



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

CENTRO DE ESTUDIOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS
ALIMENTOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN, TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS Y SUSTENTABILIDAD



Blgo. Jaime Sánchez Moreira

“Obtención del Quitosano a partir de exoesqueletos de camarón
Blanco *Penaeus vannamei* (Perez – Farfante, 1997), para la
preservación del Pimiento verde *Capsicum annum* (Kardos, 1897)
en la provincia de Manabí – Ecuador”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Luis Ayala Castro Ph. D.

MANTA

ECUADOR

2010

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E
INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN ALIMENTOS**

Los honorables miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación sobre el tema:

“Obtención del Quitosano a partir de exoesqueletos de camarón Blanco *Penaeus vannamei* (Perez – Farfante, 1997), para la preservación del Pimiento verde *Capsicum annuum* (Kardos, 1897) en la provincia de Manabí – Ecuador”

FIRMAS

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL_____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL_____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL_____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL_____

CERTIFICACIÓN

Como Director de la tesis **“Obtención del Quitosano a partir de exoesqueletos de camarón Blanco *Penaeus vannamei* (Perez – Farfante, 1997), para la preservación del Pimiento verde *Capsicum annuum* (Kardos, 1897) en la provincia de Manabí – Ecuador”** del Biólogo pesquero Jaime Sánchez Moreira.

Certifico: Haber orientado y supervisado el trabajo de investigación, el mismo que es producto de dedicación y perseverancia del autor, y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que los miembros del Consejo de Postgrado designen.

Manta, diciembre de 2010

**Dr. Luis Ayala Castro Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS**

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Las ideas, investigaciones, análisis, conclusiones, recomendaciones y resultados expuestos en el presente trabajo de investigación de tesis, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Blgo. Jaime Sánchez Moreira
MAESTRANTE

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Declaro que la presente tesis, cuyo tema es: **“Obtención del Quitosano a partir de exoesqueletos de camarón Blanco *Penaeus vannamei* (Perez – Farfante, 1997), para la preservación del Pimiento verde *Capsicum annuum* (Kardos, 1897) en la provincia de Manabí – Ecuador”**, es un trabajo investigado y desarrollado en su totalidad por el Blgo. Jaime Sánchez Moreira, bajo mi autoría.

Dejo constancia también de que una vez aprobado el informe final y realizada la sustentación de este trabajo de investigación, doy por cumplida mi labor como tutor de esta tesis.

Manta, diciembre de 2010

**Dr. Luis Ayala Castro Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS**

RESPONSABILIDAD EN EL INFORME FINAL

Los resultados y conclusiones obtenidas en este trabajo de investigación son de nuestra estricta responsabilidad y tienen como respaldo el derecho de los autores reconocidos en la bibliografía correspondiente.

Dr. Luis Ayala Castro Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

Blgo. Jaime Sánchez Moreira
MAESTRANTE

DEDICATORIA

Le dedico el presente trabajo de investigación, a Dios, mis padres
y hermanas, a mi esposa e hijo.

AGRADECIMIENTO

Quedo muy agradecido del presente trabajo de investigación, a las personas que hicieron posible que se realizara, a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a todo el cuerpo docente de la USACH de Chile, y al Dr. Luis Ayala Castro Ph.D.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, trata sobre la extracción de la quitina del caparazón del camarón del género *Penaeus vanamei* que se cultiva en la Provincia de Manabí – Ecuador, para su desprotección soluble e insoluble y su desmineralización, para luego aplicar una desacetilación parcial y transformarla en quitosano, y ser aplicado a superficies de pimientos del género *Capsicum annuum* que es cultivado también en Manabí.

Esta investigación, se realizó en la planta procesadora de camarón Gondi S.A. ubicada en la ciudad de Manta- Manabí, quienes facilitaron sus instalaciones y laboratorios para realizar los experimentos correspondientes.

Se aplicó la técnica de extracción de quitina desarrollada a nivel de laboratorio por Astudillo (1992) modificando la agitación según la etapa de procedimiento.

Se utilizaron en total 180 unidades de pimientos verdes y frescos de la especie *Capsicum annuum*, de los cuales se utilizaron 30 en cada evaluación mensual detalladas en este trabajo de investigación que fueron sumergidos en la solución protectora (quitosano), y 30 unidades más de las mismas características que no fueron sumergidos en la solución protectora, para

realizar la comparación entre estos pimientos y los que habían sido cubiertos con la capa protectora, y visualizar la madurez que presentaban con el pasar de los días, a temperatura ambiente entre 28° y 30° C y en un lugar abierto.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, fueron evaluados durante los meses de julio, agosto y septiembre del año 2007, tomando en consideración el estado de madurez, la apariencia, olor y coloración de la parte externa de los pimientos durante 15 días de cada mes.

Durante la evaluación de julio, los 30 pimientos sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez 7, mientras que los 30 pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez entre 4 y 5, a medida que avanzaba la respiración celular y la consecuente maduración.

En agosto, los 30 pimientos sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez entre 6 y 7, mientras que los 30 pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez entre 4 y 5.

En septiembre, los 30 pimientos que se utilizaron sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez 7, mientras que los 30 pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez entre 4 y 5.

Estos monitoreos se realizaron a una temperatura ambiente entre 29 a 30° C.

ABSTRACT

The present investigation work, tries on the extraction of the quitina of the shell of the shrimp of the gender *Penaeus vanamei* that is cultivated in the County of Manabí - Ecuador, for its soluble and insoluble desproteinización and its desmineralización, stops then to apply a partial desacetilación and to transform it in quitosano, and to be applied to surfaces of peppers of the gender *Capsicum annum* that is also cultivated in Manabí.

This investigation, was carried out in the plant shrimp procesadora Gondi CORP. located in the city of Blanket - Manabí who facilitated its facilities and laboratories to carry out the corresponding experiments.

The technique of quitina extraction was applied developed at laboratory level by Astudillo (1992) modifying the agitation according to the procedure stage. 100 units of green and fresh peppers of the species *Capsicum annum* was used, which were submerged in the solution protector (of quitosano), and 100 units more than the same characteristics that were not submerged in the solution protector, to carry out the comparison among these peppers and those

that had been covered with the layer protector, to visualize the maturity that you/they presented with spending of the days, to ambient temperature and in an open place.

The results obtained work presently, they were evaluated during the months of July and August of the 2007, taking in consideration the state of maturity, the appearance, scent and coloration of the external part of the peppers.

During the evaluation of July, the peppers without quitosano ended up presenting a state of maturity 7, while the peppers with quitosano, ended up obtaining a state of maturity 4, as it advanced the cellular breathing and the consequent maturation.

In August, the peppers without quitosano ended up presenting a state of maturity between 4 and 5, while the peppers with quitosano, ended up obtaining a state of maturity between 6 and 7.

In September, the peppers that were used without quitosano ended up presenting a state of maturity 4, while the peppers with quitosano, ended up obtaining a state of maturity between 6 and 7.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2. 1. Breve reseña histórica sobre el quitosano.....	4
2.2. Aplicaciones del quitosano.....	8
2.2.1. Química analítica.....	8
2.2.2. Biomedicina.....	9
2.2.3. Agricultura y ganadería.....	9
2.2.4. Cosméticos.....	9
2.2.5. Dietéticos.....	9
2.2.6. Industria.....	9
2.2.7. Tratamiento de agua.....	10
2.3. Caracterización fisicoquímica del quitosano.....	10
2.3.1. Determinación del grado de desacetilación.....	10
2.4. Características del pimiento verde.....	11
2.4.1. Caracterización físico-química del pimiento verde.....	12
2.4.2. Influencia del Etileno y el ambiente.....	13

