowiak *et al.*, 2007)”.

“Las películas basadas en emulsiones son menos eficientes en el control de la transferencia de agua que las películas bicapa, ya que no se logra una distribución homogénea de los lípidos. Sin embargo, exhiben buena resistencia mecánica y requieren un sencillo proceso durante la manufactura y la aplicación; en cambio, las películas multicapa requieren un conjunto de operaciones que dependen del número de recubrimientos. Se ha demostrado para películas basadas en emulsiones que cuanto menor sea el tamaño de las partículas o glóbulos de lípidos, y cuanto más homogéneamente estén distribuidos, menor será la permeabilidad al vapor de agua (WVP) (McHugh & Krochta, 1994; Debeauford & Voilley, 1995; Pérez-Gago & Krochta, 2001). No obstante, su permeabilidad al vapor de agua es a menudo cercana a los valores que presentan las películas a base de proteínas o polisacáridos (Morillon *et al.*, 2002)”.

2.8. Nuevos biopolímeros implementados en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles

2.8.1 Quitosano

“Es un biopolímero, que ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como biodegradabilidad, biocompatibilidad con los tejidos humanos, el no ser tóxico y en especial sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Estos aspectos lo hacen de vital interés para la preservación de alimentos y las tecnologías emergentes (Aider, 2010)”.

“Además de investigaciones basadas en sus características antimicrobianas, se han evaluado y cuantificado sus propiedades mecánicas, térmicas y de permeabilidad a los gases (O₂, CO₂), encontrándose que PC de gelatina-quitosano plastificadas con agua y polioles sufren un aumento en la permeabilidad conforme se incrementa el contenido de plastificantes (Arvanitoyannis *et al.*, 1997). Películas compuestas de almidón de maíz-quitosano plastificadas con glicerina, muestran que la mezcla de estos dos Hidrocoloides mejora sus propiedades mecánicas como la elongación a la rotura y la permeabilidad al vapor de agua, en contraste con membranas desarrolladas con uno solo de los componentes estructurales. Esto como resultado de las interacciones entre los grupos hidroxilo del almidón y los grupos amino del quitosano. Además su actividad antibacteriana no fue afectada al observarse zonas de inhibición mediante la difusión de discos del material en agar conteniendo *Escherichia coli* O157:H7 (Liu *et al.*, 2009)”.

“Nuevas investigaciones y revisiones recientes frente al uso de quitosano reúnen diversa información referente al efecto de su grado de desacetilación sobre la actividad antimicrobiana, su uso dentro del diseño de nuevos films basados en compuestos bioactivos y su interacción frente a otros componentes que hacen parte de los alimentos frescos y mínimamente procesados, tratados con esta tecnología (No *et al.*, 2002; Devlieghere *et al.*, 2004; Aider, 2010; Martínez Camacho *et al.*, 2010)”.

2.8.2 Goma policaju

“A partir de la goma exudada del árbol de marañón (*Anacardium occidentale* L.) se han generado nuevas matrices de recubrimiento y películas comestibles a base de goma policaju. Éstas han sido evaluadas teniendo en cuenta su opacidad, fuerza tensil, porcentaje de elongación a la rotura y permeabilidad al vapor de agua. Además, propiedades tales como humectabilidad y tensión

superficial fueron cuantificadas mediante su uso como recubrimiento en manzanas cv. Golden. Como resultados se pudo determinar que concentraciones menores a 1.5% w/v de goma policaju crearían películas frágiles, la adición de Tween 80, aditivo que cumplió funciones como surfactante, redujo las fuerzas de cohesión por lo tanto se disminuyó la tensión superficial, aumentando la humectabilidad de la solución de recubrimiento, y mejorando de ese modo la compatibilidad del RC con la superficie de la fruta (Carneiro-da-Cunha *et al.*, 2009)”.

“Recubrimientos comestibles a base de goma policaju fueron probados en mango fresco (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins), con el objetivo de determinar su efecto en la vida de anaquel de dicho producto fresco en refrigeración. Como resultado se pudo determinar que actúa como una barrera frente al transporte de masa al reducir la pérdida de peso (Souza *et al.*, 2010)”.

2.8.3 Galactomananos

“Son hidrocoloides que generan interés por su capacidad para estructurar matrices. Se encuentran almacenados como polisacáridos de reserva, son extraídos de semillas, y su estructura polimérica se encuentra influenciada principalmente por la proporción de unidades de manosa/galactosa y la distribución de los residuos de galactosa en la cadena principal (Cerqueira *et al.* 2009a). *Adenantha pavonina* y *Caesalpinia pulcherrima*, dos plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas fueron recientemente utilizadas con el objetivo de desarrollar recubrimientos a partir de nuevas fuentes de galactomananos. Estas plantas son de valioso interés ya que cumplen funciones de reforestación, tienen la capacidad de dispersarse y hasta ahora no son objeto de explotación comercial (Lima *et al.*, 2010)”.

“Diferentes proporciones de galactomananos, colágeno y glicerol fueron preparados y puestos a prueba con el fin de diseñar posibles mezclas con un alto grado de humectabilidad, es decir que tengan la capacidad de adherirse y distribuirse homogéneamente y fácilmente en frutos de mango y manzana recubiertos. Como principales conclusiones se pudo determinar que las mejores mezclas para mango y manzana son: 0.5% de galactomamano de *A. pavonina*, 1.5% de colágeno y 1.5% de glicerol; y 0.5% de galactomanano procedente de *A. pavonina*, 1.5% de colágeno sin adición de glicerol. Un menor consumo (28%) de O₂ y menos producción de CO₂ (11.0%) fueron logrados en mangos recubiertos en comparación con las muestras control (sin recubrimiento). En manzanas el consumo y producción de O₂ y CO₂ fue aproximadamente un 50% más bajo en presencia del RC. Estos resultados sugieren que los recubrimientos compuestos a base de galactomananos pueden reducir la transferencia de gases y de esta manera llegar a convertirse en útiles herramientas para extender el periodo de vida de dichas frutas (Lima *et al.*, 2010)”.

2.8.4 Aloe vera

“El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis* Miller ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento (Valverde *et al.*, 2005), su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica (Lee *et al.*, 2000), y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos tales como *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata* a concentraciones del gel a 250 ml/L (Castillo *et al.*, 2010, Saks & Barkai-Golan, 1995)”.

2.9. Películas, recubrimientos comestibles, y su papel como empaques activos

2.9.1 Aplicaciones de recubrimientos comestibles

“Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química, y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce *et al.*, 2008)”.

“El desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en las clases de aplicaciones que pueden tener y la magnitud de productos que pueden ser tratados, ya que se logra extender la vida de anaquel de las frutas o vegetales mediante la permeabilidad selectiva de estos polímeros frente al O₂ y CO₂. Estos recubrimientos a base de polisacáridos pueden ser destinados a modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la senescencia (Rojas-Graü *et al.*, 2009a)”.

“A pesar de que algunas PC han sido aplicadas exitosamente a productos frescos, otras aplicaciones afectaron adversamente la calidad. La modificación de la atmósfera interna mediante el uso de recubrimientos comestibles puede incrementar desórdenes asociados con una alta concentración de CO₂ o una baja de O₂ (Ben-Yehoshua, 1969). En melón fresco cortado y recubierto con goma gellan se cuantificó un incremento de compuestos fenólicos, como respuesta al estrés generado por la excesiva modificación de la atmósfera de dicho fruto mínimamente procesado durante el almacenamiento. Aunque la

generación de compuestos fenólicos contribuyó con el poder antioxidante, por otro lado se afectaron propiedades sensoriales como olor, color, sabor y apariencia, ya que los tejidos se tornaron traslúcidos, por lo tanto se infiere que este último defecto puede ser un síntoma de senescencia (Oms Oliu *et al.*, 2008a)".

"Cuando se crea una barrera a los gases, un incremento en la presencia de algunos volátiles asociados con condiciones anaeróbicas puede ser inducido; es el caso de etanol y acetaldehído, los cuales fueron detectados después de 2 semanas de almacenamiento en trozos de manzana tratados con RC de alginato y goma gellan. La producción de dichas sustancias se encuentra relacionada con fermentación anaerobia y detrimento en las propiedades sensoriales, y en especial con la pérdida de sabores en frutos mínimamente procesados (Rojas-Graü *et al.*, 2008). Por consiguiente es evidente que el control de la permeabilidad del film a los gases deba ser una prioridad en su desarrollo y estudio (Parra *et al.*, 2008)".

"Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu *et al.*, 2008a)".

"La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad (Cerqueira *et al.*, 2009b), de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película (Park, 1999), y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evadir la disolución de la PC o RC (Ozdemir & Floros, 2008)".

“Las películas (*films*) y recubrimientos antimicrobianos han innovado el concepto de empaque activo y se han desarrollado para reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos (Appendini & Hotchkiss, 2002)”.

“En la mayoría de productos frescos o procesados, la contaminación microbiana se lleva a cabo y con una alta intensidad sobre la superficie del alimento, por lo tanto se requiere un efectivo sistema de control de crecimiento de dicha biota (Padgett *et al.*, 1998). Tradicionalmente, los agentes antimicrobianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes sustancias que forman parte del alimento, de manera que se puede disminuir su eficiencia. En tales casos, la implementación de películas o recubrimientos antimicrobianos puede ser más eficiente que los aditivos que se utilizan en el producto alimenticio, ya que desde éstos se puede migrar selectiva y gradualmente compuestos desde el empaque a la superficie del alimento (Ouattara *et al.*, 2000)”.

“Diversos agentes antimicrobianos han sido acarreados en PC y RC, un conjunto de ellos son: ácido sórbico, ácido benzoico, benzoato de sodio, ácido cítrico (Quintavalla & Vicini, 2002), y sorbato de potasio (Ozdemir & Floros, 2008). De igual manera bacteriocinas tales como nicina, pediocina (Sebti & Coma, 2002) y natamicina. Esta última fue transportada en RC de quitosano y permitió liberar dicho compuesto de forma controlada logrando un efecto sinérgico entre ambos componentes sobre el crecimiento de biota contaminante (Romanazzi *et al.*, 2002, Fajardo *et al.*, 2010)”.

“En algunos hongos, el quitosano puede producir alteraciones en las funciones de la membrana, mediante su fuerte interacción con esta superficie de carga electronegativa, guiando cambios en la permeabilidad, disturbios metabólicos y eventualmente la muerte (Fang, Li, & Shih, 1994)”.

“De acuerdo a Muzzarelli *et al.*, (1990), la actividad antimicrobiana del quitosano contra las bacterias, podría ser atribuido a la naturaleza policatiónica de su molécula, la cual permite la interacción y formación de polielectrolitos complejos con polímeros ácidos producidos en la superficie de la célula bacteriana (lipopolisacáridos, ácido teicoico, teicuronico, y polisacáridos capsulares). Recubrimientos y películas a base de quitosano probados sobre *Listeria monocitogenes* mostraron efecto inhibitorio sobre el crecimiento de dicha bacteria (Coma *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2008)”.

“Diversos estudios han mostrado que recubrimientos a base de quitosano tienen el potencial de incrementar la vida de anaquel de frutas y vegetales frescos, al reducir la producción de etileno, incrementar la concentración de gas carbónico y minimizar los niveles de oxígeno (Lazaridou & Biliaderis, 2002; Geraldine *et al.*, 2008; Márquez *et al.*, 2009). Un ejemplo de ello es el efecto sobre frutos de durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch.), en los cuales se redujo la tasa de respiración representada en la producción de CO₂ y se mantuvo la firmeza de la fruta recubierta hasta el final de 12 días de almacenamiento a una temperatura de 23 °C (Li & Yu, 2000)”.

“Este hidrocoloide (quitosano) tiene la capacidad de retardar el crecimiento de ciertos microorganismos que son deletéreos en postcosecha de frutas, tales como *Fusarium spp.*, *Colletotrichum musae*, y *Lasiodyplodia theobromae* en banano (*Musa acuminata* L. Var. Kluai Hom Th ong), (Kyu Kyu, *et al.*, 2007; Maqbool *et al.*, 2010), o *Botrytis cinerea* en tomate de mesa tratado con soluciones de recubrimiento conteniendo concentraciones de 1 – 2% w/v de quitosano y pimienta (*Capsicum annum* L. Var. Bellboy). Mediante la evaluación del efecto del moho *Botrytis cinerea*, sobre tejidos de frutos de pimienta en presencia de quitosano (1.0 mg/ml), se pudo determinar que el fitopatógeno sufrió daño celular en las hifas invasoras y se redujo la producción de

poligalacturonasa, lo cual justificaría la conservación de la firmeza de los tejidos (El Ghaouth *et al.*, 1992, 1997)”.

“Estudios sugieren que el quitosano, en películas plastificadas o no, muestra actividad fungistática, lo cual hace posible el desarrollo de nuevos empaques activos con buenas propiedades térmicas. Factores como la temperatura de almacenamiento y las modificaciones de las propiedades mecánicas y de barrera influenciadas por aditivos y otros tipos de sustancias antimicrobianas pueden potenciar el efecto antimicrobial de las películas (Martínez-Camacho *et al.* 2010)”.

“Las películas comestibles tienen en la actualidad diferentes aplicaciones, y está previsto que su uso se expandirá con el desarrollo de los sistemas de recubrimiento activo (Active Coating Systems). Esta segunda generación de materiales de recubrimiento puede emplear sustancias químicas, compuestos fitoquímicos, enzimas o microorganismos vivos que previenen, por ejemplo, el crecimiento microbiano o la oxidación de lípidos en productos alimentarios que han sido recubiertos. De esta manera los biomateriales actúan como transportadores de dichos compuestos que serán acarreados a lugares objetivo como el intestino, sin perder su actividad al estar dentro de tal matriz o durante su paso por el tracto gastrointestinal (Korhonen, 2005)”.

“Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química, y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce *et al.*, 2008)”.

2.10. Uso de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas

“Los recubrimientos comestibles se han utilizado desde hace tiempo para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de algunas frutas y hortalizas, tales como cítricos, manzanas y pepinos. Las frutas y hortalizas son frecuentemente cubiertas al sumergir o asperjar un variado número de materiales comestibles. De esta manera, se forma una membrana semipermeable en la superficie para reducir la respiración, controlar la pérdida de humedad y proporcionar otras funciones (Eissa, 2007). Una variedad de materiales comestibles, incluyendo lípidos (Famá *et al.*, 2004), polisacáridos, y proteínas, solos o en combinaciones, se han formulado para producir recubrimientos comestibles. Los recubrimientos a base de lípidos hechos de monoglicéridos acetilados (AM), ceras (cera de abeja, carnauba, candelilla, parafina, y salvado de arroz) y surfactantes se han utilizado exitosamente en frutas y hortalizas enteras, para reducir la superficie de abrasión durante el manejo y como barrera ante la pérdida de humedad. Suspensiones coloidales de aceites o ceras dispersas en agua fueron la primera formulación típica como recubrimiento para frutas (Valverde *et al.*, 2005)”.

2.11. Retos en el desarrollo de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas

“Los retos a atender para el desarrollo de recubrimientos comestibles podríamos englobarlos en generar recubrimientos comestibles a base de polímeros que permitan conservar las características propias de las frutas y hortalizas frescas, y que éstos posean la propiedad de barrera para humedad, oxígeno y dióxido de carbono bajo condiciones de almacenamiento. Numerosos

recubrimientos comestibles, incluyendo celulosa, caseína, zeína (Romero-Batista *et al.*, 2004), proteína de soya y quitosano, han demostrado poseer las características deseables para los productos frescos: buenas propiedades de barrera, inodoros, insípidos y transparentes (Majeti y Kumar, 2000; Valverde *et al.*, 2005; Eissa, 2007)”.

2.12. Materiales empleados como recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas

“Los polímeros tales como proteínas, polisacáridos, lípidos y resinas son comúnmente materiales para forma recubrimientos que se pueden utilizar solos o en combinaciones. Las características físicas y químicas de los biopolímeros influyen grandemente en la funcionalidad del recubrimiento resultante. La selección de materiales para recubrimientos se basa generalmente en la solubilidad con el agua, naturaleza hidrofílica e hidrofóbica, facilidad de formación del recubrimiento y propiedades sensoriales (Falguera *et al.*, 2011)”.

2.13. Técnicas analíticas para evaluar los recubrimientos comestibles aplicados a frutas y hortalizas

“Para evaluar la efectividad de un recubrimiento comestible aplicado en frutas y hortalizas, la calidad de los parámetros de los productos cubiertos es generalmente considerada como un indicador. Estos parámetros pueden incluir pérdida de agua, tasa de respiración, textura, color, cuenta microbiana, pH, acidez total y contenido de sólidos solubles del producto durante el almacenamiento. Algunos de las funcionalidades del recubrimiento incluyen la permeabilidad al agua y gas, grosor del recubrimiento, morfología y adhesión a

la superficie del recubrimiento (Martínez-Romero *et al.*, 2006; Mahdi-Ojagh *et al.* 2010)”.

