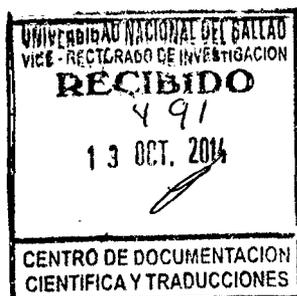


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Facultad de Ingeniería Química

Instituto De Investigación De Ingeniería Química

1110
May
02/10/2014
17.30h



OCT 2014

**“Obtención y caracterización de quitosano a partir de los
residuos sólidos de la Industria de langostinos”**

INFORME FINAL

Presentado por

ING° MARIA ESTELA TOLEDO PALOMINO

Período de Ejecución

24 Meses

RESOLUCION N° 1059-2012-R

01- NOVIEMBRE 2012 / 31 -OCTUBRE 2014

CALLAO - PERU

2014

I. INDICE

	Pág
I. INDICE	01
ABSTRACT	04
II. RESUMEN	05
III. INTRODUCCIÓN	06
3.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	06
3.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	08
3.3. OBJETIVOS FR LA INVESTIGACIÓN	08
3.3.1. Objetivo General	08
3.3.2. Objetivos Específicos	08
3.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	09
3.5. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS	12
IV. MARCO TEORICO	13
4.1. GENERALIDADES	13
4.2. LANGOSTINOS	14
4.3. QUITINA	18
4.3.1. Síntesis	19
4.3.2. Estructura	20
4.3.3. Obtención	21

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener quitosano a partir de caparazones de langostinos. Se utilizó el método químico, que básicamente consiste en tres pasos: la desmineralización, la desproteínización y la desacetilación, de caparazones de langostinos triturados. La caracterización del material obtenido fue realizado por valoración potenciómetra y el método de Kjeldahl. Además se determinó el porcentaje de cenizas, humedad y materia insoluble.

Los resultados mostraron que la materia prima tiene un alto contenido de humedad, entre 68-80% y las condiciones experimentales para la extracción de quitina dependen fuertemente de las características del material. En estas condiciones, se obtuvo la recuperación del 98% a partir de caparazones de langostinos. De otro lado, la eliminación de proteínas mostró que la mayor producción ocurre usando ente de 2L de HCl 1.5N, 1.5L NaOH 0,8 N y 2L NaOH 10N por 500g de caparazones de langostinos.

PALABRAS CLAVE: Quitina; quitosano; desacetilación

I. INTRODUCCION

1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de encontrar nuevos materiales para los propósitos de la industria, el creciente interés por fabricar productos manufacturados de forma compatible con la conservación del medioambiente y el alto costo de algunos materiales sintéticos han dado lugar a un interés general creciente en el sector de los polímeros naturales.

Las industrias de langostinos producen residuos perecederos, los cuales representan un problema sanitario; generándoles gastos para su disposición final, por ejemplo, una empresa dedicada a este rubro produce un promedio de 12 contenedores de desechos de Langostinos, equivalentes a 200000 kg mensuales. Actualmente este material es manejado como desecho y solo una pequeña cantidad es aprovechada en alimentos para consumo animal.

El caparazón de los langostinos contiene una significativa cantidad de sales de calcio, el polímero Quitina (15 – 25%w/w) y proteínas, por lo que estos



desechos constituyen, por sí mismos, una fuente de productos valiosos de interés comercial y de investigación, los cuales pueden ser aprovechados para diversos usos y aplicaciones.

El quitosano es un derivado desacetilado de la quitina. En el laboratorio y en la industria se obtiene principalmente a partir de crustáceos debido a la gran cantidad de desechos que hay en la industria alimentaria.

En la actualidad la gran actividad industrial que existe es un factor que contribuye con la contaminación de aguas, ya que el quitosano tiene propiedades floculantes se convierte en una alternativa muy importante en esta área ya que es producto natural.