2.4.2.1. Maduración.....	13
2.4.2.2. Fisiología de los productos frescos después de la cosecha.....	15
2.4.2.3. Respiración.....	16
2.4.2.4. Influencia del dióxido de carbono en la respiración.....	17
2.4.2.5. Transpiración o pérdida de agua.....	17
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	19
3.1. Materia prima, materiales.....	19
3.2. Reactivos.....	20
3.3. Metodología.....	20
4. OBTENCIÓN DE LA QUITINA EN EL LABORATORIO.....	20
4.1. Preparación de los reactivos.....	20
4.2. Determinación de la humedad.....	21
4.3. Obtención de quitina.....	21
4.3.1. Extracción de proteínas solubles.....	21
4.3.2. Extracción de sales minerales.....	23
4.3.3. Extracción de proteínas insolubles.....	23
4.3.4. Lavado de la quitina y de los productos obtenidos en las etapas intermedias.....	24
4.3.5. Desacetilación de la quitina.....	24
4.4. Obtención del Quitosano.....	24

5. RESULTADOS.....	25
5.1. Caracterización del quitosano y su importancia como película protectora.....	25
5.2. Valoración potenciométrica.....	25
5.3. Análisis potenciométrico.....	27
5.4. Características físico – químicas del quitosano obtenido.....	29
5.5. Cobertura de quitosano en pimientos.....	29
5.5.1. Grado de madurez en los pimientos verdes.....	30
6. CONCLUSIONES.....	34
7. RECOMENDACIONES.....	35
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
9. ANEXOS.....	37

1. INTRODUCCIÓN.-

La quitina es un biopolímero tipo polisacárido, considerado a menudo como un derivado de la celulosa, la diferencia se encuentra en el grupo hidroxilo del carbono 2, el cual en la quitina ha sido sustituido por el grupo acetamida y cuyo monómero es: 2 – acetamida- 2 deoxi – β -Dglucosa; la quitina es blanca, dura e inelástica. El quitosano es el derivado N-desacetilado de la quitina, por lo tanto, el quitosano es una amina primaria y su monómero es 2-amino-2-deoxi- β -D-glucosa. La quitina y el quitosano son comercialmente importantes debido a su alto contenido de nitrógeno (6,89 %). Además son recomendados como probables sustituyentes de los polímeros sintéticos debido a que éstos tienen excelentes propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad, toxicidad nula, etc.

La quitina ($\beta(1-4)$ -2-acetamido-2-deoxi-D-glucosa), es obtenida generalmente por un tratamiento químico de exoesqueletos de macro crustáceos, entre ellos el camarón, (también se encuentra en insectos, moluscos y hongos). El quitosano ($\beta(1-4)$ -2-amino-2-deoxi-D-glucosa), se obtiene por modificación química de la quitina, la cual es tratada con una solución alcalina concentrada y caliente, el polímero que se obtiene, posee un comportamiento marcadamente básico debido al grupo amino libre en su estructura, lo cual además le proporciona ciertas características fisicoquímicas de gran interés industrial.

La quitina es fácil de obtener del exoesqueleto de camarones o cangrejos, para ello se requiere un tratamiento químico con el fin de remover los pigmentos, las sales, tales como el carbonato de calcio y las proteínas que se encuentran asociadas con ella.

La obtención de quitosano se realiza por medio de un tratamiento con álcali concentrado y caliente, con el fin de retirar la mayor cantidad de unidades acetilo de la estructura del polímero.

La producción industrial de quitina y quitosano, se realiza por lo general a partir de exoesqueletos de cangrejo y camarón, desechados de las industrias pesqueras y alimentarias.

Para producir 1 kg de quitosano con grado de desacetilación del 70% se requiere 6,3 kg de HCl, 1,8 kg de NaOH, 0,5 toneladas de agua de proceso y 0,9 toneladas de agua para enfriamiento. La quitina y el quitosano son producidos comercialmente en diversos países como se detallan en la Tabla 1.1.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al caracterizar el quitosano obtenido por modificación de la quitina extraída de exoesqueletos de camarón, para crear un film que se utilizó en las superficies de pimiento verde para su protección antimicótico y su correspondiente preservación. Los resultados obtenidos indican que el quitosano producido cumple con los estándares de grado de desacetilación aceptados para la aplicabilidad industrial de dicho material.

Continente	País	Compañía
América	EE.UU.	Chitogenica, Ltd.
		Biopolymer Technologies Inc.
		Biopolymer Engineering, Inc.
		Carbomer, Inc.
		DVC, Inc.
		Amerchol. Inc.
		Vanson Haloresource, Inc.
		V-labs, Inc.
		Frro Pfanstiehl Labs, Inc.
		Biosytech
	Synthecon, Inc.	
	EE.UU. y Canadá	AIDP, Inc.
Chile	Biotex S.A.	
	Bioagro Ltd.	
Europa	Islandia	Pimex ehf.
	Bélgica	KitoZyme
	Alemania	Kraeber Gmbh
	Suecia	Carmeda AB
Asia	Japón	NipponSuisan Co. Ltd.
		Lion Coporation Inc.
		Katakura Dhikkarin, Ltd.
		Katokichi Co. Ltd.
		Kyowa Technos Co. Ltd.
		Anishiseika Colour and Chemical Manufacturing Co.
	China	Zhongshi Intl. Inc.
		Weiai Intl. Technical Coop. Shandong
		Fuzhou Corona Science and Technology Development Co. Ltd.
		Jinan Haidebei Marine
		Wanglog Chemicals
		Qingdao Jiaonan Bright Moon Seaweed Industrial Co. Ltd.
		Tailandia
	Rusia	Vostok-Bor Company
	Corea	Jakwang Co. Ltd.
		Dalwoo-Chito san

Tabla. 1.1.- Principales empresas productoras o comercializadoras de quitina, quitosano o sus derivados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.-

2. 1. Breve reseña histórica sobre el quitosano.-

Por su amplia distribución en la naturaleza la quitina es el segundo polisacárido en abundancia, después de la celulosa. Fue descubierta por Braconnot en 1811 cuando estudiaba las sustancias derivadas del hongo *Agaricus volvaceus*. Posteriormente Odier, en un artículo sobre insectos reportó que había encontrado en algunos insectos la misma sustancia que forma la estructura de las plantas, llamándola “quitina” (del griego *tunic*, envoltura). Payen, en 1943, inició una controversia que duró varias decenas de años sobre las diferencias entre la quitina y la celulosa, en parte porque se pensaba que la presencia de nitrógeno reportada en algunas investigaciones, se debía a residuos de proteínas que no podían ser completamente eliminados de las muestras.

El nombre químico de la quitina es β (1-4)-2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa. Se encuentra principalmente en los exoesqueletos de crustáceos e insectos, así como también en las paredes celulares de muchos hongos, levaduras y algas. La quitina es completamente insoluble en agua o en medio ácido inorgánico. Su estructura química es la siguiente:

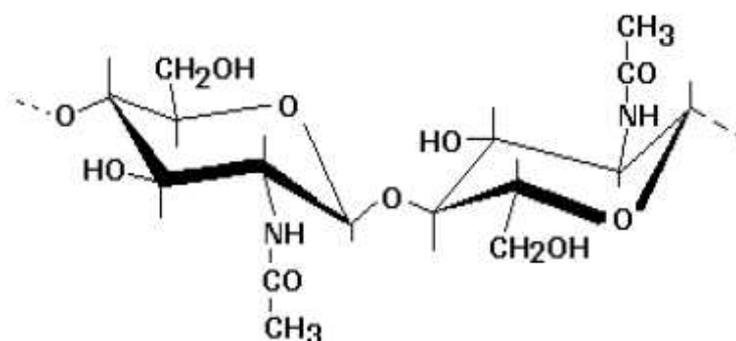


Figura 2.1.- Unidad repetitiva de la quitina correspondiente a monómeros de glucosaminas y acetilglucosaminas.

Fuente: Revista Iberoamericana de polímeros.