“Las películas y recubrimientos comestibles ofrecen ventajas como las propiedades barrera, biocompatibilidad y mejor apariencia estética (Han, 2000; Kim *et al.*, 1995; Kalemba and Kunicka, 2003). En adición este tipo de materiales son afectados por parámetros como la formulación, la tecnología de formación de la película, las características del solvente y los aditivos (Gocho *et al.*, 2000; Gontard *et al.*, 1993)”.

2.14. Quitosano

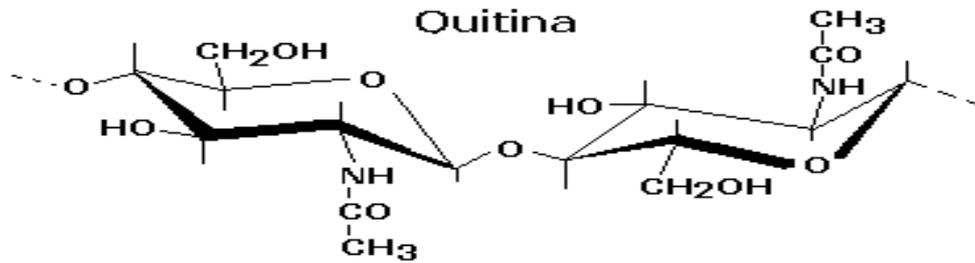
2.14.1 Aspectos generales de la quitina y del quitosano

“Actualmente la quitina se obtiene principalmente del exoesqueleto de crustáceos industrialmente procesados, tales como langosta, cangrejo y camarón. El uso creciente de la quitina, así como de sus derivados, ha sido motivado al hecho de que, al contrario de los derivados del petróleo, esta se obtiene de los subproductos de las industrias pesqueras, fuente naturalmente renovable, no tóxica y no alérgica; además, antimicrobiana y biodegradable (C.K.S *et al.*, 2009)”.

“La quitina es la sustancia más abundante en la naturaleza después de la celulosa (Sastoque *et al.*, 2007), es un biopolímero lineal (Figura 2), altamente insoluble en agua, propiedad esta que limita a sus aplicaciones; se disuelve rápidamente en ácidos concentrados, en algunos fluoroalcoholes y soluciones al 5% de cloruro de litio, lo que la hace poco práctica para su aplicación (6) y presenta baja reactividad. Otras propiedades relevantes de este biopolímero

son su alto peso molecular y su estructura porosa favoreciendo una elevada absorción de agua (Ramírez et al., 2010)”.

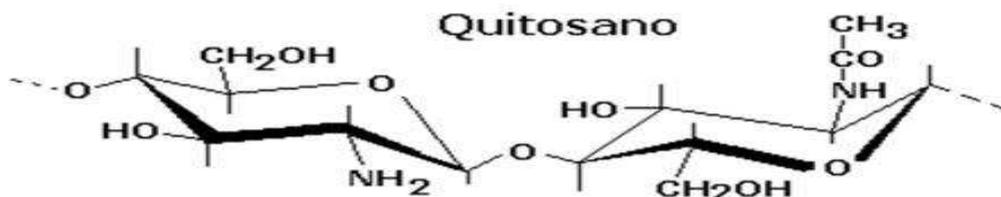
Figura 2. Estructura química de la quitina.



Fuente: (Lárez Cristóbal 2003).

“El quitosano es la forma N-desacetilada de la quitina (Figura 3), es una modificación de la quitina y posee mejores propiedades de reactividad y solubilidad. Se obtiene al sustituir los grupos acetamidos de esta por grupos amino, al tratar la quitina con álcalis fuertes (Mármol Pérez, Zulay 2003). Se ha descrito como un biopolímero catiónico lineal, biodegradable, de alto peso molecular, de fácil aplicación y ambientalmente amigable (Lárez Cristóbal 2003; Niquette et al., 2004)”.

Figura 3. Estructura química del quitosano.



Fuente: (Lárez Cristóbal 2003)

“Se disuelve fácilmente en soluciones diluidas de la mayoría de ácidos orgánicos tales como: ácido fórmico, ácido acético, ácido cítrico y tartárico, y también en ácidos minerales diluidos a excepción del ácido sulfúrico (Guana y Núñez 2004). Su grado de desacetilación (DD) varía desde un 60% hasta un 90% y los pesos moleculares (MW), se reportan de 50 hasta 2000 KDa, atribuyéndose esta heterogeneidad a la falta de control durante el procesamiento (Ramírez et al., 2002)”.

El quitosano es un hetero polisacárido que se encuentra en casi un tercio del total de la pared celular de algunos hongos (Agulló *et al.*, 2003), sin embargo, su principal fuente de obtención es mediante la desacetilación alcalina de la quitina (Majeti y Kumar, 2000). La quitina es el polímero natural más abundante luego de la celulosa, con la que guarda similitudes estructurales y como ella, funciona como un polisacárido estructural (Tolaimate *et al.*, 2000 (Arias *et al.*, 2008))”.

“El quitosano es el derivado N desacetilado de la quitina. La reacción de desacetilación, es decir, la pérdida del grupo acetilo del grupo amida del carbono 2, da lugar a un grupo amino en esa posición, y cuando la desacetilación del material de partida es incompleta se obtiene una mezcla de cadenas que contienen residuos de unidades GlcNAc y 2-amino-2-desoxi- β -Dglucopiranososa (GlcN) unidos por enlaces glicosídicos β (1 \rightarrow 4), cuya relación depende de las condiciones de reacción y que genera quitosanos con distintas propiedades estructurales, físicas, químicas, y funcionales (Majeti y Kumar, 2000)”.

“Estructuralmente se pueden distinguir dos tipos de quitosano (Q) principalmente, α -Q y β -Q, derivados desde α y β quitinas, respectivamente, las cuales tienen una estructura y origen diferentes. La α -quitina presenta cadenas paralelas y la β -quitina, anti paralelas, a lo largo de su estructura lineal. La

primera se encuentra presente en la cutícula de crustáceos (cangrejos, camarones, langostinos, langostas, jaibas, etc.), y en menor proporción en la cutícula de hongos, levaduras e insectos (Tan *et al.*, 1996; Rabea *et al.*, 2003; Tharanathan y Kittur, 2003). La segunda (β quitina) es obtenida desde la pluma cartilaginosa interna del endoesqueleto de calamares, como el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), más conocido como jibia en Chile o pota en Perú (Subasingle, 1995)”.

“La fuente y el método de obtención determinan la composición de las cadenas de quitosano, su grado de desacetilación y el peso molecular promedio, que son parámetros de obligado conocimiento para la caracterización de este polímero, ya que influyen sobre sus propiedades fisicoquímicas, biológicas y funcionalidad (Rhazi *et al.*, 2004)”.

“El quitosano es insoluble en agua y tiene la propiedad de formar películas por sí solo (Jeonet *et al.*, 2002), a partir de soluciones diluidas en ácidos orgánicos (Begin y Van Calsteren, 1999), mediante variadas metodologías siendo la más utilizada evaporación del solvente y moldeado (Butler *et al.*, 1996; Caner *et al.*, 1998). En este contexto el quitosano posee propiedades únicas que lo hacen un ingrediente ideal para el desarrollo de películas comestible y su aplicación en sistemas alimentarios como agente antimicrobiano, ya que presenta una baja toxicidad, con un $DL_{50} = 16$ ml/kg, valor que sitúa al quitosano en un nivel similar a la azúcar y lo hace menos tóxico que la sal (Romanazzi *et al.*, 2002)”.

“Por otra parte, es deseable que los polímeros formadores de películas sean biodegradables y que no generen productos dañinos como resultado de su degradación. Algunos estudios han demostrado que la quitina y el quitosano se biodegradan *in vivo* debido a su susceptibilidad a la hidrólisis enzimática de los enlaces β (1 \rightarrow 4) mediada por la enzima lisozima, presente en el organismo humano (Sashiwa *et al.*, 1990; Shigemasa *et al.*, 1994). Sus productos de

degradación son oligosacáridos o monosacáridos, metabolitos naturales que una vez absorbidos pueden ser incorporados a las rutas metabólicas de glicoaminoglicanos o glicoaminoproteínas, o bien, excretados (Dinesh y Alok, 2000). Las películas de quitosano son bioadherentes (Henriksen *et al.*, 1996), altamente biocompatibles (Raafat y Sahl, 2009), transparentes e incoloras (Wiles *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2002), lo que facilita su aplicación en la superficie de los alimentos. Las películas de quitosano han demostrado tener un efecto antimicrobiano de amplio espectro, que ha sido explicado a través de varios mecanismos de acción, contra microorganismos que comúnmente contaminan alimentos de origen animal como bacterias del tipo *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomona spp*, Salmonelosis, *Staphylococcus aureus*, entre las principales, identificadas como los más potentes patógenos asociados con enfermedades alimentarias (Mead, 1999; Huang *et al.*, 2012)".

2.14.2 Mecanismo de acción microbiana del quitosano

"La actividad antimicrobiana del quitosano difiere del microorganismo, en el caso de los hongos, este polímero ejerce una efecto antifúngico inhibiendo la formación de esporas e hifas (Hernández-Lauzardo *et al.*, 2008)".

2 14.3 Carácter catiónico

"El primer mecanismo se basa en las cargas positivas que posee el quitosano (NH y 3 +), debido a la presencia de un cambio sobre el C-2 del monómero de la glucosamina, cuando este polímero se solubiliza en soluciones ácidas con pH menor a su pKa (pH ~ 6-7). Para el caso de soluciones de quitosano llevadas a pH 5,5 se ha estimado que los grupos aminos se encuentran parcialmente protonados. En cambio a pH menores éstos grupos se encuentran protonados (Helander *et al.*, 2001; No *et al.*, 2007), reaccionando potentemente con los grupos hidrofílicos aniónicos (tales como lipopolisacárido, ácido teicoico de las

bacterias Gram-negativas y proteínas celulares específicas), que juegan un papel primordial en la actividad antibacteriana de las membranas celulares de los microorganismos (Rabea *et al.*, 2003). Por ejemplo, en estudios realizados en algunas levaduras se reportó que la parte externa de la membrana plasmática esta enriquecida por esfingolípidos, que están cargados negativamente, los cuales interactuaban con los grupos amino del quitosano, generando una desestabilización de la membrana y lisis celular (Zakrzewska *et al.*, 2005)".

"El quitosano forma canales de transporte de moléculas en bicapas lipídicas artificiales, lo que provee evidencia que el quitosano puede desorganizar la membrana celular (Zakrzewska *et al.*, 2007). Liu *et al.*, (2004) determinaron que la acción antimicrobiana del quitosano consistía en la destrucción de las membranas internas y externas de las bacterias, liberando los componentes intracelulares. Helander *et al.*, (2001) reportaron que el quitosano cambia el estado de la membrana externa y modifica la superficie celular, generando el debilitamiento de la función celular de bacterias Gram-negativas. Otro factor que incide en la actividad microbiana del quitosano es la fase de crecimiento en la que se encuentra el microorganismo, ya que la electronegatividad de la membrana cambia en las diferentes etapas del crecimiento bacteriano, lo que puede generar menor o mayor susceptibilidad (Tsai y Su, 1999; Yang *et al.*, 2007)".

2.14.4 Agente quelante

"Un segundo mecanismo propuesto para el quitosano, es que puede actuar como agente quelante, formando complejos con metales trazas (incluyendo Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} y Cu^{2+}) en condiciones ácidas, inhibiendo el desarrollo microbiano y producción de toxinas, y la disponibilidad de micronutrientes esenciales para las actividades celulares vitales de los

microorganismos (Rabea *et al.*, 2003). También se ha observado que el quitosano es capaz de quelar cationes divalentes estableciendo interacciones electroestáticas con moléculas aniónicas (fosfato, carboxilato), que componen los lipopolisacáridos, desestabilizando la membrana celular de las bacterias (Helander *et al.*, 1997)”.

2. 14.5 Penetración en el interior de la célula

“Como tercer mecanismo se ha postulado que oligómeros de quitosano de bajo peso molecular penetran en las células de los microorganismos e impiden el crecimiento de éstas, ya que inhibe la acción de varias enzimas e interfiere en la síntesis de proteínas por inhibición de la transformación de ADN en ARN (Tharanathan y Kittur, 2003)”.

2.15. Otras aplicaciones de quitosano

2.15.1 Industria de alimentos y bebidas

“En la industria alimentaria la quitina y el quitosano tienen usos como aditivos en los alimentos (espesantes, gelificantes y emulsificantes), como recubrimientos protectores comestibles y en procesos industriales como la recuperación de proteína de desechos de ovoproductos para alimentación animal (Hernández, Y. 2004), como clarificadores en la industrias de bebidas (agua, vino, zumo de manzana y zanahoria) sin afectar el color (Knorr, Dietrich. 1991)”.

“Investigadores de la Universidad de Zulia (Mármol Z, et al., 2009) evaluaron el contenido de polifenoles totales en vino blanco tratado con quitina de elaboracion propia como absorbente”.

2.15.2 Tratamientos de aguas

“Es una de las áreas de mayor importancia ya que tanto la quitina como el quitosano son materiales ambientalmente amigables, entre los principales usos en esta área se tiene: como coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alta alcalinidad (Hernández, Y. 2004); como floculante para remoción de partículas coloidales sólidas y aceites, y para la captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Lárez, C. et al., 2006)”.

“El quitosano ha mostrado ser buen coagulante en la potabilización de las aguas, sin embargo son pocas las investigaciones desarrolladas sobre su efectividad en aguas residuales complejas como las aguas de producción de petróleo (APP). Investigadores de la Universidad del Zulia (Yaxcelys Caldera, et al., 2009) realizaron un estudio donde se evaluó el uso de quitosano como coagulante durante el tratamiento de APP, demostrando su eficiencia en la remoción de turbidez, color DQO e hidrocarburos, lo que presenta una alternativa de tratamiento para estas aguas. La presencia de los grupos aminos en su estructura le confiere capacidad para coagular sustancias coloidales, además de que su uso permite aumentar la acción de coagulantes inorgánicos convencionales (Gacén, J y I. Gacén 1996)”.

2.15.3 Carnes

“Lee *et al.* (2003) observaron que trozos de carne de cerdo sumergida en soluciones de quitosano de peso molecular de 30y 120 KDa al 1% p/v, presentaron una mayor vida útil y menor oxidación lipídica. Park *et al.* (2010) también reportaron una mayor duración del color rojo característico de la carne vacuna al recubrirla con películas de polietileno de baja densidad y quitosano al 2% p/v en ácido láctico. Vargas *et al.* (2011) aplicaron películas comestibles basadas en quitosano en la superficie de hamburguesas de cerdo, logrando

incrementar el contenido de metamioglobina, lo que se tradujo en un mejor aspecto de las hamburguesas. Otros autores también han reportado el uso del quitosano como antioxidante y han concluido que este efecto mejora la apariencia de la carne, relacionada con el color, y disminuye el olor desagradable generado por la rancidez de los lípidos propios de la carne (Kanatt *et al.*, 2004; Rao *et al.*, 2005). Esto también ha sido descrito cuando películas de quitosano se han usado como recubrimiento comestible de filetes frescos de pescado (Jeon *et al.*, 2002) y en camarones refrigerados (Huang *et al.*, 2012)”.

2.16. Aloe vera

2.16.1 Aspectos generales del Aloe vera

“El Aloe vera, es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las asfodeláceas o liliáceas, con hojas perennes en forma de roseta; su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm (Reynolds y Dweck, 1999; Choi y Chung, 2003; Ramachandra y Srinivasa, 2008). Las primeras referencias del Aloe vera se encuentran en los Papiros de Ebers y existen numerosos documentos históricos de los egipcios, griegos, romanos, algerianos, árabes, tunecinos, indios y chinos, entre otros, que hablan de su empleo para uso medicinal y cosmético. Su nombre viene del griego “aloe”; y en árabe se llama “alloeh”, que significa: “la sustancia amarga brillante”; la palabra vera viene del latín y significa: “verdad”, así como en sanscrito Aloe vera su significado se refiere a diosa (Boudreau y Beland, 2006; Surjushe *ny col.*, 2008)”.

“La primera clasificación de los Aloes de la isla de Barbados fue hecha por el botánico Miller (Grindlay y Reynolds, 1986), quien reporta que el Aloe *Miller*

barbadensis es originario de la isla de Barbados y fue introducido al mundo como producto del comercio marítimo en el Caribe. Las primeras plantaciones de importancia datan de 1870, pero no fue sino hasta 1920 cuando se cultivó a mayor escala. Desde entonces se explotó de manera artesanal para la extracción del acíbar (exudado de la hoja). El nombre correcto aceptado actualmente es Aloe vera (L.) Burm. f. (Vinson y col., 2005); sin embargo, la planta se ha conocido bajo diversos nombres como sábila, Aloe vera, Aloe Curacao, Aloe barbadensis Miller o coloquialmente como sábila (Reynolds, 2004). Algunas de las especies más conocidas son el Aloe Arborescens, el Aloe Chinensis, el Aloe Socotrino y el Aloe ferox, aunque las más utilizadas son la especie Aloe barbadensis Miller de la que se obtiene acíbar y gel (pulpa) y el Aloe ferox del que básicamente se obtiene el acíbar (Reynolds, 2004)”.

“De las plantas adultas (3-5 años), se recolectan las hojas más externas de la base para obtener un acíbar o pulpa de aloe de buena calidad para posteriormente procesarlo y fabricar productos aptos para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Reynolds y Dweck, 1999; Choi y Chung, 2003; He y col., 2005; Bozzi y col., 2007). En la actualidad, diversas industrias se han orientado hacia la obtención del gel en diferentes presentaciones; este mercado ha ido evolucionando significativamente durante los últimos años y mantiene una proyección de crecimiento no menor a 12% interanual, estimándose un mercado global de 65 millones de dólares en productos primarios (plántulas, hojas y gel) y más de 200 mil millones de dólares en productos como champús, lociones, bebidas y medicamentos (Reynolds, 1985; Kim y col., 1998; Eshun y He, 2004, Ramachandra y Srinivasa, 2008)”.

2.16.2 Aloe vera como ingrediente funcional en los Alimentos

“Desde tiempos inmemoriales aloe vera se ha utilizado de manera empírica para el tratamiento de diversos trastornos y dolencias. Muchos autores han

considerado a las plantas de aloe como un miembro de la familia de las liliáceas, pero se trata de una familia de su propia llamada Aloaceae (Reynolds, 1985). Sin embargo, esto está relacionado con la planta de la familia Liliaceae, y por lo tanto también se relaciona con plantas tales como cebolla, ajo, espárrago, y que se sabe que tienen propiedades medicinales (Lawless y Allen, 2000). La mayoría de estas plantas se originaron en las regiones secas de África, Asia y el sur de Europa, sobre todo en las regiones mediterráneas (Urch, 1999). Debido a los numerosos efectos beneficiosos atribuidos a gel de Aloe, su producción es una industria emergente para la fabricación de cosméticos, alimentos funcionales, y las drogas y por sus propiedades medicinales que se cultiva en otras zonas con diferentes condiciones climáticas. México es el principal productor de Aloe, seguida de América Latina, China, Tailandia y los Estados Unidos (Rodríguez, 2004). Las plantas de aloe varían en altura desde unos pocos centímetros a 3.2 metros o más. Las hojas de algunas de las especies son muy grandes y son en forma de lanza con los bordes dentados (Urch, 1999)".

Hay por lo menos cuatro especies de las más de 360, los conocidos que tienen propiedades medicinales Aloe arborescens Miller, Aloe perryi Baker; Aloe ferox Miller o Aloe capensis, y Aloe barbadensis Miller, también conocido como Aloe vera Linnéo Aloe vulgaris Lamarck (Atherton, 1998; Urch, 1999)".

2.16.3 Composición química del gel de aloe vera

"La mayor parte de toda la hoja es agua y, hay más de 200 sustancias químicas en la materia seca que constituye la hoja. Por lo tanto, la concentración de estos componentes es relativamente baja (Luta y McAnalley, 2005). El componente más importante ($\approx 60\%$) en la materia seca, son los hidratos de carbono (azúcares solubles y los polisacáridos complejos). La composición de estos hidratos de carbono varía en función de la parte de la hoja considerado

(Femenia et al., 1999; Ni et al., 2004). Las proteínas y los lípidos representan alrededor del 6-8% y 2-5% de la materia seca, respectivamente con cantidades más grandes que se observan en el gel que en el exudado de la planta (Femenia et al., 1999). Otros componentes minoritarios que pueden ser biológicamente activos incluyen compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y aminoácidos, ciertas vitaminas y minerales, y compuestos volátiles (Luta y McAnalley, 2005)".

"Químicamente el Aloe vera se caracteriza por la presencia de constituyentes fenólicos que son generalmente clasificados en dos principales grupos: las cromonas, como la aloensina y las antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloina, isobarbaloina y la aloemodina; estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células epidermales. La aloína es el principal componente del acíbar, que la planta secreta como defensa para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable. También interviene en el proceso de control de la transpiración en condiciones de elevada insolación. La aloína es un glicosido antraquinónico que le confiere propiedades laxantes al acíbar y se utiliza en preparados farmacéuticos produciendo en ocasiones alergias a personas sensibles (Okamura y col., 1996)".

"En la fabricación de productos alimenticios a base de aloe vera, estos no deben contener aloína dado sus propiedades laxantes y alergénicas. Diferentes antraquinonas naturales y compuestos similares contenidos en la aloína, han mostrado efectos antivirales para algunas infecciones tales como en el *herpes simplex* tipos 1 y 2, varicela e influenza H1V-1. También se ha encontrado que la aloemodina presenta actividad contra una gran variedad de virus. Diversos estudios reconocen que las antraquinonas son los principales compuestos químicos que actúan directamente sobre los virus, impidiendo la adsorción del virus y su consecuente replicación (Okamura y col., 1996; Reynolds y Dweck, 1999; Rivero y col., 2002; Reynolds, 2004)".

Tabla 3. Componentes químicos de la planta de Aloe vera (*Miller barbadensis*).

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloina, ácido crisofánico, emodina, aloemodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloina, antraceno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B ₁ , colina, vitamina B ₂ , vitamina C, vitamina B ₃ , vitamina E, vitamina B ₆ , beta caroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fosforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzimas	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, brandikinasa, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteroides (campesterol, colesterol, β -sitosterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fnilalanina, prolina, tirosina, Treonina, valina.

Fuente: (Dagne y col., 2000; Choi y Chung, 2003; Ni y col., 2004; Hamman, 2008).

2.16.4 Actividad biológica del Aloe vera y su relación con diferentes patologías

“Finalmente, como se ha mencionado anteriormente el gel de Aloe vera es una fuente amplia de micronutrientes esenciales (Na 3660 mg/100 g, Ca 3319 mg/100 g, Mg 1536 mg/100 g, K 4060 mg/100 g) y de fitoquímicos activos, como ácido ascórbico (127.6 mg/100g), tocoferoles o vitamina E (0.217 mg/100 g) y compuestos fenólicos totales (79.2 mg equivalentes de ácido gálico/100 g), que son capaces de reducir los radicales libres que causan las reacciones de oxidación asociados con diversos padecimientos y enfermedades, tales como el envejecimiento, las enfermedades cardiovasculares y carcinogénesis, entre otras (Loots y col., 2007; McInerney y col., 2007; Miranda y col., 2009)”.

“La cantidad de micronutrientes y de fitoquímicos activos del Aloe vera es similar y algunas veces superior al contenido reportado para otras fuente naturales ricas en estos compuestos; por ejemplo la naranja (sodio 1 mg/100 g, calcio 46 mg/100 g, 11 mg/100 g, potasio 200 mg/100 g, ácido ascórbico 31 mg/100 g), la nuez que es reportada como una fuente rica de vitamina E (Na 2 mg/ 100 g, Ca 92 mg/100 g, Mg 131 mg/100 g, K 450 mg/100 g, vitamina E 25 mg/100 g), también se ha reportado que el vino tinto es una fuente rica de compuestos fenólicos (65-165 mg ácido gálico/L), (De Chávez et al., 1992; Ojeda, 2007). También, debido a la amplia actividad biológica que posee la planta de Aloe vera y sus múltiples y diferentes usos, ha sido esencial establecer las relaciones entre los componentes de la planta y sus efectos biológicos, y como se ha mencionado anteriormente también es importante el desarrollo de métodos eficaces de procesamiento que permitan preservar y mantener las entidades químicas bioactivas presentes de forma natural (Choi y Chung, 2003)”.

2.16.5 Actividad en el sistema nervioso central

“Kosif et al., (2008) investigaron el efecto del gel de Aloe vera en el sistema nervioso central de ratas Albino Wistar, estas fueron alimentadas diariamente durante 3 semanas por medio de sonda con una dosis de gel de sábila fresco de 25 mg/kg. Muestras de tejido de cerebro, cerebelo, hipocampo y zona ventricular fueron analizados por medio de cortes histológicos y tinciones con hematoxilina, eosina y violeta de cresilo y observados con microscopía de luz. Los resultados indicaron que el gel de sábila no tiene ningún efecto toxico en las neuronas ni en las células gliales del sistema nervioso central de cada tejido estudiado. Se observó que no hubo cambios en los cuerpos de Nissl, en los axones ni en los núcleos de las neuronas, ya que las características citoplasmáticas de estas fueron las mismas después del tratamiento. Sin embargo, la relación entre las células de Purkinje y el tejido circundante del cerebelo se redujo considerablemente en el grupo tratado. Otro hallazgo importante fue el cambio de las células endoteliales en la zona ventricular, el número y el tamaño de estas células se incrementaron notablemente. Algunas áreas del tejido simple cambiaron a tejido estratificado. También se pudo observar que las microvellosidades y los cilios en la zona apical de estas células y los capilares en la región del plexo coroideo fueron aumentados considerablemente. Aunque se encontraron importantes cambios morfológicos, los autores concluyeron que se requieren más estudios para poder comprender el o los mecanismos de acción del gel de sábila y su efecto sobre el sistema nervioso central”.

2.16.6 Actividad angiogénica

“Es bastante conocido que el gel de Aloe vera mejora la cicatrización de heridas en forma dosis-dependiente y reduce el edema y dolor (Davis y col., 1986; Davis y col., 1987). En la cicatrización de heridas, la angiogénesis es un

proceso esencial (Thompson y col., 1991). La angiogénesis es el crecimiento de nuevos capilares a partir de capilares preexistentes y posteriores a las vénulas capilares (Bischo_, 1995; Folkman y Klagsbrun 1987). Cuando se altera la angiogénesis, como en los ancianos o en los tejidos irradiados, la curación de heridas se retrasa o no tiene éxito, por lo tanto, suponen que el gel de sábila puede contener un componente angiogénico pues mejora la cicatrización de heridas (Phillips y col., 1991; Lee y col., 1995)".

"Lee y col. (1998) investigaron la actividad angiogénica del gel de sábila y la proliferación de las células de la arteria pulmonar endotelial in vitro. Se ensayaron con extractos orgánico-acuosos del gel de Aloe vera observándose un aumento en la proliferación de las células de la arteria pulmonar endotelial, el estudio sugiere que la actividad angiogénica de los extractos del gel de sábila puede ser debido a un incremento en la estimulación de las células endoteliales y a una mayor expresión de enzimas proteolíticas, ya que estas juegan un rol importante en la degradación de la matriz extracelular".

2.16.7 Actividad inmunomoduladora

"Existen estudios en donde algunos de los componentes de la sábila tienen un efecto inmunoestimulador e inmunosupresor, aunque la mayoría de los estudios se centran en los efectos inmunomoduladores del acemanano presente en el gel. Aunque se sabe que la fracción de polisacáridos en el gel tiene actividades inmunomoduladoras, la identidad, el tamaño y composición de los principales polisacáridos inmunomoduladores a un no se conocen (Broudreau y Beland, 2006). Otros estudios indican que los polisacáridos en el gel contienen una actividad inmunomoduladora y explican que este efecto puede ocurrir por la activación de los macrófagos para generar óxido nítrico, secretar citoquinas (por ejemplo, factor-alfa de necrosis tumoral ó TNF-, interleucina-1ó IL-1, interleuquina-6 ó IL-6 y el interferón ó INF-y) y presentar marcadores celulares

de superficie (Zhang y Tizard, 1996; Im y col., 2005). Algunas de las reacciones inmunitarias parecen ser específicas del acemanano en comparación con otros polisacáridos que incluyen la estimulación de la respuesta antigénica de los linfocitos, así como la formación de leucocitos, estudiados tanto en el bazo y la médula ósea de ratones que fueron sometidos a irradiaciones. Se cree que los efectos de inmunomodulación están vinculados a las glicoproteínas, es decir, las lectinas, que se encuentran en el gel de Aloe vera (Reynolds y Dweck, 1999)".

2.16.8 Actividad gastroprotectora

"Enfermedades gastrointestinales como la úlcera gástrica, enfermedad de Crohn, gastritis, Síndrome del Intestino Irritable e incluso infecciones debido a bacterias como *Helicobacter pylori* se consideran un factor en el desarrollo de lesiones crónicas agudas de la mucosa gástrica (James y col., 1992). En un estudio Suvitayavat y col. (2004) evaluaron el efecto de una preparación del gel de Aloe vera en un modelo de fistula gástrica en ratas. La preparación de sábila inhibió la producción de ácido gástrico, estimulo pepsina y secreciones mucosas en las ratas tratadas".

2.16.9 Efecto antioxidante del Aloe vera

"Se ha encontrado que algunos polisacáridos del gel de sábila poseen propiedades antioxidantes y efectos protectores en células de origen animal (Wu y col., 2006). Chun-Hui y col., (2007) reportan que las propiedades antioxidantes dependen del grado de acetilación, el peso molecular, el tipo de azúcares y el enlace glucosídico de los polisacáridos presentes en la sábila; ellos realizaron estudios en la planta de sábila entera así como de sus componentes estructurales (gel y piel) y caracterizaron los componentes químicos y evaluaron las actividades antioxidantes de los polisacáridos

extraídos del gel y del exocarpio de hojas de la sábila. Encontraron que polisacáridos aislados denominados GAPS-1 (gel) y SAPS-1 (exocarpio) están compuestos de manosa: glucosa: galactosa en proporciones de 120:2:3 y 296:36:1 y con pesos moleculares de 1.74×10^5 y 3.97×10^4 Da, respectivamente. Una fuerte actividad de eliminación del radical superóxido fue encontrada para los dos polisacáridos extraídos, por otra parte, actividades moderadas de eliminación del radical hidroxilo y de inhibición de peroxidación lipídica fueron encontradas. Por último, concluyeron que el polisacárido extraído del gel tiene una mayor actividad antioxidante que el aislado del exocarpio, y esto puede ser debido a que tiene una mayor concentración de grupos acetilo”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo experimental se realizó en los laboratorios de análisis y procesos en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicado en la ciudad de Manta (Latitud 0°57'4"S y de Longitud 80°44'44"W y altitud aproximada de 56 m.s.n.m.).

3.2. Características climáticas

Las condiciones establecidas en el laboratorio fueron controladas. Para los experimentos y se llevó un control de tiempo y temperatura para todos los diseños experimentales.

- Temperatura 28°C
- Humedad relativa 80%
- Luminosidad 1200 horas/sol.
- Grado de desinfección: se realizara una limpieza con hipoclorito de sodio al 0.05% en todas las instalaciones.

3.3. Factores en estudio

La investigación fue unifactorial, donde se evaluó la incidencia de las concentraciones de los recubrimientos de quitosano y aloe vera, en las

variables físico-químicas, y microbiológicas en 12 días de almacenamiento a 4°C.

3.4. Formulaciones de los recubrimientos

- A1. Fórmula 1 (Quitosano 100%).
- A2. Fórmula 2 (Aloe vera 20% + Quitosano 80%).
- A3. Fórmula 3 (Aloe vera 40% + Quitosano 60%).
- A4. Fórmula 4 (Aloe vera 60% + Quitosano 40%).
- A5. Fórmula 5 (Aloe vera 80% + Quitosano 20%).
- A6. Fórmula 6 (Aloe vera 100%).

3.5. Tratamientos

En esta investigación se utilizaron seis tipos de tratamientos y un control que se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4. Proporciones de cada tratamiento utilizado para la conservación de arilos de rambutàn.

N	CÓDIGO	Tratamientos	Concentración
1	A1	Quitosano	100% (v)
2	A2	Aloe + Quitosano	20% + 80% (v/v)
3	A3	Aloe + Quitosano	40% + 60% (v/v)
4	A4	Aloe + Quitosano	60% + 20% (v/v)
5	A5	Aloe + Quitosano	80% + 20% (v/v)
6	A6	Aloe vera	100% (v)
7	B	Testigo (sin tratamiento alguno)	-

Fuente: Elaborada por (Castro, M.).

3.6. Procedimientos

3.6.1 Diseño experimental

En la presente investigación se utilizó el diseño completamente al azar con 3 repeticiones respectivamente por cada tratamiento, y se evaluaron los cambios físicos - químicos cada 48 horas, y los microbiológicos cada 96 horas durante 12 días de almacenamiento a una temperatura controlada de 4°C y 0% de humedad relativa.

3.6.2 Tipo de diseño

En esta investigación se utilizó el diseño (D.C.A) unifactorial.

3.6.3 Número de repeticiones

Los números de repeticiones que se usaron en esta investigación fueron tres.

3.6.4 Características de las unidades experimentales (bandejas)

Las unidades experimentales que se utilizaron en esta investigación fueron bandejas de polipropileno de 21 cm de largo, 10 cm de ancho, y 2 cm de profundidad, con un peso aproximado de 140 g de fruta (9 arilos de rambután) por cada unidad experimental. Estas bandejas fueron envueltas con plástico films.

Se utilizaron bandejas de polipropileno independientes para cada muestra, para evitar contaminaciones cruzadas, o alteraciones en los resultados.

3.7. Análisis estadístico

3.7.1 Pruebas de significancia

Las medias de los tratamientos se compararon de acuerdo a la prueba de diferencia significativa ($P < 0,005$). Se realizó un ANOVA, y un test de TUKEY, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.