Por su parte, el quitosano es también un polisacárido que se encuentra en estado natural en las paredes celulares de algunos hongos; sin embargo, su principal fuente de producción es la hidrólisis de la quitina en medio alcalino, usualmente en hidróxido de sodio o de potasio, a altas temperaturas. El quitosano fue descubierto por Rouget en 1859, quien encontró que al tratar quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio se obtiene un producto soluble en ácidos orgánicos. Esta “quitina modificada”, como él la llamó, se tornaba de color violeta en soluciones diluidas de yoduro y ácido, mientras la quitina era verde. Más tarde, en 1894, fue estudiada por Hoppe-Seyler quién la denominó “quitosano” (también se conoce como quitosana en algunos lugares, *chitosan* en inglés). En el siguiente esquema se aprecian los pasos elementales en la obtención del quitosano:

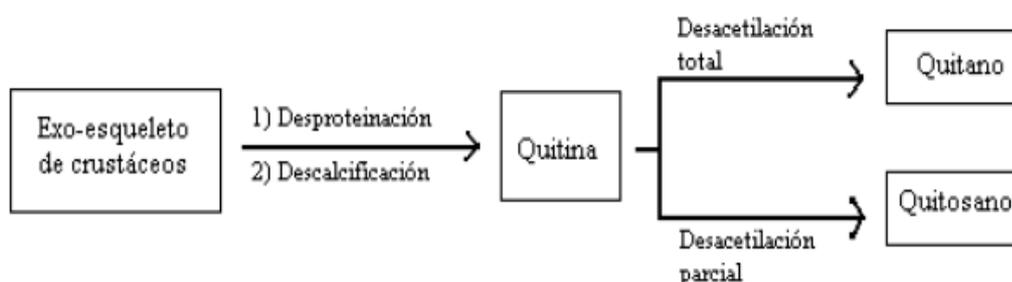


Figura 2.2.- Esquema elemental de la producción de los derivados de la quitina.

Fuente: Revista Iberoamericana de polímeros.

La desacetilación completa de la quitina produce un material totalmente soluble en medio ácido conocido como quitano; sin embargo, cuando la desacetilación del material de partida es incompleta se crea una mezcla de cadenas que tienen distintas proporciones de unidades $\beta(1-4)$ - 2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa y $\beta(1-4)$ -2-amino-2-desoxi-D-glucosa, cuya relación depende de las condiciones de reacción y que, obviamente, genera materiales con distintas propiedades denominados quitosanos. La diferencia en las propiedades de estos materiales puede llegar a ser notable, como por ejemplo, la distinta solubilidad en medio acuoso que puede llegar a tener. Las estructuras químicas del quitano y el quitosano se muestran a continuación:

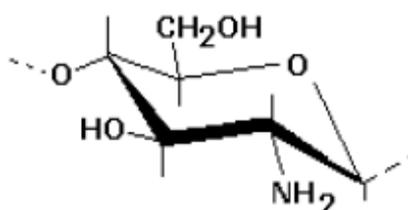


Figura 2.3.- Unidad repetitiva, denominada glucosamina, de la poliglucosamina, llamada comúnmente quitano.
Fuente: Revista Iberoamericana de polímeros.

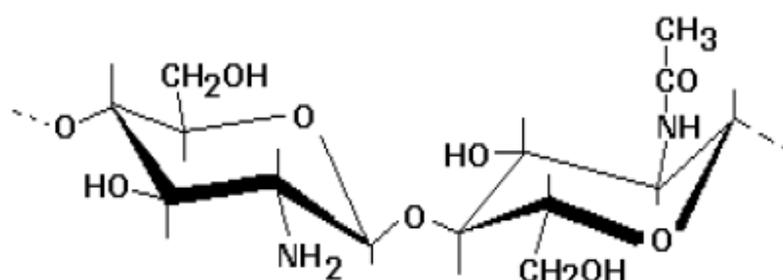


Figura 2.4.- Unidad repetitiva del quitosano.

Fuente: Revista Iberoamericana de polímeros.

La presencia de grupos aminos en la cadena polimérica ha hecho del quitosano uno de los materiales más versátiles que se estudian desde hace ya mucho tiempo, por la posibilidad de realizar una amplia variedad de modificaciones, tales como las reacciones de anclaje de enzimas, reacciones de injerto, obtención de películas entrecruzadas, etc., de las cuales se obtienen materiales con propiedades adecuadas para aplicaciones inmediatas y futuras en biotecnología, biomedicina, agricultura, etc.

Para finalizar esta breve reseña histórica es importante recalcar la febril actividad que se desarrolla en torno a estos materiales, lo que se ha traducido en la realización de congresos, simposios, conferencias, etc., dedicados exclusivamente a ellos. Su importancia adquirió matiz internacional como materiales poliméricos de primer orden, especialmente por su biodegradabilidad. Ya desde los finales de los años setenta, cuando se publicó el libro de “*Chitin*” de R.A. Muzarelli, en 1977 y se realizó la Primera Conferencia Internacional sobre Quitina y Quitosano en 1978. También en Iberoamérica se ha venido trabajando con el quitosano y en el 2000 se celebró en La Habana (Cuba) el Primer Simposium Latinoamericano de Quitina y Quitosano, en el marco del XI Simposio Latinoamericano de Polímeros (SLAP).

2.2. Aplicaciones del quitosano.-

Dado el gran número de trabajos que existen sobre este versátil material es conveniente realizar una clasificación por área sobre las aplicaciones que se le han ido dando. A continuación se presentan algunas de ellas:

2.2.1. Química analítica: aplicaciones cromatográficas, intercambiadores de iones, absorción de iones de metales pesados y absorción de ácidos, fabricación de electrodos específicos para metales, etc.

2.2.2. Biomedicina: membranas de hemodiálisis, suturas biodegradables, sustituyentes artificiales de la piel, agente cicatrizante en quemaduras, sistemas liberadores de fármacos, liberación de insulina, transporte de agentes anticancerígenos, tratamiento de tumores (leucemia), control del virus del SIDA, etc.

2.2.3. Agricultura y ganadería: recubrimiento de semillas para su conservación durante el almacenamiento, sistemas liberadores de fertilizantes, aditivo para alimento de animales, en formulación de pesticidas, etc.

2.2.4. Cosméticos: Espumas de afeitarse, cremas para la piel y el cuerpo.

2.2.5. Dietéticos: Adelgazantes (existe una amplia variedad de productos comerciales que ofrecen quitosano como atrapador de grasas en el estómago).

2.2.6. Industria: del papel, textil, alimentaria (soporte para inmovilización de enzimas en la producción de maltosa, espesante en alimentos, agente de oxidación controlada, agente preservante).



Figura 2.5.- Algunos productos del quitosano de uso dietético y cosmético que se encuentran en el mercado.

Fuente: Revista Iberoamericana de polímeros.

2.2.7. Tratamiento de agua: agente floculante, agente coagulante, tratamientos de flotación para la remoción de aceite de pescado en agua, agentes filtrantes para piscinas, remoción de metales, remoción de surfactantes, etc.

2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL QUITOSANO.-

2.3.1. Determinación del grado de desacetilación (gda): normalmente los estudios de caracterización del quitosano se centran en la determinación de su grado de desacetilación.

En ese sentido hay una serie de métodos que ya se han hecho rutinarios para éste propósito, uno de los más utilizados es la valoración titulométrica de los grupos

aminos, para lo cual se pueden utilizar distintas formas de determinación del punto final. En la Figura 2.6 se puede observar una titulación conductimétrica típica para distintas cantidades de quitosano disuelto en HCl.