Tabla 5. Esquema del ANOVA.

F. de variación		G.L.
Total		20
Tratamientos		6
Repeticiones		2
Error Experimental		12

Fuente: Elaborado por (Castro, M.)

3.7.2 Análisis funcional

- Prueba de significación, TUKEY 0,05%.
- Coeficiente de variación: (%) $CV = \frac{\sqrt{CM\text{ERROR}}}{\bar{x}} \times 100$.

3.8. Materiales a utilizar en el experimento

3.8.1 Equipos

- pH metro
- Balanza de precisión digital
- Balanza digital
- Refractómetro
- Agitador magnético
- Licuadora
- Cámara climática

3.8.2 Materiales

- Equipo de protección personal (cofia, mascarilla, guantes, mandil, botas).
- Agua destilada
- Plástico films
- Bandejas de polipropileno
- Mesa de acero inoxidable
- 4 Vasos de precipitación de 1000 ml
- Tablas de picar de plástico
- Bala magnética
- Cuchillo
- Lienzo
- Papel aluminio
- Soporte universal
- Pipeta de 10 ml
- Probeta de 250 ml
- Bureta de 25 ml
- Pera succionadora de tres vías

- 3 Erlenmeyer de 50 ml

3.8.3 Insumos

- Frutas (rambután)
- Quitosano
- Gel de aloe vera

3.8.4 Reactivos

- Ácido acético (químicamente puro)
- Hipoclorito de Sodio (2%)
- Hidróxido de Sodio (0.1 N)
- Fenolftaleína.
- Cloruro de Potasio
- Agar Rosa Bengala + Cloranfenicol + Dicloran (DRBC)
- Plate Count Agar (PCA)

3.9. Metodología de la toma de datos del estudio

3.9.1 Análisis físico-químico

Las pruebas del análisis físico-químico se realizaron cada 48 horas durante 12 días de almacenamiento y se emplearon para comprobar el parámetro de calidad adecuado para este producto.

3.9.2 Medición de cantidades de sólidos solubles y acidez titulable

Pulpa de arilos de rambután (25 g), se exprimió la pulpa y se filtró el jugo en tela de lienzo. La fase sobrenadante se recogió y se analizó para determinar la cantidad de sólidos solubles, se utilizó un refractómetro manual, modelo HSR-500 (Atago, Tokio - Japón). Utilizando directamente el jugo de la fruta de acuerdo con a la técnica descrita por la AOAC (1990). La acidez titulable y se determinó por valoración con 0.1, N, NaOH, (AOAC, 1984).

3.9.3 Medición de pH

Para la medición del pH se extrajo 25 ml de jugo de los arilos mediante un proceso de prensado manual en papel filtro, y se procedió a realizó el análisis introduciendo el electrodo en el líquido recolectado utilizando un pHmetro de mesa modelo INOLAB pH 720 (Germany).

3.9.4 Firmeza

Para la medición de la firmeza se eligieron 3 arilos de control y de cada tratamiento con tres repeticiones para cada uno. El análisis de textura se realizó a temperatura ambiente, se utilizó un Texturómetro marca SHIMADZU Modelo EZ-LX (Tokio – Japón) software: Trapezium x, con una placa circular de 12 cm de diámetro y un punzón de 8 cm de longitud, y 2 mm de espesor y una velocidad 20 mm/seg, 3 mm de penetración en la pulpa de los arilos. Los resultados se expresaron como la fuerza máxima (N) necesaria para penetrar la pulpa del fruto.

3.9.5 Pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó con tres replicas (130-140 gramos por repetición) por tratamiento y se registró el peso inicialmente, y todos los días durante el almacenamiento utilizando una balanza digital (Sartorius TE6101 Talent Analytical Balance, 6100 g x 0.1 g). Los resultados se informaron como porcentaje de pérdida de peso (PP), en cada día de muestreo, utilizando la ecuación siguiente:

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde P_i es el peso inicial de la muestra y P_f es el peso de la muestra final.

(El-Ghaouth A, Rathy JA and Boulet PM, Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. *J Food Process Preserv* 15:359–368 (1991), (Mettler P.R. 2003 DR; Mettler *Toledo, New York, NY, USA*).

3.9.6 Índice de deterioro

Tres muestras del control y de cada tratamiento se evaluaron individualmente en los días 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 de almacenamiento para detectar signos de deterioro, utilizando una escala hedónica donde 1 = ninguna, 2 = presencia, 3 = ligeramente, 4 = moderada, 5 = grave, y 6 = muy grave. Los resultados se expresaran como el índice de deterioro (ID), usando la fórmula $ID = (1n + 2n + 3n + 4n + 5n + 6n + 7n) N^{-1}$, donde n es el número de muestras clasificados en cualquier nivel de la escala hedónica y N es el total número de muestras analizadas, para cada día de muestreo. (O'Connor-Shaw RE, Roberts R, Ford AL and Nottingham SM, Shelf life of minimally procesed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *J Food Sci* 59:1202–1215 (1994).)

3.9.7 Recuentos microbiológicos

Los recuentos microbiológicos se realizaron los días 0, 4, 8, y 12 del periodo de almacenamiento. Se usaron 10 g de arilos, se introdujo los 10 g dentro de una fiola y se mezcló con 90 ml de solución tampón (agua destilada más cloruro de potasio con 0,85% de concentración), se homogenizó la solución durante 2 minutos; Posteriormente se realizó una dilución de la solución madre 10 veces, para después inocular las placas por el método de vertido donde se utilizó 1ml de inóculo, y las muestras se incubaron a 27°C.

SSA, NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Available: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html> [15 December 2007].

SSA, NOM-111-SSA1-1994. Método para la Cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos. Available: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html> [15 December 2007].

Para la solución fisiológica se usó Potassium chloride BP366-1 (Fisher Scientific).

Para el sembrado y conteo de levaduras y hongos mesófilos se usó como medio de cultivo DRBC (Agar Rosa Bengala + Cloranfenicol + Dicloran). Para el sembrado y conteo de bacterias mesófilos se usó como medio de cultivo Difco Nutrient Agar Ref. 213000 (Becton, Dickinson and company).

3.9.8 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó eligiendo a 30 catadores no entrenados, se les proporcionó un arilo del mejor tratamiento y un testigo en bandejas separadas identificadas con sus respectivos códigos para no inducir a los resultados finales y obtener así datos más confiables. Este análisis se realizó para comprobar la aceptación del producto entre el mejor tratamiento y el testigo.

3.10.1 Preparación de la fruta

Se realizó una inmersión de los arilos de rambután en una solución de hipoclorito de sodio al 2 % de concentración por un tiempo de 2 minutos, con el inmediato enjuague de la fruta en el grifo para quitarle el excedente de solución.

3.10.2 Pelado

Se realizó el pelado de la fruta cortando suavemente por el medio de la fruta y en ambos extremos con el cuchillo tratando de no llegar hasta la pulpa. Se retiró la cascara cuidando de no contaminar la pulpa, después los arilos fueron colocados en un recipiente estéril con el fin de evitar contaminación.

3.10.3 Preparación de las soluciones de recubrimiento

Se realizaron las soluciones siguiendo el siguiente protocolo.

En la solución 1.- Se preparó 1000 ml de solución de quitosano al 1%, se pesó 10 g de quitosano en relación a los 1000 ml de solución de recubrimiento que se utilizó, y se diluyó en una solución acuosa con ácido acético al 1% de concentración, para así obtener nuestra solución madre de (quitosano 100%).

En la solución 2.- se procedió a colocar las hojas de aloe vera en una solución de hipoclorito de sodio al 2% de concentración durante 5 minutos con el fin de bajar la carga microbiana que se encuentra presente en las hojas de Aloe recolectadas del campo, se extrajo gel de las hojas de sábila y se procedió a cortar las hojas por el medio y se recolectó el gel con una cuchara y luego fue colocado en una licuadora para evitar que se formen los grumos en la solución de recubrimiento, para así obtener una solución más líquida de (aloe 100%).

En la solución 3.- Se procedió a mezclar una solución que contenga el 20% de aloe vera y el otro 80% de quitosano (v/v).

En la solución 4.- Se procedió a mezclar una solución que contenga el 40% de aloe vera y el otro 60% de quitosano (v/v).

En la solución 5.- Se procedió a mezclar una solución que contenga el 60% de aloe vera y el otro 40% de quitosano (v/v).

En la solución 6.- Se procedió a mezclar una solución que contenga el 80% de aloe vera y el otro 20% de quitosano (v/v).

3.10.4 Inmersión de los trozos de fruta en los recubrimientos

Los arilos fueron sumergidos en las soluciones durante 2 minutos, y después de esto se retiraron de las soluciones y se dejaron escurrir en un colador durante 1 minuto para quitar el exceso de la solución de recubrimiento.

3.10.5 Secado de los trozos de frutas

Los arilos fueron secados por 30 minutos a temperatura ambiente antes de ser empacados.

3.10.6 Empacado

Los arilos se colocaron en bandejas de polipropileno que contenían 9 frutos cada una respectivamente, y serán cubiertos por una lámina de plástico films de polietileno.

3.10.7 Almacenado

Las bandejas tanto del control como las de los tratamientos fueron almacenadas en una cámara climática a 4 °C, HR 0%, durante 12 días.

3.10.8 Toma de muestras y análisis

Para realizar los análisis se tomaron 3 muestras por cada tratamiento y control, los análisis físico-químicos se realizaron cada 48 horas, y los microbiológicos cada 96 horas en el mismo horario establecido en todos los días de análisis.

3.11. Análisis económico

Se analizaron los diferentes costos y gastos que intervinieron en el proceso, de conservación de arilos de rambután utilizando recubrimientos comestibles y se determinara la estimación económica, para determinar si es rentable recubrir los arilos de rambután.

IV. Resultados y discusión

4.1. Gráficos y tablas de resultados físico-químicos

4.1.1 Pérdida de peso (PP).

Figura 5. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la pérdida de peso de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

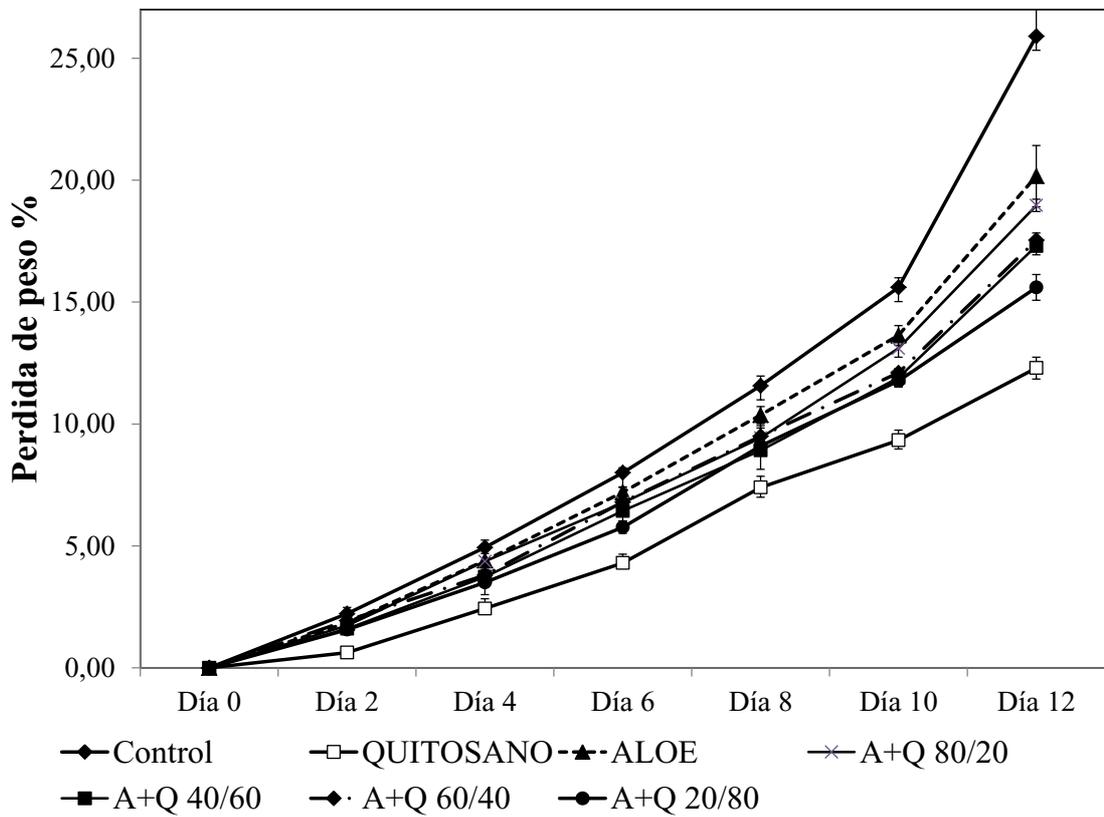


Tabla 6. Prueba de TUKEY. Pérdida de peso.

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	d	e
Quitosano	a	a	a
A + Q 20/80	a	b	b
A + Q 40/60	a	c	c
A + Q 60/40	a	c	c
A + Q 80/20	a	c	d
Aloe	a	c	d

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

Los datos de la (Figura 5) y la (Tabla 6) muestran variación significativa ($P \leq 0,05$), en la pérdida de peso de los arilos de rambután a lo largo de los 12 días de almacenamiento a 4°C, los arilos tratados con quitosano 100% (v) presentaron el menor valor en pérdida de peso con un porcentaje de (12.30%) durante el período de almacenamiento. Al final del periodo del estudio, los arilos de rambután del control y los tratados con aloe vera 100% (v) mostraron una pérdida de (25.90%) y (20.17%) respectivamente siendo estos los porcentajes de pérdida de peso más altos registrados a los 12 días de almacenamiento de las muestras. La pérdida de peso se presenta como resultado de la deshidratación del producto, ya que las temperaturas y el proceso de pelado y cortado de la fruta, expone tejido al medio ambiente y favorece la velocidad de evaporación del agua (Brecht, 1995). Un porcentaje de esta pérdida de peso pudo corresponder a la pérdida de agua que ocurre durante el proceso de respiración, como se reporta en zanahoria cortada en rebanadas, en tiras y rallada (Izumi y col., 1996).

Se ha recomendado el uso de navajas afiladas y las buenas prácticas de manipulación del producto para reducir los daños causados al tejido, ya que esto influye en la pérdida de peso, lo que a su vez contribuye a una mayor pérdida de la apariencia general (Barry-Ryan y O'Beirne, 1998; Portella y Cantwell, 2001). La reducción en la pérdida de peso en los arilos que fueron tratados con recubrimiento de quitosano podría ser atribuida a la barrera creada por el quitosano, al formar una capa de films que a su vez contribuye a la reducción en el intercambio de gases y la pérdida de agua en los arilos de rambután.

4.1.2 Acidez titulable.

Figura 6. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la acidez titulable de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

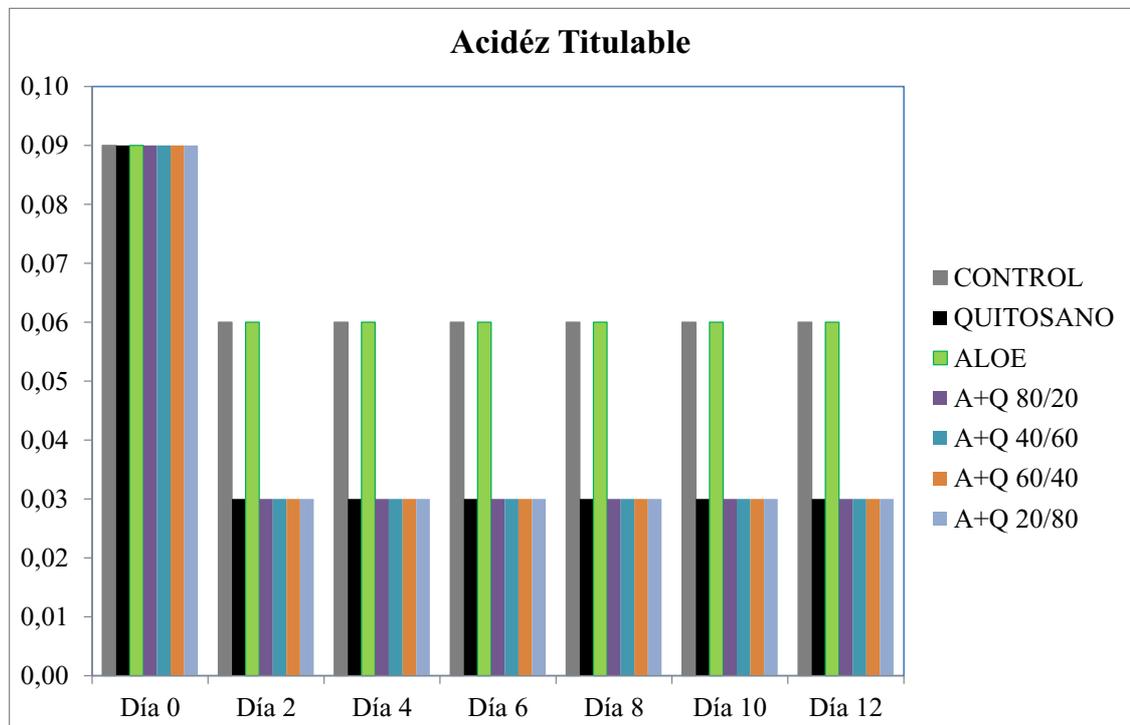


Tabla 7. Prueba de TUKEY (Acidez titulable).

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	a	a
Qitosano	a	b	b
A + Q 20/80	a	b	b
A + Q 40/60	a	b	b
A + Q 60/40	a	b	b
A + Q 80/20	a	b	b
Aloe	a	a	a

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

En los resultados presentados en la (Figura 6), y la (Tabla 7) se observa diferencia significativa ($P \leq 0,05$), en el porcentaje de acidez de los arilos del control, y los tratados con aloe, mostrando su diferencia en el día 2 con un valor de 0,06%, manteniendo el mismo valor hasta el día 12 de estudio. Tanto el control como todos los tratamientos registraron el porcentaje más elevado de acidez con 0,9% para el día 0, en el día 2 los tratamientos 20/80; 40/60; 60/40; 80/20 (aloe/quitosano), y el tratamiento de quitosano 100% bajaron considerablemente su nivel de acidez llegando a un valor de 0,03%, y se mantuvieron en ese rango hasta el día 12 de almacenamiento.

Se podría decir que el alto porcentaje de acidez que presentaron los arilos del control y de los tratamientos en el día 0 sería atribuido a que los recubrimientos no proporcionan su efecto inmediatamente sobre los microorganismos presentes en la fruta, los resultados del control como el tratamiento de aloe en cuanto a la acidez permanecieron altos durante el tiempo de conservación, debido a que el control no tenía ningún tipo de protección y los arilos tratados con aloe aumentaron su carga microbiana proveniente de las hojas de sábila en el proceso de la extracción del gel razón por la cual evidencia su alto porcentaje

de acidez, estos resultados concuerdan con los mostrados en pérdida de peso, firmeza, índice de deterioro y recuentos microbiológicos.

4.1.3 pH.

Figura 7. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en los cambios de pH de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

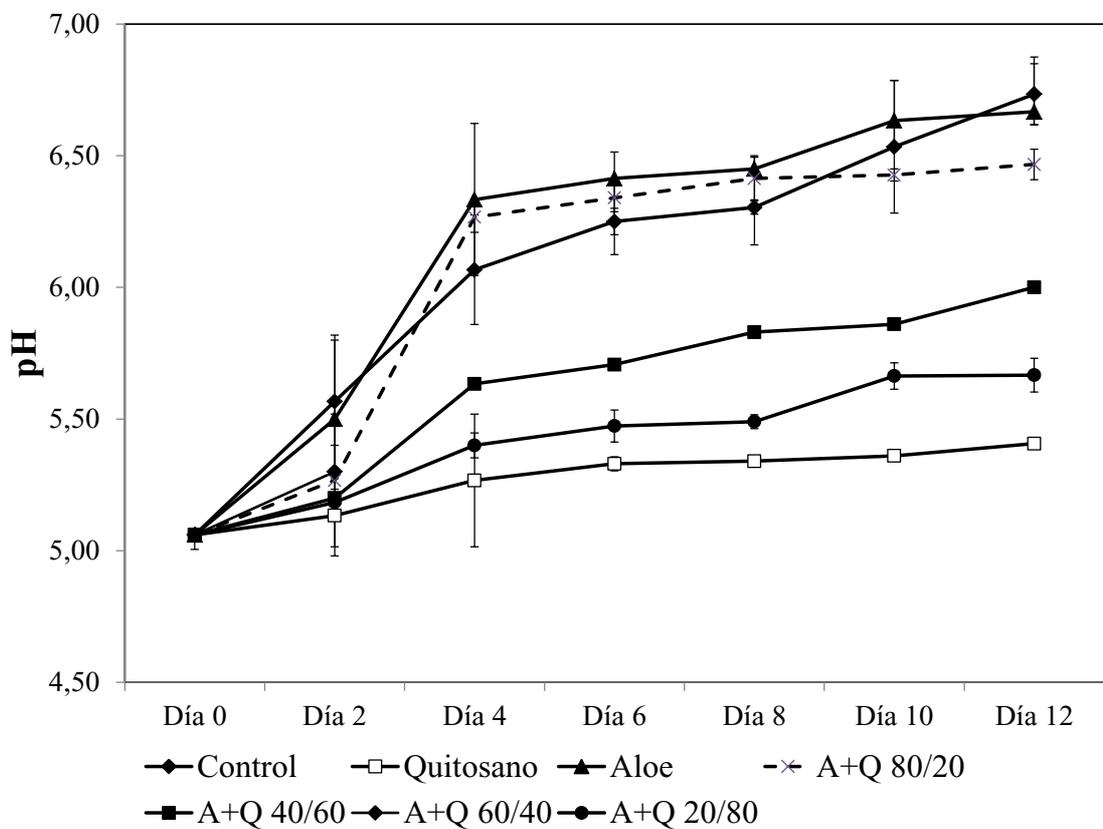


Tabla 8. Prueba de TUKEY (pH).

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	e	f
Quitosano	a	a	a
A + Q 20/80	a	b	b
A + Q 40/60	a	c	c
A + Q 60/40	a	d	d
A + Q 80/20	a	f	d
Aloe	a	g	e

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

En la (figura 7), y (Tabla 8) se observa la diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en los arilos tratados con quitosano 100% (v), y los tratados con 20/80 aloe + quitosano (v/v) que presentaron un aumento mínimo en relación con el pH pasando de 5.06 para el día 0 a un pH de 5.41 para el día 12 de almacenamiento, mientras que los arilos del control y los tratados con Aloe 100% (v) presentaron un aumento en el pH a lo largo de los 12 días de almacenamiento, ya que los arilos del control pasaron de 5.06 para el día 0 a un pH de 6.73 para el día 12, y los arilos tratados con aloe 100% pasaron de 5.06 para el día 0 a un pH de 6.67 para el día 12 de almacenamiento, en cuanto a los otros tratamientos siguieron una tendencia un poco similar reportándose un aumento de pH a lo largo del periodo de estudio.

Estos resultados muestran que los arilos que fueron tratados con quitosano 100% y los tratados con quitosano + aloe 80/20 mantuvieron una tendencia de pH ácido, se podría decir que esto se debe a la presencia de ácido acético en la solución de quitosano al momento de ser diluido, y esto ayudaría a mantener un pH ácido por lo que también podría influenciar en la inhibición de microorganismos.

4.1.4 Sólidos solubles totales.

Figura 8. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en contenido de sólidos solubles de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

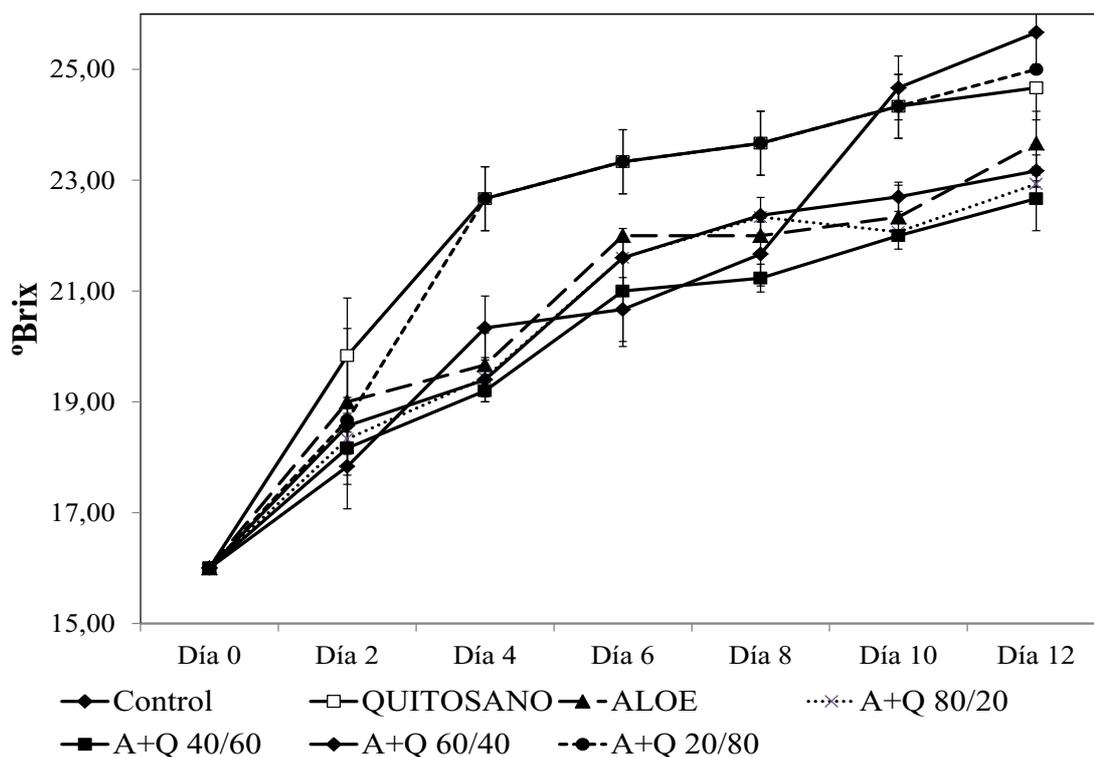


Tabla 9. Prueba de TUKEY (Sólidos solubles totales).

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	a	c
Quitosano	a	b	b,c
A + Q 20/80	a	b	c
A + Q 40/60	a	a	a
A + Q 60/40	a	a	a
A + Q 80/20	a	a	a
Aloe	a	a,b	a,b

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) presentó variación significativa ($P \leq 0,05$), a lo largo de los 12 días de almacenamiento a 4°C. La (Figura 8), y la (Tabla 9) evidencian que los arilos tratados con quitosano + aloe (20/80; 60/40, (v/v) presentaron el contenido de SST más bajo después de 12 días de almacenamiento. Se observó un aumento paulatino en el contenido de SST después de 2 días de almacenamiento para los arilos del control y los tratados con recubrimientos. Los arilos sin recubrimientos, los tratados con quitosano 100%, y los recubiertos con quitosano + aloe 80/20 (v/v) fueron los que evidenciaron un mayor porcentaje de sólidos solubles para el día 12 de almacenamiento.

4.1.5 Índice de deterioro.

Figura 9. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en el índice de deterioro de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

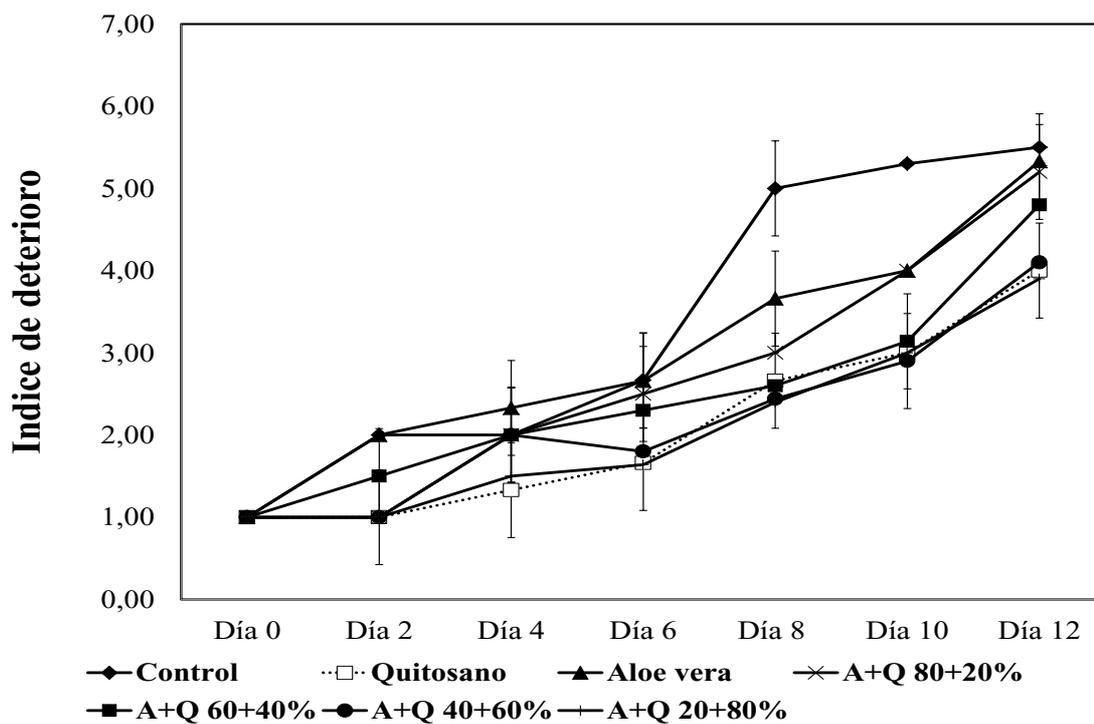


Tabla 10. Prueba de TUKEY (Índice de deterioro).

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	c	c
Qitosano	a	a	a
A + Q 20/80	a	a	a
A + Q 40/60	a	a,b	a
A + Q 60/40	a	b,c	b
A + Q 80/20	a	c	b,c
Aloe	a	c	b,c

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

Los datos de la (Figura 9), y en la (Tabla 10) muestran los resultados del índice de deterioro observándose una diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos a lo largo de los 12 días de almacenamiento a 4 °C. El gráfico indica que los arilos de rambután tuvieron un índice de deterioro alto al llegar a los 8 días de almacenamiento dándole un valor de (5 = deterioro grave), para el día 12 su índice de deterioro alcanzó un valor de (5,66 = deterioro grave). Los arilos tratados con aloe vera 100 % (v) presentaron un índice de deterioro elevado para el día 12 de almacenamiento con un valor de (5,38 = deterioro grave), y los del tratamiento con 80/20 aloe + quitosano (v/v) presentaron un valor de (5,30 = grave).

Los arilos tratados con proporciones de aloe + quitosano 40/60; 20/80 (v/v) presentaron un índice de deterioro aceptable al llegar al día 12 de almacenamiento con un rango de (4 = deterioro moderado). Los arilos tratados con quitosano 100% (v), almacenadas a 4 °C presentaron un buen índice de calidad general durante los 12 días de almacenamiento llegando con el valor mas bajo de (3,96 = deterioro ligero). La reducción en el índice de calidad general estuvo relacionada positivamente con la pérdida de textura y peso. Es evidenciado en este estudio que el factor microbiológico y el proceso de respiración de los arilos de rambután también afecta en gran medida en el proceso de degradación del fruto, en esta investigación se puede observar que aumentando la concentración de quitosano en los recubrimientos baja el índice de deterioro, por lo que los arilos conservan la calidad general del fruto, por lo que es evidente los buenos resultados del quitosano al ser aplicado como un recubrimiento comestible.

4.1.6 Firmeza.

Figura 10. Efecto de los tratamientos con Quitosano y Aloe vera en la firmeza de arilos de Rambután almacenados durante 12 días a 4°C.

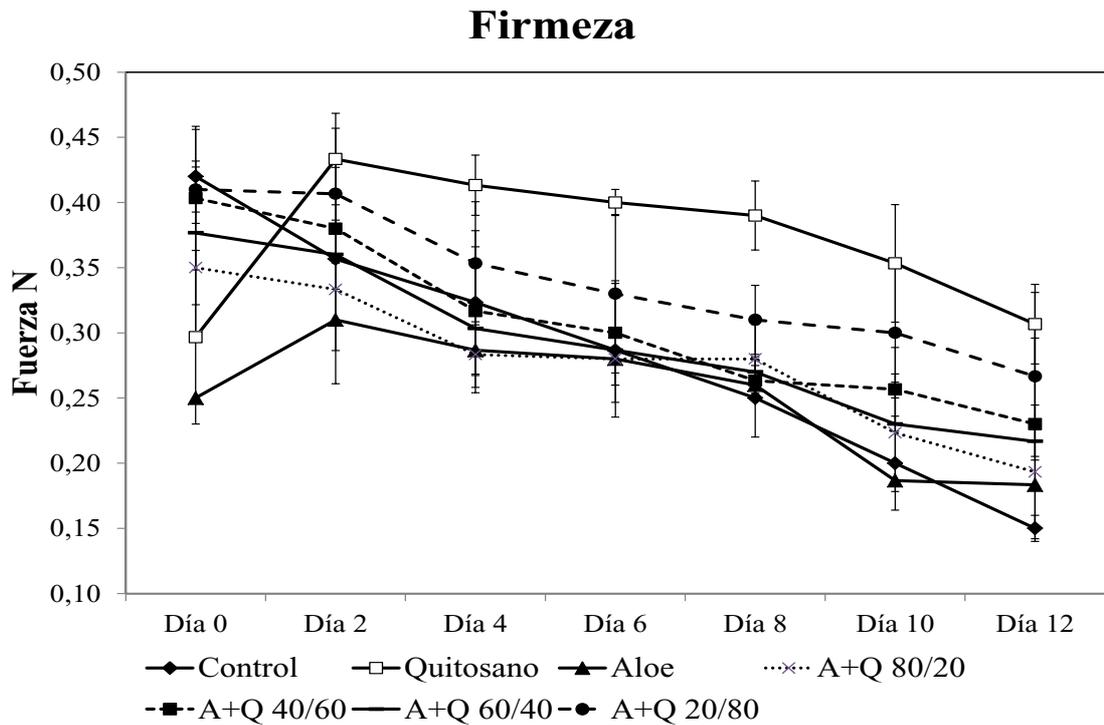


Tabla 11. Prueba de TUKEY (Firmeza).