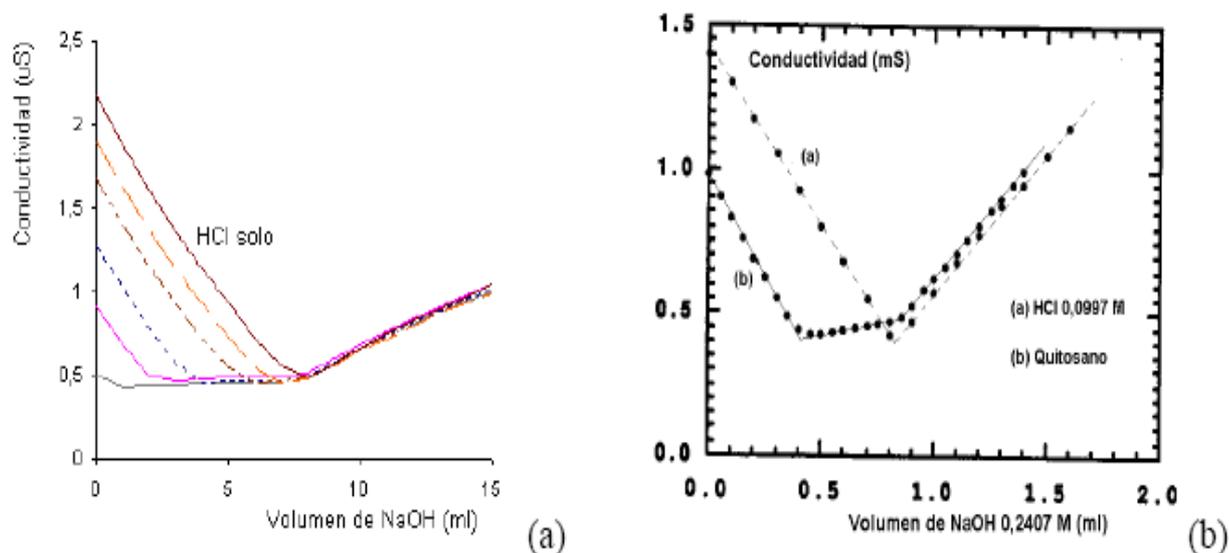


Figura 2.6.- (a) Titulación conductimétrica de quitosano para diversas cantidades iniciales del biopolímero (b) detalle de la titulación de una muestra particular.

2.4. CARACTERISTICAS DEL PIMIENTO VERDE.-

El pimiento, ají, chile, o morrón (*Capsicum annuum*), cuyo nombre original es el de "Chile", que proviene del nahuatl; es una especie del género *Capsicum*, muestra una piel de diferentes colores: rojo, verde, amarillo, púrpura, etc. Es originario de Sudamérica y cultivado mundialmente. A pesar de ser una sola especie, el *C. annuum*

tiene varias formas, con una variedad de nombres, incluso dentro de un mismo idioma. Sus características son variadas, de tamaños pequeños a grandes, y de dulces a agrios. El pimiento verde tiene poco (o muy escaso) contenido en capsaicina.



Figura 2.7.- Fotografía del Pimiento verde cultivado en Ecuador (*Capsicum annuum*).

Fuente: Autor de tesis

2.4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL PIMIENTO VERDE.-

Agua 94%

Hidratos de carbono 3,7%

Lípidos 0,2%

Proteínas 0,9%

Sodio 0,5 mg/100 g

Calcio 12 mg/100 g

Hierro 0,5 mg/100 g

Potasio 186 mg/100 g

Fósforo 26 mg/100 g

Ácido ascórbico (Vit. C) 131 mg/100 g

Retinol (Vit. A) 94 mg/100 g

Tiamina (Vit. B₁) 0,05 mg/100 g

Riboflavina (Vit. B₂) 0,04 mg/100 g

Ácido fólico (Vit. B₃) 11 microgramos/100 g

2.4.2. INFLUENCIA DEL ETILENO Y EL AMBIENTE.-

2.4.2.1. Maduración.-

La vida de un fruto como el pimiento, empieza con la fertilización de los óvulos de una flor, después de la fertilización pasa a un período corto de división celular la cual es seguida por un rápido período de crecimiento. Durante la etapa final de crecimiento y desarrollo las frutas alcanzan su tamaño completo. Desde la fertilización hasta el desarrollo requiere de 45 a 55 días dependiendo del tipo de cultivo y los factores climáticos. Durante el período de crecimiento y desarrollo, hay muchos cambios físicos y químicos que tienen un impacto en la calidad de la fruta y manejo de la maduración después de ser cosechada. La maduración es el paso final del proceso, cuando la fruta cambia el color y desarrolla el sabor, textura y aroma que hace lo que nosotros definimos como calidad óptima de consumo. El agente biológico llamado etileno, el

cual es producido naturalmente inicia este proceso de maduración después que la fruta está completamente desarrollada. Esta hormona de la planta fue descrita y entendida hace más de 40 años. Mientras existen otros factores envueltos en la estimulación del proceso de maduración usando etileno, esto es esencialmente una hormona universal de maduración. Cuando esta interna concentración de producción natural de etileno aumenta alrededor de 0,1 – 1,0 ppm, el proceso de maduración es iniciado irreversiblemente. El etileno puede promover la maduración de los pimientos, una indicación clara que la acción del etileno es general y extendida entre un número de frutas. Es claro que el etileno es una hormona que hace posible la maduración, una sustancia química producida por algunas frutas con el específico fenómeno biológico de acelerar el proceso de maduración de la fruta y envejecimiento.

Muchas frutas producen grandes cantidades de etileno y resulta en una maduración uniforme cuando es expuesta a una fuente externa de etileno. La adición externa de etileno en forma gaseosa para acelerar el proceso de maduración es una práctica muy usada. El proceso normal de la maduración del pimiento, el cual incluye el cambio de pigmento, la pérdida de la clorofila verde y conversión a pigmentos rojos puede ser acelerado y dar resultados más rápidos si se aplica etileno externamente, pero este es un proceso normal. Realmente se benefician algunos componentes de calidad nutritiva, como la vitamina C, ya que la fruta será consumida a corto tiempo después que fue cosechada debido al tratamiento de etileno, y por consiguiente, el nivel inicial no

tomará tanto tiempo. El etileno es usado comercialmente solo en algunas cosechas, incluyendo bananas, mangos, piñas y pimientos.

Mientras que el etileno es invaluable debido a su habilidad para iniciar el procesamiento de maduración, en muchas frutas, este puede también ser muy dañino para muchas otras, vegetales, flores, ya que acelera el proceso de envejecimiento, disminuyendo así la calidad del producto y duración. El grado de daño depende de la concentración de etileno, tiempo que ha sido expuesto y temperatura del producto. Uno de los siguientes métodos, debe ser usado para asegurar que los productos sensitivos al etileno no sean expuestos al mismo, frutas que produzcan etileno como manzanas, bananas, etc. Deberán estar situados separadamente de los que son sensibles al etileno, además etileno es emitido también por motores que usan propano, diesel y gasolina.

2.4.2.2. Fisiología de los productos frescos después de la cosecha.-

Las plantas verdes en crecimiento utilizan la energía de la luz solar que reciben sus hojas para fabricar azúcares combinando el dióxido de carbono del aire con el agua absorbida del suelo a través de las raíces. Este proceso se conoce con el nombre de fotosíntesis. La planta almacena esos azúcares sin elaborarlos o combina las unidades de azúcar en largas cadenas para formar almidón. Los azúcares y almidones, llamados hidratos de carbono, se almacenan en diversas partes de la planta, a la que proporcionan posteriormente la energía que necesita para seguir desarrollándose y reproducirse. Las raíces y tubérculos almacenan las féculas durante el período de

inactividad para poder aportar, al término de éste, la energía necesaria para la reanudación del crecimiento. En ambos casos la energía para el crecimiento se libera a través del proceso de respiración, que tiene lugar en las plantas, antes y después de la cosecha. Antes se hizo referencia al deterioro fisiológico como una de las causas de pérdidas de productos frescos después de la cosecha. Cuando se recolectan los productos frescos los procesos vitales continúan, aunque en forma modificada. Teniendo en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, los productos han de utilizar sus reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y a la putrefacción. Aunque no los ataque los organismos causantes de la putrefacción, ese proceso natural de deterioro termina haciéndolos inaceptables como alimentos. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración.

2.4.2.3. Respiración.-

La respiración es el proceso por el que las plantas absorben oxígeno y desprenden CO_2 . El O_2 descompone los hidratos de carbono de la planta en dióxido de carbono y agua. Esa reacción produce energía en forma de calor.

La respiración es una reacción básica de toda la materia vegetal, tanto en los campos como después de la cosecha. En la planta en crecimiento, el proceso se prolonga sin

interrupción mientras las hojas sigan fabricando hidratos de carbono, y no puede detenerse sin dañar la planta o al producto cosechado.

Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua una vez recolectados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenado y se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto.

2.4.2.4. Influencia del dióxido de carbono en la respiración.-

Cuando, por disminuir la disponibilidad de aire, el producto no está suficientemente ventilado, se acumula a su alrededor el dióxido de carbono. El aumento de la concentración de ese gas en la atmósfera hasta valores comprendidos entre el 1 y el 5% estropea rápidamente el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna, detención del proceso de maduración y otras condiciones fisiológicas anormales. La ventilación adecuada del producto tiene pues, una importancia fundamental.

2.4.2.5. Transpiración o pérdida de agua.-

La mayoría de los productos frescos contienen en el momento de la cosecha del 65 al 95% de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua.

Esta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas como vapor de agua.

El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente en el interior de éstas, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener el contenido de agua de la planta. La falta de agua hace que las plantas se deshidraten, y puede provocar la muerte.

La superficie de todas las plantas está cubierta por una capa cerosa o suberosa de piel o cáscara que limita la pérdida de agua. La pérdida natural de agua de la planta solo se produce a través de unos poros minúsculos que son más numerosos en las hojas. Los poros de la superficie de la planta pueden abrirse y cerrarse en función de los cambios de las condiciones atmosféricas a fin de controlar la pérdida de agua y de mantener firmes las partes en crecimiento.

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra, y tiene que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos frescos, después de la cosecha constituye un serio problema, que da lugar a mermas y a pérdidas de peso. Cuando el producto recolectado pierde de 5 a 10% de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. Para prolongar la vida útil del producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.-

Se procedió a realizar pruebas con exoesqueletos de camarón Blanco *Penaeus vannamei* criado en la provincia de Manabí, clase 120 a 150 de 7,7 g (120 a 150 unidades/kg). Las experiencias se realizaron en el laboratorio de la empresa GONDI S.A., quienes facilitaron los equipos y reactivos. Se obtuvieron resultados parecidos que se describirán en la parte de la metodología.

3.1. MATERIA PRIMA, MATERIALES.-

- Exoesqueletos de camarón Blanco del género *Penaeus vannamei*.
- Balanza gramera de 2,5 KG +/- 0,05 GR.
- Plato calentador con agitador magnético.
- Termómetro digital -10 a 200° C.
- Vasos de precipitación de 250, 500 y 1000 ml.
- Matraces aforados de 250 ml.
- Embudos plásticos.
- Papel filtro # 8.
- Probetas de 100 ml.
- Pipetas de 5 y 10 ml.
- Tirillas de papel pH con escala de 0 a 14.
- Estufa de 0° a 100° C.
- Espátulas.

3.2. REACTIVOS.-

- Hidróxido de sodio (Q.P.) en escamas con 98% de pureza.
- Acido clorhídrico 1 y 2 Normal.
- Agua destilada.

3.3. METODOLOGÍA.-

El método que se utilizó en el presente trabajo para extraer la quitina de exoesqueletos de camarón blanco, fue el de Rubilar (1994) y Astudillo (1992) en su tesis sobre la optimización de variables para la obtención de quitina y quitosano a partir de desechos de krill antártico (*Euphausia superba*) y la caracterización de los productos finales.

4. OBTENCIÓN DE LA QUITINA EN EL LABORATORIO.-

4.1. PREPARACIÓN DE REACTIVOS.-

Hidróxido de sodio al 0,5%: Se pesó 0,5 g de NaOH y se llevó a un volumen de 100 ml con agua destilada.

Acido clorhídrico 1 N: Se tomó de una ampolla estandarizada de 1N de HCl y se enrasó hasta 1 litro con agua destilada.

Acido clorhídrico 2 N: se tomó de una ampolla estandarizada de 2N de HCl y se enrasó hasta 1 litro con agua destilada.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.-

Se procedió a determinar la humedad de la muestra de exoesqueletos de camarón blanco utilizando el método de la estufa a 105° C por 4 horas obteniéndose los siguientes resultados:

Humedad de muestra molida: 75,38%

Humedad de muestra sin moler: 76,12%

(Anexo 1)

4.3. OBTENCIÓN DE LA QUITINA.-

4.3.1. EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS SOLUBLES.-

La obtención de la quitina se realizó en un recipiente de 200 ml de capacidad operacional, calentado con vapor/agua, dependiendo del proceso. La temperatura fue controlada con un termómetro digital. El peso de la muestra de exoesqueletos fue de 80 gramos iniciales, que fueron lavados por tres ocasiones y secados en estufa a una temperatura de 90° C, luego se molieron.

Se empleó el protocolo desarrollado a nivel de laboratorio por Astudillo 1992, modificando la agitación solamente para obtener los índices señalados en la Tabla 4.1.

PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	AMBIENTE
pH DE OPERACIÓN (**)	10,5
TIEMPO DE OPERACIÓN	0,5 [h]
RAZÓN SÓLIDO / LÍQUIDO	1/25[p/p]
AGITACIÓN	350 [rpm]

** = Ajustado con NaOH técnico.

Tabla 4.1.- Parámetros de proceso optimizado para la extracción de proteínas solubles a nivel piloto.

Luego de haber extraído las proteínas solubles de la muestra, se realizó una decantación para desechar el líquido y trabajar con el sólido restante del cual se obtuvo un peso de 58 g. Luego se procedió a la extracción de las sales minerales.

4.3.2. EXTRACCIÓN DE SALES MINERALES.-

Se emplearon las condiciones establecidas previamente por Astudillo 1992. (Tabla 4.2).

PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	AMBIENTE
CONCENTRACIÓN DE HCl	2,0 [N]
TIEMPO DE REACCIÓN	0,5 [h]
RAZÓN SÓLIDO / LIQUIDO	1/25[p/p]
AGITACIÓN	350 [rpm]

Tabla 4.2.- Parámetros de proceso optimizado para la desmineralización a nivel piloto.

Luego del proceso de desmineralización, se decantó la muestra resultante para separar el líquido y trabajar con el sólido, del cual se obtuvo un peso de 55 g. luego de este proceso se procedió a realizar la extracción de proteínas insolubles de la muestra.

4.3.3. EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS INSOLUBLES.-

Se emplearon las condiciones establecidas previamente por Astudillo 1992, incorporando antiespumante. Los parámetros se indican en la Tabla 4.3.

PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	95-98[oC]
CONCENTRACIÓN DE NaOH	4,0% [p/p]
TIEMPO DE REACCIÓN	2,5 [h]
RAZÓN SÓLIDO / LIQUIDO	1/25[p/p]

Tabla 4.3.- Parámetros de proceso optimizado para la extracción de proteínas insolubles a nivel piloto.

Luego de haber extraído las proteínas insolubles, en la estufa con una temperatura de 98° C durante 2,5 horas, se procedió a retirar la muestra y se dejó enfriar durante 15 minutos y se realizó el lavado de la Quitina.

4.3.4. LAVADO DE LA QUITINA Y DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN LAS ETAPAS INTERMEDIAS.-

Los productos provenientes de las etapas intermedias, se recuperan por filtración a través de una malla plástica de 0,5 mm de apertura y se lavan tres veces con un volumen de agua equivalente a 25 veces el peso seco de cada producto.

4.3.5. DESACETILACIÓN DE LA QUITINA.-

La quitina obtenida se desacetiló con NaOH al 50% a 100° C en baño de aceite, luego el líquido sobrenadante se descarta y se trabaja con el sólido remanente, luego este sólido se lava con abundante agua destilada para eliminar el acetato de sodio producido por la desacetilación de la quitina y la posible presencia de trazas de hidróxido de sodio que no hubieran reaccionado con la quitina.

4.4. OBTENCIÓN DEL QUITOSANO.-

Luego de la desacetilación de la quitina, el sólido obtenido (quitosano) se seca a 50° C durante 6 horas, después de este proceso está listo para ser utilizado.