TRATAMIENTOS	DÍA 0 ¹	DÍA 6 ¹	DÍA 12 ¹
Control	a	a,b	a
Qitosano	a,b	b	b
A + Q 20/80	a	a,b	a,b
A + Q 40/60	a	a,b	a,b
A + Q 60/40	a,b	a,b	a,b
A + Q 80/20	a,b	a	b
Aloe	b	a	a

¹ Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

La (Figura 10), y la (Tabla 11) muestran el efecto significativo ($P \leq 0,05$) de recubrimientos a base de quitosano y aloe vera en los cambios de firmeza en arilos de rambután durante 12 días de almacenamiento a 4°C. El efecto de la pérdida de firmeza fue más evidente en los arilos del control que pasaron de un valor de 0.42 N en promedio, para el día cero, a un valor de 0.15 N para el día 12 a 4 °C, y los tratados con aloe vera que presentaron un valor de 0.25 N en promedio, para el día cero, a un valor de 0.18 N para el día 12 a 4 °C. Se observó que los tratamientos que presentaron mayor firmeza en los arilos fueron, los tratados con quitosano al 100% que pasaron de un valor de N de 0.30 en promedio, para el día 0, a un valor de 0.31 N para el día 12, y los arilos tratados con quitosano + aloe 80/20 (v/v) que pasaron de un valor de 0.41 N en promedio para el día 0, a un valor de N 0.27 para el día 12.

Es bien conocido que la pérdida de textura por efecto de la temperatura y los días de almacenamiento, es debido a la hidrólisis de los componentes de la pared celular (Watada y col., 1990; Agar y col., 1999; Beaulieu y Gorny, 2002). La pared celular de las frutas generalmente consiste de pectinas, hemicélulas y polímeros del polisacárido celulosa (Omondi y col., 2004), por lo que la baja temperatura de conservación que se utilizó en esta investigación y la barrera que se formó en la superficie de los arilos tratados con quitosano ayudo a reducir el proceso de hidrólisis, y evidentemente mantuvo los arilos con una firmeza mayor a los del control y los tratados con mayor porcentaje de aloe vera. En cuanto a los resultados mayores de firmeza que se observaron en los arilos tratados con quitosano se podría decir que a partir del día 2 subió el índice de firmeza debido a que posiblemente se formó una capa de recubrimiento y por este motivo ayudo en gran parte a mantener el índice de firmeza durante los 12 días de almacenamiento.

4.2. Tablas de resultados microbiológicos

4.2.1 Recuentos mesófilos aerobios

Tabla 12. Recuento de mesófilos aerobios en placas de rambután, tratados con quitosano y aloe vera almacenados durante 12 días a 4 °C.

Tratamientos	Día 0 log CFU g ⁻¹	Día 4 log CFU g ⁻¹	Día 8 log CFU g ⁻¹	Día 12 log CFU g ⁻¹
Control	3.5 ^a	3.8 ^e	4.1 ^e	5.1 ^e
Quitosano 100%	3.5 ^a	2.3 ^a	1.9 ^a	ND ^a
Aloe vera 100%	3.5 ^a	3.6 ^{d,e}	3.9 ^e	4.1 ^e
Q+A (80% + 20%)	3.5 ^a	2.7 ^b	2.5 ^a	2.2 ^b
Q+A (60% + 40%)	3.5 ^a	3.1 ^c	2.9 ^b	2.8 ^c
Q+A (40% + 60%)	3.5 ^a	3.3 ^d	3.4 ^c	3.5 ^{c,d}
Q+A (20% + 80%)	3.5 ^a	3.4 ^{d,e}	3.6 ^c	3.9 ^d

Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$). ND, no detectado.

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

La inhibición de mesófilos aerobios presentes en los arilos de rambután después de aplicar los tratamientos muestra diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en la (Tabla 12). Los resultados revelan la reducción logarítmica de unidades formadoras de colonias (log CFU g⁻¹). La reducción más alta fue evidente en los arilos tratados con recubrimientos de quitosano 100%, mostrando el recuento total más bajo en placas y evidenciando que para el día 0 inició con 3.5 log CFU

g^{-1} , y a lo largo del periodo de almacenamiento fue presentando una reducción llegando a 0 log CFU g^{-1} , debido a que los análisis no mostraron ninguna colonia al momento de realizar el recuento en placa. También se hace notorio que los tratamientos a medida que van aumentando la concentración de quitosano evidencian una inhibición más alta en comparación con los tratamientos que tienen mayores porcentajes de concentración de aloe. Las muestras del control presentaron los valores más altos teniendo 3.5 log CFU g^{-1} para el día 0 y 5.1 log CFU g^{-1} para el día 12 de almacenamiento, seguido de los arilos tratados con aloe 100% que presentaron valores de 3.5 log CFU g^{-1} para el día 0 y 4.1 log CFU g^{-1} para el día 12.

Se podría atribuir el aumento de la carga bacteriana en los arilos tratados con aloe al proceso de extracción manual del gel, ya que la hoja por estar en contacto con la superficie del suelo posee una gran carga de microorganismos al momento de ser recolectada en el campo. En este estudio se realizó una esterilización previa de las hojas de aloe en una solución acuosa de hipoclorito de Sodio al 2,5% de concentración, con el objetivo de bajar la carga microbiana.

Hay que destacar que la concentración de mesófilos aerobios presentes en los arilos de rambután almacenados a 4 °C durante 12 días no excedió el límite de 7,69 log UFC g^{-1} declarado por la comisión francesa para la evaluación de la calidad microbiológica de los alimentos, especialmente para las frutas frescas cortadas (Jouve JL 1996).

4.2.2 Recuento de hongos y levaduras

Tabla 13. Recuento de hongos y levaduras en placas de rambután, tratados con quitosano y aloe vera almacenados durante 12 días a 4 °C.

Tratamientos	Día 0 log CFU g ⁻¹	Día 4 log CFU g ⁻¹	Día 8 log CFU g ⁻¹	Día 12 log CFU g ⁻¹
Control	1.1 ^a	2.9 ^e	4.1 ^f	5.1 ^f
Quitosano 100%	1.1 ^a	0.5 ^a	0.4 ^a	0.2 ^a
Aloe vera 100%	1.1 ^a	2.5 ^{d,e}	2.8 ^e	4.5 ^e
Q+A (80% + 20%)	1.1 ^a	0.8 ^{a,b}	0.8 ^b	0.7 ^b
Q+A (60% + 40%)	1.1 ^a	0.9 ^b	1.1 ^c	1.0 ^b
Q+A (40% + 60%)	1.1 ^a	1.5 ^c	1.8 ^d	2.1 ^c
Q+A (20% + 80%)	1.1 ^a	2.3 ^d	2.8 ^e	3.1 ^d

Los resultados son la media de tres medidas. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

La Tabla 13 muestra el efecto de los recubrimientos en el crecimiento de mohos y levaduras en arilos de rambután almacenados 12 días a 4 °C. Los resultados demuestran diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre los tratamiento con quitosano 100%, y el tratamiento con aloe + quitosano 20/80 (v/v) que fueron los más efectivos en la inhibición del crecimiento de hongos y levaduras pasando de 1.1 log CFU g⁻¹, para el día 0 de almacenamiento, llegando a un valor de 0.2 log CFU g⁻¹ al día 12 de almacenamiento para los arilos tratados con quitosano

100% (v), los arilos tratados con aloe + quitosano 20/80 pasaron de 1.1 log CFU g⁻¹ para el día 0, llegando a un valor de a lo largo del periodo de almacenamiento se evidenció una reducción en el día 12, llegando a un valor de 0.7 log CFU g⁻¹ para el día 12 de almacenamiento. Siendo estos los tratamientos más efectivos en comparación con los arilos del control y los tratados con aloe que presentaron los resultados más altos al llegar al día 12 de almacenamiento con un valor de 5.1 log CFU g⁻¹, y 4.5 log CFU g⁻¹ respectivamente.

En este análisis se observó que a medida que se incrementa el porcentaje de quitosano en los tratamientos se reduce la carga microbiana presente en los arilos de rambután. Se podría mencionar también que la presencia de una elevada carga microbiana en los arilos tratados con aloe puede ser atribuida a la alta contaminación a la que esta expuesta la hoja de aloe al ser cosechada debido a que esta se encuentra sobre la superficie del suelo.

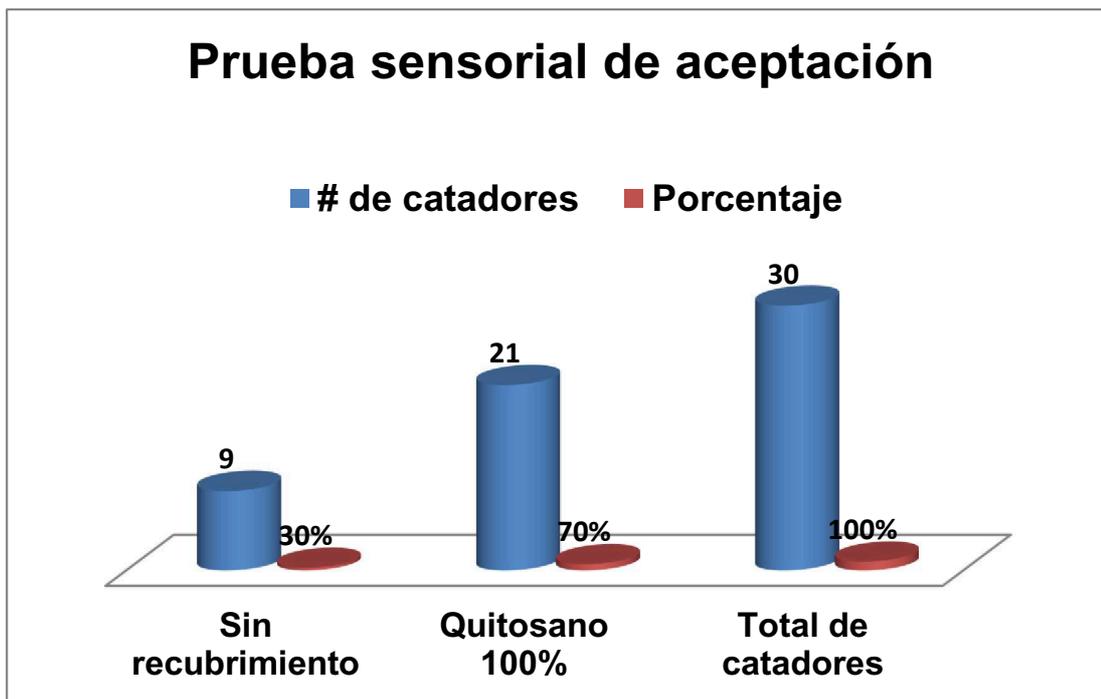
(Romanazzi et al., 2006) Informó de que el deterioro por hongos de las uvas puede ser inhibida si las uvas son recubiertas con quitosano. Sin embargo, varios autores atribuyeron el efecto antimicrobiano del tratamiento de quitosano a una combinación de su actividad antimicrobiana y la respuesta inducida de defensa del quitosano. Uvas tratadas mostraron actividad quitinasa y un aumento en la producción de fitoalexinas.

Se cree que el quitosano se une a los sitios cargados electronegativamente de superficies bacterianas, causando aglutinación (Shahidi et al., 1996).

El quitosano en este estudio ha demostrado su actividad antimicrobiana reduciendo el crecimiento de microorganismos, su poder inhibidor es apto para el uso contra mesófilos aerobios y contra hongos y levaduras.

4.3. Resultados del análisis sensorial

Figura 11. Resultados sensoriales sometidos a una prueba de aceptación de arilos de rambután sin recubrimiento vs arilos recubiertos con quitosano 100% almacenados durante 12 días a 4°C.



Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

Los resultados de la prueba sensorial de aceptación que se realizó seleccionando a 30 catadores no entrenados tomando en consideración los parámetros color, olor y sabor muestran en la (Figura 11) que los arilos de rambután tratados con quitosano al 100% obtuvieron la máxima aceptación por parte de los catadores con un 70% de aprobación en comparación con los arilos sin recubrimiento que solo obtuvieron un 30% de aceptación. Estos resultados indican la factibilidad que tiene el recubrimiento de quitosano para la

conservación de los arilos durante 12 días a 4°C, ya que mantiene en mayor proporción las características organolépticas del producto alargando su vida útil.

4.4. Resultado del estudio económico

Tabla 14. Resultados del estudio económico.

Materia prima e insumos	Cantidad	costos	Total
Fruta	9	\$0,40	\$0,40
Bandejas	1	\$0,10	\$0,10
Plástico films	30cm	\$0,05	\$0,05
Qitosano	1 g	\$0,80	\$0,80
Total x unidad			\$1,35

Fuente: Elaborado por (Castro, M.).

En los resultados del estudio económico reflejado en la (Tabla 20) indica que es factible este tratamiento de conservación para los arilos de rambután debido a que se estaría ofertando el producto en el mercado a un precio de \$2,00 por cada bandeja con 9 arilos, con un peso aproximado entre (130 – 140 g), de esta forma se demuestra que este proceso es muy prometedor para la aplicación a nivel industrial, dando apertura a nuevas investigaciones referentes a esta fruta de origen tropical.

V. CONCLUSIONES

Los arilos de Rambután que fueron tratados con quitosano 100% (v) presentaron mejores resultados de conservación durante los 12 días de almacenamiento, en comparación con los otros tratamientos, presentando mejores características físico - químico en cuanto a los resultados obtenidos correspondientes a las variables de textura, índice de deterioro, pH, sólidos solubles, acidez titulable.

El tratamiento con quitosano como recubrimiento comestible aplicado en arilos de rambután se muestra como una buena alternativa para inhibir la proliferación microbiana, en este trabajo se observó que el quitosano redujo en mayor porcentaje el crecimiento de mesófilos aerobios presentando un valor de 0 log CFU g⁻¹, y para hongos y levaduras presentó un valor de 0.2 log CFU g⁻¹ en el día 12 de almacenamiento, a diferencia del control que para mesófilos aerobios presento un valor de 5.1 log CFU g⁻¹, y para hongos y levaduras mostro un valor de 5.1 log CFU g⁻¹ para el día 12 de almacenamiento. De esta forma se muestra una notable inhibición de microorganismos mediante la aplicación de recubrimiento comestible a base de quitosano.

Los resultados obtenidos en la prueba sensorial de aceptación del presente estudio dieron como resultado que es aceptable para los consumidores el recubrimiento comestible de quitosano aplicado en los arilos de rambután, reflejando un grado de aceptación de 70% del panel de catadores en comparación con los arilos del control que solo obtuvieron una aceptación del 30%. De esta manera queda evidenciado que el recubrimiento con quitosano no modifica el sabor de la fruta de rambután.

En el análisis económico de este trabajo se muestra que es viable la aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano en los arilos de rambután, ya que podrían ser de gran utilidad para los productores y comercializadores de rambután, así como para nuevas industrias de alimentos. Siendo utilizados estos recubrimientos como una nueva opción para contrarrestar la pérdida post cosecha de rambután en nuestro país, y ofrecer una nueva alternativa de comercialización dándole un valor agregado y un beneficio al consumidor con facilidades al consumir alimentos más sanos y sin conservantes artificiales que son perjudiciales para la salud y así contribuir con el cambio de la matriz productiva en nuestro país.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda una esterilización previa de las hojas de aloe vera, con el fin de bajar la carga microbiana que se encuentra presente en la parte externa.
2. Se necesita realizar estudios más profundos referentes a métodos, y formas de conservación de arilos de rambután.
3. Se debería darle un valor agregado, o procesar los frutos de rambután debido a que en nuestro país solo se lo expende como fruta fresca y la vida útil es muy corta.
4. Es de gran importancia seguir estudiando el comportamiento postcosecha de los arilos de rambután, ya que en la actualidad son muy elevados los porcentajes de perdida postcosecha de los arilos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agulló, E.; Rodríguez, M.; Ramos, V.; Albertengo L. 2003. Present and future role of chitin and chitosan in food. *Macromol. Biosci.* 3, 521-230.
2. Aider, M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT – Food science and technology.* 43, 837 – 842.
3. Alles MS, Hartemink R, Meyboom S, Harryvan JL, Van Laere KM, Nagengast FM, Hautvast JG. Effect of transgalacto oligosaccharides on the composition of the human intestinal microflora and on putative risk markers for colon cancer. *Am J Clin Nutr* 1999; 69:980–991.
4. Arias, J.; Neira-Carrillo, A.; Yazdani-Pedram, M.; Fernandez, M.; Arias, J. 2008. Phosphorylation efficiency of chitosan at different times and temperatures for bone graft substitute. *Tissue Eng.* 14(5), 895-896.
5. Altenhofen, M., Krause, A. C., Guenter, T. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca^{+2} ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate polymers.* 77, 736 - 742.
6. Ammayappan L., Jeyakodi-Moses J. 2009. Study of antimicrobial activity of *Aloe vera*, chitosan, and curcumin on cotton, wool, and rabbit hair. *Fiber and Polymers* 10 (2):161166.
7. Angell M, Kassirer JP. Alternative medicine—the risks of untested and unregulated remedies. *N Engl J Med* 1998; 339:839–841.