Una vez obtenido el quitosano, se procedió a disolverlo en ácido acético al 2%, para crear una solución que se utilizó en el recubrimiento de los pimientos utilizados en el presente trabajo, con la finalidad de formar una capa protectora y así poder determinar el grado de eficacia en el retardo de la maduración de los mismos.

5. RESULTADOS.-

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL QUITOSANO Y SU IMPORTANCIA COMO PELÍCULA PROTECTORA.-

Para realizar la caracterización del quitosano obtenido se utilizó el método potenciométrico descrito en el trabajo realizado por Parada (2004), el cual se comparó con 500 mg de quitosano de grado comercial.

5.2. Valoración potenciométrica.-

Las mediciones se realizaron con potenciómetro marca OAKTON modelo 35686. Para mediciones precisas fue necesario calibrar este aparato. Las soluciones tampones utilizadas en el calibrado tenían los siguientes valores de pH: 7.01, 4.01, y 10.1., para la determinación del contenido de grupos amino de las dos muestras de quitosano (la muestra 1 corresponde al producto comercial y la muestra 2 corresponde al producto obtenido en este trabajo) se procedió a la disolución de 0,5g de cada uno de ellos por separado en 20 ml de HCL 0,3 M.

A continuación se titula con una solución de NaOH 0,1 M, la cual ha sido valorada previamente por biftalato de potasio como patrón primario.

La valoración se lleva a cabo midiendo el cambio de pH cada 2 ml de base añadida, la adición se realizó de forma lenta y con agitación continua para homogenizar la solución y evitar errores debidos a la posible precipitación del biopolímero. Las medidas se realizaron dos veces para cada muestra.

5.3. Análisis potenciométrico.-

El contenido de grupos amino en las muestras de quitosano se determinó por titulación potenciométrica. Para ello se disolvió el polímero en ácido clorhídrico y se valoró la mezcla con hidróxido de sodio, tal y como se describió previamente. Los resultados de la valoración se muestran en los gráficos de las figuras 5.1 y 5.2, para la muestra comercial y la obtenida en laboratorio respectivamente. En ambos casos se produjo una curva de titulación con dos puntos de inflexión, cuyos valores se determinaron según el criterio de la primera derivada.

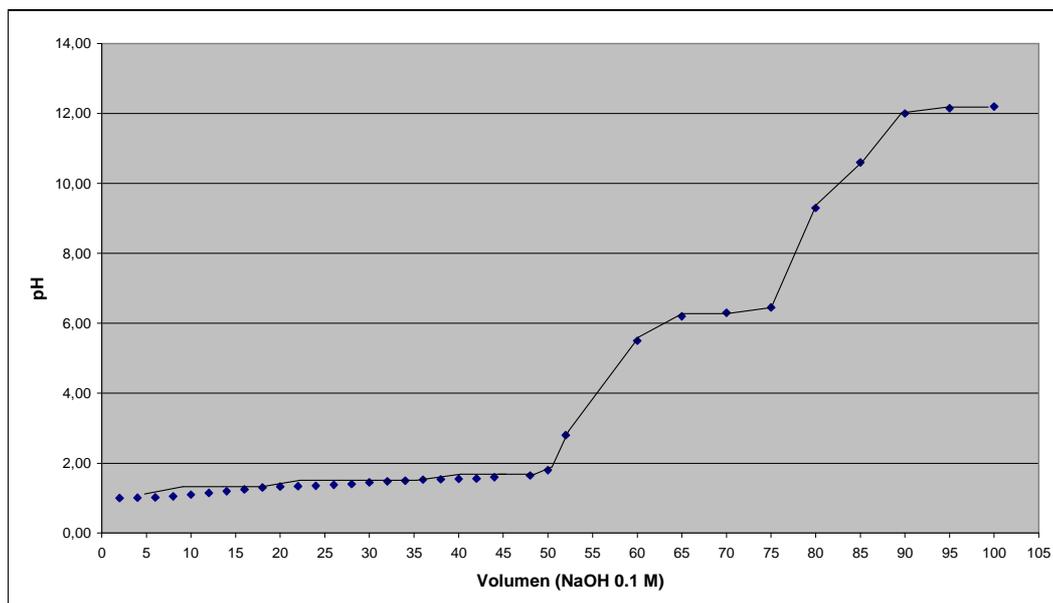


Figura 5.1.- Curva de titulación para el quitosano comercial, los máximos corresponden a los puntos de inflexión.

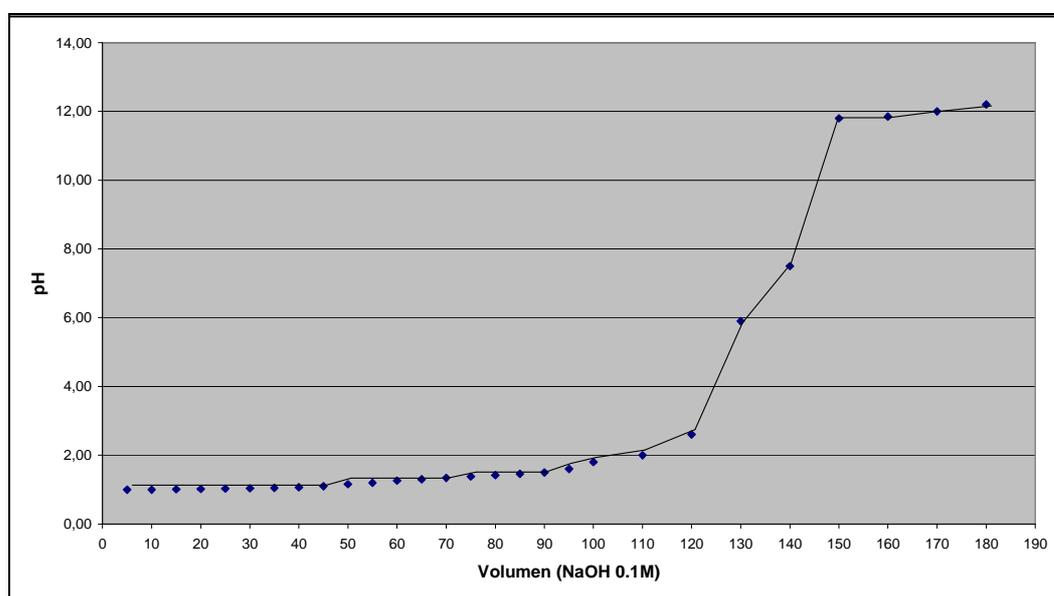


Figura 5.2.- Curva de titulación para el quitosano obtenido, los máximos corresponden a los puntos de inflexión.

La diferencia entre los dos puntos de inflexión en la curva de titulación, corresponde a la cantidad de ácido requerido para protonar los grupos amino del quitosano, la concentración de éstos se determina utilizando la expresión:

$$\% NH_2 = \frac{16,1 (y-x)}{w} f$$

Donde y es el punto de inflexión mayor, x corresponde al punto de inflexión menor, ambos expresados como volúmenes, f es la molaridad de la solución de hidróxido de sodio, w es el peso de la muestra en gramos y 16,1 es un valor relacionado con el peso equivalente del quitosano.

El análisis se realizó por duplicado, habiéndose obtenido los resultados que se presentan en la tabla 5.1., donde la proporción de grupos amino es mayor en el quitosano obtenido que en la muestra comercial, lo que es indicativo de que el método de síntesis utilizado permite la obtención de un producto altamente desacetilado.

Muestra	y (ml)	x (ml)	y-x (ml)	NH₂ (%)
Quitosano comercial	76	52	21	77,28
Quitosano obtenido	150	122	25	90,16

Tabla 5.1.- Porcentajes de desacetilación del Quitosano.