8. Anthony L. Andrady 2011, Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, Issue 8, August 2011, Pp. 1596-1605.
9. AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official methods of analysis. 12th Ed. Washington, D.C. USA.
10. Appendini, P. & Hotchkiss J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food science and emerging technologies*. 3, 113 – 126.
11. Atherton P. Aloe vera: magic or medicine *Nurs Stand* 1998; 12:49–54.
12. Arvanitoyannis, I., Psomiadou, E., Nakayama, A., Aiba, S., Yamamoto, N. (1997). Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols, Part 3. *Food Chemistry*. 60 (4), 593 – 604.
13. Bautista-Baños S., Hernández-López M., Guillén-Sánchez D., Alia-Tejaca I. 2006. Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7 (2): 114-121.
14. Begin, A.; Van Calsteren, M. 1999. Antimicrobial films produced from chitosan. *Int. J. Biol. Macromol.* 26 (1), 63-67.
15. Ben-Yehoshua, S. (1969). Gas exchange, transportation, and the commercial deterioration in storage of orange fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94, 524 – 528.
16. Bico S. L. S., Raposo M. F. J., Morais R. M. S. C. Morais A. M. M. B. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control* 20:508-514.

17. Boudreau, M. y Beland, F. (2006). An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe barbadensis* (Miller) *Aloe vera*. *Journal of Environmental Science and Health, Part C* 24, 103-154.
18. Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. y Arce Vera, F. (2007). Quality and authenticity of comercial *Aloe vera* gel powders. *Food Chemistry* 103, 2230.
19. Briggs C. Herbal medicine: aloe. *Canadian Pharmaceutical Journal* 1995; 128:48–50.
20. Butler, B.; Vergano, P.; Testin, R.; Bunn, J.; Wiles, J. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *J. Food Sci.* 61(5), 953-955.
21. Cagri A., Ustunol Z., Ryser E. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection* 67(4):833-848.
22. C.K.S. Pillai, Willi Paul, Chandra P. Sharma. Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in polymer Science* 34 (2009) 641-678.
23. Caner, C.; Vergano, P.; Wiles, J. 1998. Chitosan films: mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizer, and storage. *J. Food Sci.* 63(6), 1049-1053.
24. Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., Martínez-Romero, D. (2010). Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and technology*.57, 183 – 188.

25. Carneiro-da-Cunha, M. G., Cerqueira, M. A., Souza, W. M. B., Souza, M. P., Teixeira J. A., Vicente, A. A. (2009). Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*. 95, 379 – 385.
26. Cerqueira, M.A., *et al.*, (2009a). Extraction, purification and characterization of galactomannans from non traditional sources. *Carbohydrate Polymers* 75 (3), 408–414.
27. Cerqueira, M. A., *et al.*, (2009b). Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. *Journal of Food Engineering*. 94, 372 – 378.
28. Chambi, H., Grosso, C. (2006). Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. *Food Research International*. 39, 458 – 456.
29. Cohen SM, Rousseau ME, Robinson EH. Therapeutic use of selected herbs. *Holistic Nursing Practice* 2000; 14:59–68.
30. Coma, V., Martial-Giros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., & Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Science*. 67(3), 1162-1168.
31. Choi, S. y Chung, M. (2003). A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects. *Seminars in Integrative Medicine* 1, 53-62.
32. Chun-hui, L., Chang-hai, W., Zhi-liang, X. y Yi, W. (2007). Isolation, chemical characterization and antioxidant activities of two polysaccharides from the gel

and the skin of *Aloe barbadensis* Miller irrigated with sea water. *Process Biochemistry* 42, 961-970.

33. Davis RH, Donato JJ, Hartman GM, Haas RC. Anti-inflammatory and wound healing activity of a growth substance in *Aloe vera*. *J Am Podiatr Med Assoc* 1994; 84:77–81.

34. Davis, J., Dibner, D. y Battey, J. F. (1986). End labeling of synthetic probes: Basic method in molecular biology. Elsevier Press Inc., New York, pp. 72-74.

35. Davis, R. H., Kabani, J. M. y Maro, N. P. (1987). *Aloe vera* and wound healing. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 77, 165-169.

36. Debeaufort, F., Voilley, A. (1995). Effects of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 183 -190.

37. De Chávez, M. M., Hernández, M. y Roldan, J. A. (1992). Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Segunda Edición. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubiran. Comisión Nacional de Alimentación.

38. Dagne, E., Bisrat, D., Viljoen, A. y Van Wyk, BE. (2000). Chemistry of aloe species. *Current Organic Chemistry* 4, 1055-1078.

39. Devlieghere, A., Vermeulen, F., Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interaction with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21, 703 -714.

40. Dinesh, S; Alok, R. 2000. Biomedical applications of chitin, chitosan, and their derivatives. *Rev. Macromol. Chem. Phys.* 40(1), 69-83.
41. Eissa Hesham A. A. 2007. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom. *Journal of Food Quality* 30:623-645.
42. Eisenberg DM, Davis RB, Ettner SL, Appel S, Wilkey S, Van Rompay M, Kessler RC. Trends in alternative medicine use in the United States, 1990–1997: Results of a follow-up national survey. *Journal of the American Medical Association* 1998; 280:1569–1575.
43. El Gaouth, A., Arul, J., Wilson, C., Benhamou, N. (1997). Biochemical and cytochemical aspects of the interactions of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 12, 183 – 194.
44. Embuscado M. E., Huber K. C. 2009. Edible films and coatings for food applications. Nueva York. Editorial Springer Science y Business Media, 1890 p.
45. Eshun, K. y He, Q. (2004). Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44, 91-96.
46. Fajardo, P., *et al.*, (2010). Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering.* Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.06.029.
47. Falguera V., Quintero. P., Jiménez A., Muñoz J. A., Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* 22:292-303.

48. Famá L., Rojas A. M., Goyanes S., Gerschenson L. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas, influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. Congreso CONAMET/SAM 2004. [En línea] <http://www.materialessam.org.ar/sitio/biblioteca/laserena/30.pdf>.
49. Fang, S. W., Li, C. F., & Shih, D. Y. C. (1994). Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. *Journal of Food Protection*, 56, 136–140.
50. Femenia A, Sanchez ES, Simal S, Rossello C. Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers* 1999; 39:109–117.
51. Fernández-Saiz et al., 2009 P. Fernández-Saiz, J.M. Lagarón and M.J. Ocio, Optimization of the film-forming and storage conditions of chitosan as an antimicrobial agent, *J. Agric. Food Chem.* 57 (8) (2009), pp. 3298–3307.
52. Folkman, J. y Klagsbrun, M. (1987). Angiogenic factor. *Science* 235, 442-447. Bischo_ J. (1995). Approaches to studying cell adhesion molecules in angiogenesis. *Trends Cell Biology* 5, 69-74.
53. Fraire V., G.; 2001. El Rambutan: Alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México. INIFAP. Tuxtla chico, Chiapas, México. Folleto técnico No. 1.
54. Gacén, J y I. Gacén. Quitina y quitosano. Nuevos materiales textiles. *Boletín Intexter UPC 110*: (1996) 67-71.

55. García, M. A., Ferrero, C., Bértola, N., Martino, M., Zaritzky, N. (2002). Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fries products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 3, 391 – 397.
56. Geraldine, R. M., Ferreira, N., Alvarenga, B., Almeida, G. (2008). Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydrate Polymers*, 72, 403 – 409.
57. Gocho et al., 2000 H. Gocho, H. Shimizu, A. Tanioka, T.-J. Chou and T. Nakajima, Effect of polymer chain end on sorption isotherm of water by chitosan, *Carbohydrate Polymers* 41 (2000), pp. 87–90.
58. Gomez de Oliveira M. E., Leite de Souza E. 2011. Combined application of essential oils from *Origanum vulgare L.*, and *Rosmarinus officinalis L.* to inhibit bacteria and autochthonous microflora associated with minimally processed vegetables. *Food Research International* 44:1541-1548.
59. Gontard et al., 1993 N. Gontard, S. Guilbert and J. Cuq, Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film, *Journal of Food Science* 58 (1993), pp. 206–211.
60. Grindlay, D y Reynolds, T. (1986). The Aloe vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology* 16, 117-151.
61. Guana, M., y Núñez, N. Efecto del ultrasonido de la desacetilación de quitina de conchas de camarón. Trabajo especial de grado para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad del Zulia. (2004) p.55.

62. Guilbert, S., Gontard, N., & Gorris, L. G. M. (1996). Prolongation of the shelflife of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 29, 10 – 17.
63. Hamman, J.H. y Viljoen, A.M. (2008). Use of Aloe vera for increasing the bioavailability of poorly absorbable drugs. SA patent application 2008/01542.
64. Han, 2000 J.H. Han, Antimicrobial Food Packaging, *Food Technology* 54 (3) (2000), pp. 56–65.
65. He, Q., Liu, C., Eshun, K. y Zhang, T. (2005). Quality and safety assurance in the processing of Aloe vera gel juice. *Food Control* 16, 95-104.
66. Helander, I.; Nurmiäho-Lassila, E.; Ahvenainen, R.; Rhoades, J.; Roller, S. 2001. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of gram negative bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 71, 235-244.
67. Helander, I.; Wright, A.; Mattila-Sandholm, T. 1997. Potential of lactic acid bacteria and novel antimicrobials against Gram-negative bacteria. *Trends Food Sci.Tech.* 8, 146-150.
68. Hernandez-Lauzardo, A.; Bautista-Banos, S.; Velazquez-Del Valle, M.; Mendez-Montealvo, M.; Sanchez-Rivera, M.; Bello-Perez, L. 2008. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopusstolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Carbohydr. Polym.* 73, 541-547.
69. Hernández, Y. La quitina y la quitosana, polisacáridos animales de gran importancia. Departamento de Bioquímica del centro universitario José Martí. Habana, Cuba (2004).

70. Huang, J.; Chen, Q.; Qiu, M.; Li, S. 2012. Chitosan-based edible coatings for quality preservation of postharvest whiteleg shrimp (*litopenaeusvannamei*). J. Food Sci. 77(4), 491496.
71. Im, S.-A., Oh, S.-T., Song, S., Kim, M.-R., Woo, S.S., Jo, T.-H., Park, Y.-I. y Lee, C.-K. (2005). Identification of optimal molecular size of modified Aloe polysaccharides with maximum immunomodulatory activity. International Immunopharmacology 5, 271-279.
72. James, F., Balch, M.D. y Balch, P.A. (1992). Prescription for natural healing. Academic Press, New York, p. 575.
73. Jeon, Y.; Kamil, J.; Shahidi, F. 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. J. Agr. Food Chem. 50(18), 5167-5178.
74. Jouve JL, La qualité microbiologique des aliments. Maitrise et critères. Politechnica, Paris (1996).
75. Kader, A. 2009. Rambutan: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research Information Center Home Page. Available in: <Http://postharverst.ucdavis.edu/ProduceFacts/Fruits/rambutan.html>.
76. Kalemba and Kunicka, 2003 D. Kalemba and A. Kunicka, Antibacterial and antifungal properties of essential oils, Curr. Med. Chem. 10 (2003), pp. 813–829.
77. Kanatt, S.; Chander, R.; Sharma, A. 2008. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. Food Chem. 107, 845852.

78. Karbowski, T., Debeaufort, F., Voilley, A. (2007). Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. *Food Hydrocolloids*. 21, 879 – 888.
79. Kaye AD, Clarke RC, Sabar R, Vig S, Dhawan KP, Hofbauer R, Kaye AM. Herbal medicines: current trends in anesthesiology practice a hospital survey. *J Clin Anesth* 2000; 12:468–471.
80. Kechichian, V., Ditchfield C., Veiga-Santos, P., Tadini, C. (2010). Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT– Food Science and Technology*.doi: 10.106/j.lwt.2010.02.014.
81. Kim, K. H., Lee, J. G., Kim, D. G., Kim, M. K., Park, J. H. y Shin, Y. G. (1998). The development of a new method to detect the adulteration of commercial Aloe gel powders. *Archives of Pharmacal Research* 21, 514-520.
82. Kim et al., 1995 J. Kim, M.R. Marshall and C. Wei, Antibacterial activity of some essential oils components against five foodborne pathogens, *J. Agric. Food Chem.*43 (1995), pp. 2839–2845.
83. Klepser TB, Doucette WR, Horton MR, Buys LM, Ernst ME, Ford JK, Hoehns JD, Kautzman HA, Logemann CD, Swegle JM, Ritho M, Klepser ME. Assessment of patients' perceptions and beliefs regarding herbal therapies. *Pharmacotherapy* 2000; 20:83–87.
84. Knorr Dietrich. Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Management *Food Technology*. (1991). 85-95.
85. Korhonen, H. (2005). Technology options for new nutritional concepts. *International Journal of Dairy Technology*. 55 (2), 79 – 88.

86. Kosif, R., Aktas, R. G. y Oztekin, A. (2008). The effects of oral administration of Aloe vera (barbadensis) on rat central nervous system: An experimental preliminary study. *Neuroanatomy* 7, 22-27.
87. Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. (1994). Edible coatings and films to improve food quality. Florida, United States of America: CRC Press.
88. Kyu Kyu, W. N., Jitareerat, P, Kanlayanarat, S., Sangchote, S. (2007). Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. *Postharvest biology and technology* 45, 333 – 340.
89. Ladaniya M. S. 2008. Preharvest factors affecting fruit quality and postharvest life. *Citrus Fruit Biology, Technology and Evaluation*. 79-101 p.
90. Landrigan, M., S. Morris, and W. McGlasson. 1996. Postharvest browning of rambutan a consequence of water loss. *J. American Society of Horticulture Science* 121(4):730-734.
91. Lárez, C. Quitina y quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances de Química* 1: (2006) 15-21.
92. Lárez Cristobal. Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. *Revista iberoamericana de Polímeros Volumen* 4(2) (2003) 91-109.
93. Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2002). Thermophysical properties of chitosan-starch and chitosan-pullulan films near the glass transition. *Carbohydrate polymers*, 48, 179 – 190.

94. Lee, M. J., Yoon, S. H. y Lee, S. K. (1995). In vivo angiogenic activity of dichloromethane extracts of Aloe vera gel. Archives of Pharmacal Research 18, 332-335.
95. Lee, M., Lee, O. y Yoon, S. (1998). In vitro angiogenic activity of Aloe vera gel on calf pulmonary artery endothelial (CAPE) cells. Archives Pharmacal Research 21, 260-265.
96. Lee KY, Weintraub ST, Yu BP. Isolation and identification of a phenolic antioxidant from *Aloe barbadensis*. Free Radical Biology and Medicine 2000; 28:261–265.
97. Li, H., Yu, T. (2000). Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. Journal of science of food and agricultura 81, 269 – 274.
98. Lima, A. M., et al., (2010). New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. Journal of Food Engineering. 97, 101-109.
99. Liu, F., Qin, B., He, L., Song, R. (2009). Novel starch/chitosan blending membrane: antibacterial, permeable and mechanical properties. Carbohydrate Polymers, 78, 146 – 150.
100. Liu, N.; Chen, X.; Park, H.; Liu, C.; Liu, C.; Meng, X.; Yu, L. 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of *Escherichia coli*. Carbohydr. Polym. 64, 60-65.

101. Loots D. T., van der Westhuizen F. H. y Botes L. (2007). Aloe ferox leaf gel phytochemical content, antioxidant capacity, and posible health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6896.
102. Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S., Moalemiyan M., Kushalappa, A. C. (2007). Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydrate Polymers*. 68, 341 – 349.
103. Mahdi-Ojagh S., Rezaei M., Hadi-Razavi S., Hashem-Hasseini S. M. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry* 120:193-198.
104. Majeti N. V., Kumar R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46:1-27.
105. Mármol Z., Cardozo J., Carrasquero S., Páez G, Chandler C., Araujo K. y Rincón M. Evaluación de polifenoles totales en vino blanco tartado con quitina. *Rev. Fac. Agron. (Luz)*. (2009), 26: 423-442.
106. Majeti, N.; Kumar, R. 2000. A review: chitin and chitosan applications. *React. Funct. Polym.* 46(1), 1-27.
107. Maridueña M., Villafuerte G. Moreno M. González V. (2010). Proyecto para la exportación de Rambutan (Achotillo) a la Comunidad Economica Europea. Tesis. Esucela Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
108. Mármol Pérez, Zulay. Alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de las conchas de camarón. Trabajo de Ascenso para optar a la categoría de

titular. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Escuela de química. (2003) 56p.