5.4. Características físico – químicas del quitosano obtenido.-

Se procedió a realizar la caracterización físico-química del quitosano obtenido demostrando los siguientes resultados:

Nitrógeno (Kjeldahl) 7,32 %

Humedad (infrarrojo a 105° C) 3,50 %

Cenizas (Mufla a 550° C) 0,10 %

5.5. COBERTURA DE QUITOSANO EN PIMIENTOS.-

Se utilizaron en total 180 unidades de pimientos verdes y frescos de la especie *Capsicum annuum*, de los cuales 30 fueron utilizados en cada evaluación mensual detalladas en este trabajo de investigación, que fueron sumergidos en la solución protectora (quitosano), y 30 unidades más de las mismas características que no fueron sumergidos en la solución protectora, para realizar la comparación entre estos pimientos y los que habían sido cubiertos con la capa protectora, y visualizar la madurez que presentaban con el pasar de los días, a temperatura ambiente entre 28° y 30° C y en un lugar abierto.

5.5.1. GRADO DE MADUREZ EN LOS PIMIENTOS VERDES.-

Para medir el grado de madurez se tomaron los patrones de las diferentes etapas de maduración utilizadas por el departamento de agricultura de los EEUU, estándares de coloración aprobados desde el año 1991 que determina su apariencia externa, tabla 5.2

Etapas de Madurez	Apariencia Externa
1 - Verde	No hay cambios externos de color
2 - Rompimiento (breaker)	No hay más del 10 % de cambio de color
3 - Cambio de color (turning)	Más del 10% de cambio de color, pero no más del 30%
4 - Rosado	Más del 30% de cambio de color, pero no más del 60%
5 - Rojo claro	Más del 60% de cambio de color, pero no más del 90%
6 - Rojo	Más del 90% de cambio de color
7 - Rojo intenso	Maduración completa

Tabla 5.2.- Estándares de coloración para pimientos según su etapa de madurez.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, fueron evaluados durante los meses de julio y agosto del 2007, tomando en consideración el estado de madurez, la apariencia, olor y coloración de la parte externa de los pimientos durante 15 días de cada mes. Los resultados se resumen en las figuras 5.3, 5.4, y 5.5:

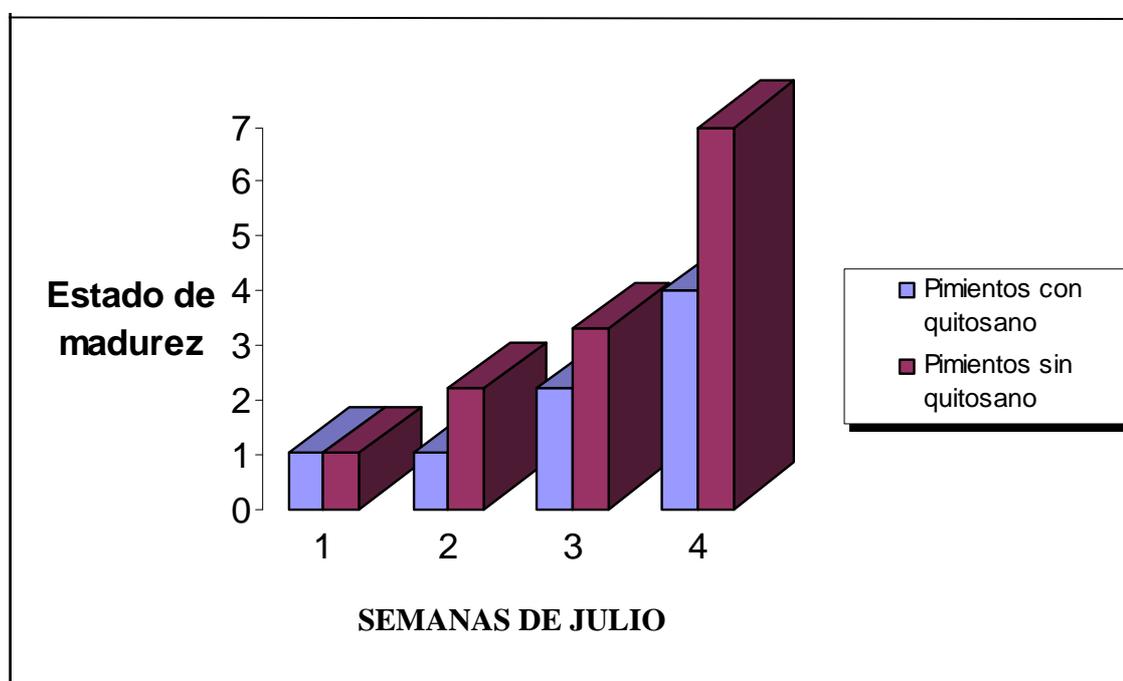


Figura 5.3.- Estado de madurez de pimientos verdes en el mes de julio de 2007.

Durante la evaluación en este mes, los pimientos sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez 7, mientras que los pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez 4, a medida que avanzaba la respiración celular y la consecuente maduración.

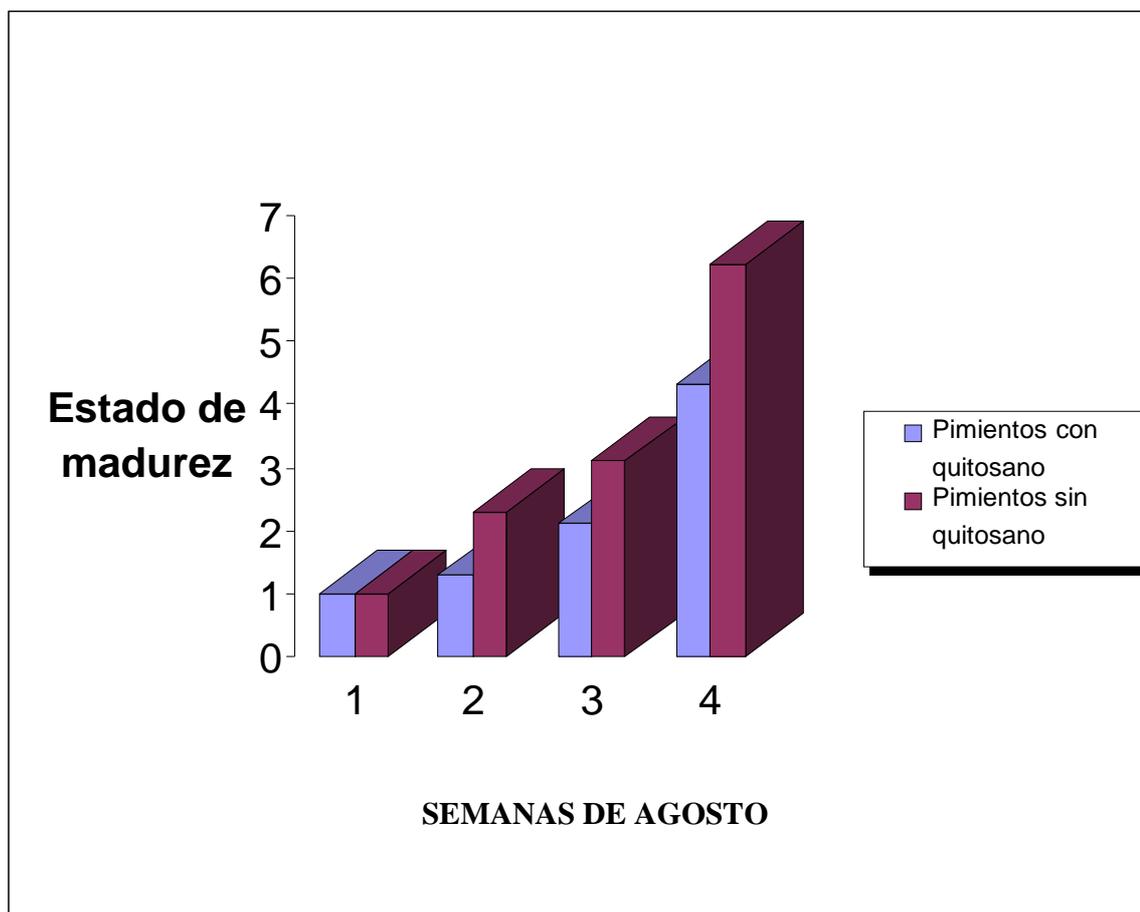


Figura 5.4.- Estado de madurez de pimientos *Capsicum annuum* durante el mes de Agosto de 2007.