109. Martínez-Camacho *et al.*, (2010). Chitosan composite films: Thermal, structural, mechanical and antifungal properties. *Carbohydrate Polymers*, doi:10.1016/j.carbpol.2010.04.069.

110. Martín-Polo, M., Mauguin, C., & Voilley, A. (1992). Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 407 – 412.

111. Martínez-Romero D., Alburquerque N., Valverde J. M., Guillén F., Castillo S., Valero D., Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39:93-100.

112. McHugh, T. H., & Krochta, J. M., (1994). Dispersed phase particle size effects on water vapor permeability of whey protein-beeswax edible emulsion films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18, 173 – 188.

113. McInerney, J. K., Seccafien. C. A., Stewart, C. M. y Bird, A. R. (2007). Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8, 543-548.

114. Mead, P.; Slutsker, L.; Dietz, V.; McCaig, LF.; Bresee, J.; Shapiro, C.; Griffin, P.; Tauxe, R. 1999. Food-Related Illness and Death in the United States. *Emerg. Infect. Dis.* 5(5), 607-25.

115. Miller, K. S., Krochta, J. M. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 8 (7), 228 – 237.
116. Miranda, M., Maureira, H., Rodriguez, K. y Vega, A. (2009). Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel. *Journal of Food Engineering* 91, 297-304.
117. Morillon, V., Debeaufort, F., Bond, G., Capelle, M., & Volley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid – based edible films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 42 (1), 67 – 89.
118. Muzzarelli et al., 2000. Muzzarelli R. A. A., N. Frega, M. Miliani, C. Muzzarelli, M. Cartolari, 2000. Interactions of chitin, chitosan, N-lauryl chitosan and N -dimethylaminopropyl chitosan with olive oil. *Carbohydrate Polymers*, Volume 43, Issue 3, November 2000, Pp. 263-268.
119. Muzzarelli, R., Tarsi, R., Fillipini, O., Giovanetti, E., Biagini, G., & Varaldo, P. R. (1990). Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 34 (10), 2019 – 2023.
120. Niquette., P., F. Monte, A. Azzouz y R. Hausler. Impacts of substituting aluminium-based coagulants in drinking water treatment: Review article. *Water Qual, Res. J. Canada* 39: (2004) 303-310.
121. Ni, Y., Turner, D., Yates, K. y Tizard, I. (2004). Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp. *International Immunopharmacology* 4, 1745-1755.

122. No, H.; Meyers, S.; Prinyawiwatkul, W.; Xu, Z. 2007. Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review. *J. Food Sci.* 72(5), 87-100.
123. No, H. K., Park, N. Y., Lee, S. H., Meyers, S. P. (2002). Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *International journal of food microbiology*, 74, 65 – 72.
124. OCHSE, J.; SOULE, J.; DIJKMAN, J.; WEHLBURG, C. 1976. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Volumen I. Editorial Limusa, México. 827 p.
125. O'Connor-Shaw RE, Roberts R, Ford AL and Nottingham SM, Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *J Food Sci* 59:1202–1215 (1994).
126. Ojeda, H. (2007). Los compuestos fenólicos de la uva. *Enología* 4,1-11.
127. Okamura, M., Asaia, M., Hine, N. y Yagi, A. (1996). High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in Aloe species. *Journal Chromatographic A* 747, 225231.
128. Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008a). Using polysaccharide-based coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT- Food science and technology*, 41, 1862 – 1870.
129. Ouattara, B., Simard, R., Piette, G., Bégin, A., & Holley, R. A. (2000). Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139 – 148.

130. Ozdemir, M., Floros, J. D. (2008). Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering*. 84, 116 – 123.
131. Padgett, T., Han, L. Y., & Dawson, P. L. (1998). Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Postharvest Biology and technology*, 14, 51 – 60.
132. Pagella, C., Spigno, G., De Faveri, D. M. (2002). Characterization of starch based edible coatings. *Trans IChemE*. 80, 193 – 198.
133. Park, S.; Marsh, K.; Dawson, P. 2010. Application of chitosan-incorporated LDPE film to sliced fresh red meats for shelf life extension. *Meat Sci*. 85, 493-499.
134. Parra, D., F., Tadini C., C., Ponce P., Lugão, A., B. (2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. *Carbohydrate polymers*, 58, 475 – 481.
135. Paull, R. E., and N. Chen. 1987. Changes in logan and rambutan during postharvest storage. *Hortiscience* 22(6):1303-1304.
136. Perez-Gago, M. B., & Krochta, J. M. (2002). Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein beeswax emulsion films. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 49 (2), 996 – 1002.
137. Phillips, D., Whitehead, A. y Kighton, R. (1991). Initiation and pattern of angiogenesis in wound healing in the rat. *American Journal of Anatomy* 192, 257-262.

138. Ponce, A. G., Roura S. I., del Valle C. E., Moreira M. R. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *in vitro* and *in Vivo* studies. *Postharvest Biology and Technology*, (49) 294 – 300.
139. Raafat, D.; Sahl, H. 2009. Chitosan and its antimicrobial potential-a critical literature survey. *Microb. Biotechnol.* 2, 186-201.
140. Rabea, E.; Badawy, M.; Stevens, C.; Smagghe, G.; Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromol.* 4(6), 1457-1465.
141. Ramachandra, C. y Srinivasa P. (2008). Processing of Aloe vera leaf gel: A review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3, 502510.
142. Ramirez miguel Á, Rodriguez Aida T, Alfonso Luis, Peniche Carlos, Chitin and derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Biotecnología Aplicada* v.27 n. 4; (2010) 270-276.
143. Ramírez, L., Plascencia, M., Huerta, S., Vázquez, H., Sharai, K. Obtención y caracterización de quitinas parcialmente desacetiladas mediante tratamiento biológico-químico. VIII Simposio Latinoamericano de polímeros, II Simposio Iberoamericano de Quitina México. Libro de resúmenes. (2002). 593-594.
144. Ramos-García, M. L., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28 (1), 44 – 57.

145. Rao, M.; Chander, R.; Sharma, A. 2005. Development of shelf-stable intermediate moisture meat products using active edible chitosan coating and irradiation. *J. Food Sci.* 70(7), 325-331.
146. Reynolds, T. (2004). *Aloes: The Genus Aloe. Medicinal and aromatic plants-industrial profiles* Editorial CPR Press LLC, Boca Raton, Florida.
147. Reynolds, T. y Dweck A. C. (1999). Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal Ethnopharmacology* 68, 3-37.
148. Reynolds T. The compounds in Aloe leaf exudates: a review. *Botanical Journal of the Linnean society* 1985; 90:157–177.
149. Rivero, R., Rodríguez, E., Menéndez, R., Fernández, J., Del Barrio, G. y González, M. (2002). Obtención y caracterización preliminar de un extracto de Aloe vera L. con actividad antiviral. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 7, 3238.
150. Rhazi, M.; Desbrieres, J.; Tolaimate, A.; Alagui, A.; Vottero, P. 2004. Investigation of different natural sources of chitin: influence of the Source and deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan. *PolymerInt.* 49(4), 337344.
151. Rodriguez-Bigas M, Cruz NI, Suarez A. Comparative evaluation of aloe vera in the management of burn wounds in guinea pigs. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81:386–389.
152. Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2009a). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology.* 20, 438 – 447.

153. Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT*. 41, 139 – 147.
154. Romanazzi G, Gabler FM and Smilanick JL, Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Dis* 90:445-450 (2006).
155. Romanazzi, G.; Nigro, F.; Ippolito, A.; Divenere, D.; Salerno, M. 2002. Effect of pre- and post harvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. *J. Food Sci.* 67(5), 1862-1867.
156. Saks, Y., & Barkai-Golan, R. (1995). *Aloe vera* gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Biology and Technology* 6, 159-165.
157. Sashiwa, H.; Saimoto, H.; Shigemasa, Y. 1990. Lysozyme susceptibility of partially deacetylated chitin. *Int. J. Biol. Macromol.* 12, 295-296.
158. Sastoque Cala L., Mercado Reyes M., Martínez Salgado, M., Quevedo Hidalgo, B., Pedrosa Rodríguez, A. Producción de quitinasas extracelulares con una cepa alcalofila halotolerante de *Streptomyces* sp. Aislada de residuos de camarón. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 6 N° 2 (2007).
159. Sebti, I., & Coma, V. (2002). Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. *Carbohydrate Polymers*, 49, 139–144.
160. Serrano M., Valverde J. M., Guillén F., Castillo S., Martínez-Romero D., Valero D. 2006. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 54: 3882-3886.

161. Shahidi F, Arachchi JKV and Jeon YJ, Food applications of chitin and chitosans. *Trends Food Sci Technol* 10:37–51 (1999).
162. Shelhammer, T. H., & Krochta, J. M. (1997). Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science*, 62 (2), 390 – 394.
163. Shigemasa, Y.; Saito, K.; Sashiwa, H.; Saimoto, H. 1994. Enzymatic degradation of chitins and partially deacetylated chitins. *Int. J. Biol. Macromol.* 16(1), 43-9.
164. Shrestha, A. K., Arcot, J., Paterson, J. L. (2003). Edible coating materials their properties and use in the fortification of rice with folic acid. *Food Research International*. 36, 921 – 928.
165. Souza, M. P., *et al.*, (2010). Polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. *Chemical papers*, 64 (4) 475 – 481.
166. Subasinghe, S. 1995. The development of crustacean and mollusc industries for chitin and chitosan resources. In: M. Zakaria, W. Wan-Muda, M. Abdullah (Eds.), *Chitin and chitosan*. Penerbit Universiti Kebangsaan., Malaysia. p. 2734.
167. Surjushe, A., Vasani, R. y Saple, D. G. (2008). Aloe vera: a short review. *Indian Journal Dermatology* 53, 163-166.
168. SSA, *NOM-092-SSA1-1994. Metodo para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. Available: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html> [15 December 2007].

169. SSA, *NOM-111-SSA1-1994. Metodo para la Cuenta de Mohos y Levaduras.en.Alimentos*. Available: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/11ssa14.html> [15 December 2007].
170. Suvitayavat, W. C., Sumrongkit C., Thirawarapan, S. y Bunyapraphatsara, N., (2004). Effects of Aloe preparation on the histamine-induced gastric secretion in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 90, 239-247.
171. Tan, S.; Tan, T.; Wong, S.; Khor, E. 1996. The chitosan yield of zygomycetes at their optimum harvesting time. *Carbohydr. Polym.* 30(4), 239-242.
172. Tanada-Palmu, P. S., Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology.* 36, 199 – 208.
173. Tharanathan, R.; Kittur, F.; 2003. Chitin-the undisputed biomolecule of great potential. *Crit. Rev. Food Sci.* 43(1), 61-87.
174. Tindle HA, Davis RB, Phillips RS, Eisenberg DM. Trends in use of complementary and alternative medicine by US adults: 1997–2002. *Altern Ther Health Med* 2005; 11:42–49.
175. THINDALL, D.; MENINI, G.; HODDER, J. 1994. Rambutan cultivation. *FAO Plant production and protection paper 121*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 163p.
176. Thompson, D., Harvey, A., Kazmi, M. y Stout, J. (1991). Fibrinolysis and angiogenesis in wound healing. *Journal of Pathology* 165, 311-318.

177. Tolaimate, A.; Desbrières, J.; Rhazi, M.; Alagui, A.; Vincendon, M.; Vottero, P. 2000. On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squid chitin. *Polymer*. 41, 2463-2469.
178. Tsai, G.; Su, W. 1999. Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Escherichia coli*. *J. Food Protect.* 62, 239-243.
179. Valverde J. M., Valero D., Martínez-Romero D., Guillén F., Castillo S., Serrano M. 2005. Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grapes quality and safety. *J. Agric. Food Chem.* 53:78077813.
180. Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A. 2011. Application of chitosan-sunflower oil edible films to pork meat hamburgers. *Procedia Food Sci.* 1, 39-43.
181. VARGAS, M.; QUESADA, P. 1996. Caracterización cualitativa y cuantitativa de algunos genotipos de mamón chino (*Nephelium lappaceum*) en la zona Sur de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit 29(2):41-49.
182. Váscquez, M., Flores, S., Campos, C., Alvarado, J., Gerschenson, L. (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*. 42, 762 – 769.
183. Vinson, J. A., Al Kharh y Adreoli, L. (2005). Effect of Aloe vera preparations on the human bioavailability of vitamins C and E. *Phytomedicine* 12, 760-765.
184. Viña, S. Z., Mudridge, A., García, M. A., Ferreyra R. M., Martino, M. N., Chaves, A. R., Zaritzky, N. E. (2007). Effects of polyvinylchloride and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry*, 103, 701 – 709.

185. Visuthikosol V, Chowchuen B, Sukwanarat Y, Sriurairatana S, Boonpucknavig V. Effect of aloe vera gel to healing of burn wound a clinical and histologic study. *J Med nAssoc Thai* 1995; 78:403–409.
186. Vogelzang JL. What you need to know about dietary supplements. *Home Healthcare Nurse* 2001; 19:50–52.
187. WALKER, T.E. 1988. *Nephelium lappaceum*- Rambutan. *In*: R.J. Gardner, S.H. Chaudri (eds.). *The propagation of tropical fruit trees*. C.A.B. International. Horticultural review No. 4. Farnham Royal, Slough, SL2 3BN, England. p. 518-529.
188. WATSON, J. 1988. Rambutan cultivars in north Queensland. *Queensland Agricultural Journal*. pp. 37-41.
189. Wiles, J.; Vergano, P.; Barron, F.; Bunn, J.; Testin, R. 2000. Water vapor transmission rates and sorption behavior of chitosan films. *J. Food Sci.* 65(7), 1175-1179.
190. Wu, J. H., Xu, C., Shan, C. Y., Tan, R. X. (2006). Antioxidant properties and PC12 cell protective effects of APS-1, a polysaccharide from *Aloe vera* var. *Chinensis*. *Life Sciences* 78, 622-630.
191. Yang, T-C.; Li, C-F.; Chou, C-C. 2007. Cell age, suspending medium and metal ion influence the susceptibility of *Escherichia coli* O157:H7 to water-soluble maltose chitosan derivative. *Int. J. Food Microbiol.* 113, 258-262.
192. Yaxcelys Caldera, Nikceli Clavel, Douglas Briceño, Asdrúbal Nava, Edixon Gutiérrez, Zulay Mármol. Quitosano como coagulante durante el tratamiento de

aguas de producción de petróleo. Boletín de Centro de Investigaciones biológicas. Vol. 43. (2009) 541-555.

193. Zakrzewska, A.; Boorsma, A.; Delneri, D.; Brul, S.; Oliver, S.; Klis, F. 2007. Cellular processes and pathways that protect *Saccharomyces Cerevisiae* cells against the plasma membrane-perturbing compound chitosan. Eukaryot. Cell 6, 600-608.

194. Zakrzewska, A.; Boorsma, A.; Brul, S.; Hellingwerf, K.; Klis, F. 2005. Transcriptional response of *Saccharomyces cerevisiae* to the plasma membrane-perturbing compound chitosan. Eukaryot. Cell. 4, 703-715.

195. Zhang, L. y Tizard, I.R. (1996). Activation of a mouse macrophage cell line by acemannan: the major carbohydrate fraction from Aloe vera gel. Immunopharmacology 35,119-128.

196. Zwietering M. H.2002. Quantification of microbial quality and safety in minimally processed foods. International Dairy Journal 12:263-271.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Esque de la prueba de aceptación.

Nombre: _____	Fecha: _____
Usted ha recibido dos muestras de arilo de Rambután. Pruebe primero la muestra A1 y después la muestra B1.	
Indique con una X cuál de las dos muestras prefiere.	
A1 _____	
B1 _____	
Comentarios: _____	

MUCHAS GRACIAS	

Fuente: (Castro, M.).

Anexo 2

Imágenes



FRUTOS DE RAMBUTÁN



DESINFECCIÓN DE LOS FRUTOS



ARILOS DE RAMBUTÁN (sin pericarpio)



PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE QUITOSANO



EXTRACCIÓN DEL GEL DE ALOE VERA



ARILOS SUMERGIDOS EN SOLUCIONES DE RECUBRIMIENTO



SECADO Y EMBALAJE DE LOS ARILOS



MUESTRAS ALMACENADAS EN LA CÁMARA CLIMÁTICA 4°C



ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE PESO



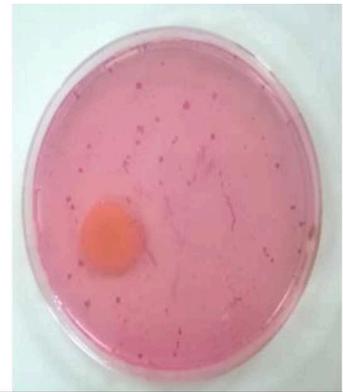
ANÁLISIS DE TEXTURA



ANÁLISIS DE ACIDEZ



ANÁLISIS DE pH



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



PRUEBA DE ACEPTACIÓN