Durante la evaluación en este mes, los pimientos sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez entre 4 y 5, mientras que los pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez entre 6 y 7, a medida que avanzaba la respiración celular y la consecuente maduración.

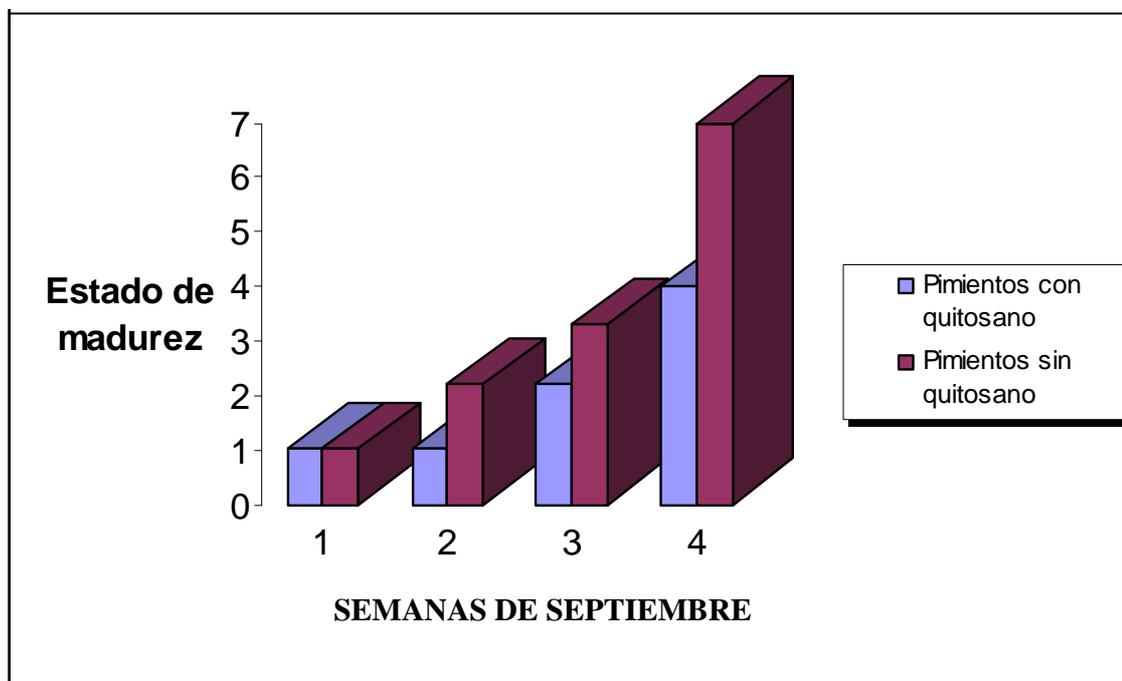


Figura 5.5.- Estado de madurez de pimientos *Capsicum annuum* durante el mes de septiembre de 2007.

Durante la evaluación en este mes, los pimientos sin quitosano llegaron a presentar un estado de madurez 4, mientras que los pimientos con quitosano, llegaron a obtener un estado de madurez entre 6 y 7, a medida que avanzaba la respiración celular y la consecuente maduración.

6. CONCLUSIONES.-

- La utilización del quitosano como barrera contra el deterioro temprano de los alimentos perecibles a corto plazo es muy efectiva y se debe considerar la alternativa de extender su uso, siempre que sea económicamente viable.
- Como se demuestra en este trabajo, los Pimientos verdes sin la cobertura de quitosano alcanzaron el estado de madurez más rápido que los tratados con quitosano, este retardo de la maduración es el resultado de la protección que ofrece la cobertura del quitosano al Pimiento verde del oxígeno y otros gases volátiles como el etileno, que son los responsables de la maduración de los frutos.
- El quitosano obtenido experimentalmente, ofreció una barrera protectora contra el deterioro rápido de los pimientos indistintamente de su concentración en la película, su efectividad se ve determinada por el grado de desacetilización que debe ser mayor a 60%.
- El monitoreo en el intercambio de gases, particularmente el oxígeno y la humedad del aire, permite un mejor control en la maduración de las frutas o reduce significativamente la oxidación de los productos por el efecto de la disminución de la respiración y transpiración.

7. RECOMENDACIONES.-

- Sería importante para la conservación prolongada del Pimiento verde cultivado en nuestro país, que se utilice como película protectora el quitosano, y así poder obtener un producto de mayor calidad, tanto en valores nutritivos, apariencia y textura.
- Se deberían realizar pruebas con quitosano obtenido a partir de exoesqueletos de camarón blanco, para retardar la maduración de otros frutos tales como tomates y otros, que también son cultivados en la Provincia de Manabí, y así obtener una mejor calidad y obtener una mejor rentabilidad en la venta de los mismos.
- Podría obtenerse quitosano a partir de la extracción de quitina de otras fuentes como cangrejos, especies abundantes en nuestra costa ecuatoriana, y evaluar su efectividad en otras frutas producidas en nuestro país.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.-

- 1) **Astudillo, J.**, 1992. “Optimización de variables para la obtención de quitina y quitosano a partir de desechos de krill antártico *Euphausia superba* y caracterización de los productos finales.” Tesis Lic. en Bioquímica. Universidad de Santiago de Chile. Chile.
- 2) **Bareiss R. Polymer Handbook**, 1975. 2a edición; Brandrup, J. y Immergut, E.H., (Editores), Wiley Interscience. New York, pág. IV 115-IV130, pág. IV 115-IV 130.
- 3) **Brugnerotto J, et. al, Polymers 42**, 2001. 921-927.
- 4) **García, Oviedo, Danais, Nieto, Peniche.**, 1993. “Método para el aprovechamiento del desecho de la langosta común”. Oficina Cubana de la propiedad industrial. Habana – Cuba.
- 5) **Konovalova I, et. al**, 2001. Russian J. Appl. Chem., 74(3), 449-454.
- 6) **Muzzarelli R.**, 1974. “*Chitin*”. Editorial Pergamon Press. Primera edición, pág. 2. EEUU.
- 7) **Rubilar, O.**, 1994. “Síntesis de N,O-carboximetilquitosano a partir de Quitosano obtenido de desecho de Krill antártico (*Euphausia superba*) y determinación de sus propiedades quelantes y floculantes”. Tesis Lic. en Bioquímica. Universidad de Santiago de Chile. Chile.
- 8) **Varum K., et al.**, 1991. Carbohydr. Res., 19, 217.

9. ANEXOS.-

DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

GONDI S.A.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Producto: Camarón

Fecha: julio 04 del 2007

Método: Estufa 4 horas a 105°C

	Peso de muestra gramos	% Humedad		Peso de muestra gramos	% Humedad
Muestras trituradas	2 g	73.76	Muestras no trituradas	5 g	76.13
	2 g	74.79		5 g	76.45
	5 g	75.68		10 g	76.49
	5 g	75.29		10 g	75.42
	10 g	76.30			
	10 g	76.46			
	PROMEDIO	75.38			

Tabla 7.1.- Determinación de humedad en muestras de exoesqueletos de camarón Blanco.

Fuente: GONDI S.A., 2007



Fotografía 7.1.- Camarones blancos (*Penaeus vanamei*). Talla media 7,7 g



Fotografía 7.2.- Exoesqueletos de camarón blanco (Cefalotórax) listos para procesar.



Fotografía 7.3. Extracción de astaxantina (pigmento natural) y proteínas solubles de exoesqueletos de camarón blanco (*Pennaeus vanamei*). Talla media 7,7 g



Foto 7.4.- Astaxantina y Quitosano obtenidos de exoesqueletos de camarón blanco.



Foto 7.5.- Separación de quitosano (color blanco), el cual se encuentra precipitado por ser insoluble a pH neutro.



Foto 7.6.- Quitosano seco, obtenido de la quitina del exoesqueleto del camarón blanco.