Con este trabajo se pretende brindar una alternativa para el aprovechamiento del caparazón de los langostinos, generados en la industria alimentaria, utilizándolo como fuente de quitina y quitosano, los cuales tienen como principales usos: promueve la pérdida de peso (absorbe y compacta las grasas), control del colesterol, promueve la recuperación de úlceras y lesiones, acción antibacterial, actúa como antiácido, inhibe la formación de placa en los dientes, ayuda al control de la presión sanguínea, previene la constipación, endurece los huesos (aumenta el contenido de calcio), reduce los niveles sanguíneos de ácido úrico, además de acción antitumores en los últimos años la

mayoría de las investigaciones en el campo de las aplicaciones del quitosano se han enfocado en el estudio de sus propiedades para la liberación de principios activos en el campo de la agricultura, veterinaria y medicina.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el método de obtención de quitosano a partir de residuos sólidos de la industria de langostinos y cuáles son sus características fisicoquímicas?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Obtener y caracterizar el quitosano a partir de los residuos sólidos de la industria de langostinos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- 1) Evaluar los residuos sólidos provenientes de la industria de langostinos.

mf

- 2) Aislar y purificar quitina mediante un proceso químico a partir del caparazón de langostinos obtenido como desecho en la industria de alimentos.
- 3) Obtener quitosano a partir de la desacetilación de la quitina aislada.
- 4) Evaluar las características fisicoquímicas del quitosano obtenido.

1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El quitosano tiene diversas aplicaciones comerciales debido a varios factores entre los cuales se encuentra su solubilidad en ácidos diluidos y la presencia de grupos hidroxilos y aminos libres en la cadena polimérica, no es tóxico es biodegradable y biocompatible.

Todas estas características han permitido desarrollar diversas aplicaciones entre las cuales se puede mencionar propiedades terapéuticas, en el tratamiento de aguas y otros.

1.4.1. Por su Naturaleza

El quitosano es el derivado más importante de la quitina, obtenido de la desacetilación de la quitina.

La quitina sustancia orgánica más abundante en la naturaleza después de la celulosa. Por ello resulta factible utilizarlo en el tratamiento de aguas.

1.4.2. Por su Magnitud

Todo el exoesqueleto de los langostinos está compuesto por quitina la cual es la materia prima para la obtención de quitosano, el cual tiene muchas aplicaciones.

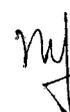
El quitosano es un material no toxico, el cual tiene diversas aplicaciones. Ya que las aguas residuales tienen gran contenido de metales pesados pueden ser tratados con quitosano.

1.4.3. Por su Trascendencia

El quitosano presenta un potencial e interesante valor económico y social, debido a sus versátiles actividades biológicas y aplicaciones químicas, el quitosano es biodegradable, biocompatible, pues no se produce respuesta del sistema inmune y no tóxico, características que unidas a su naturaleza policatiónica.

1.4.4. Por su Vulnerabilidad

Ya que la industria de langostinos deshecha el exoesqueleto de los mismos, además la disposición inadecuada de de estos desechos sin tratamiento tiende a generar un problema de contaminación ambiental debido a la bioacumulación de materia orgánica; una alternativa interesante para su tratamiento es la producción de quitina y quitosano, por lo tanto se cuenta con material y equipos necesarios para extraer el quitosano.



1.4.5. Por su Aporte Tecnológico

El quitosano posee en gran potencial de uso con posibles aplicaciones en muchos campos de la industria, por lo tanto obtenerlo a partir del caparazón de langostino y luego determinar sus características fisicoquímicas, permitirá usarlo en diferentes actividades.

1.5. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Los residuos sólidos provenientes de la industria de langostinos están compuestos por quitina, y por desacetilación de este se obtiene quitosano con características fisicoquímicas que garantizan su calidad.

Variables Independientes

- Composición de los residuos sólidos de la industria de langostinos

Variables Dependientes

- Métodos de obtención de quitosano.
- Las características fisicoquímicas del quitosano obtenido

II. MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES

Las industrias de langostinos producen residuos perecederos, los cuales representan un problema sanitario; generándoles gastos para su disposición final, por ejemplo, una empresa dedicada a este rubro produce un promedio de 12 contenedores de desechos de Langostinos, equivalentes a 200000 kg mensuales. Actualmente este material es manejado como desecho y solo una pequeña cantidad es aprovechada en alimentos para consumo animal. (Surmay A., Carrascal M. y Díaz F. 2010).

Entre el 20 a 30% del peso vivo de la especie de crustáceos es utilizado para la alimentación humana; el resto está constituido por vísceras y exoesqueleto, especialmente de los caparzones de cangrejo peludo, cangrejo violáceo, jaiva, langosta, langostino que se encuentra en mayor cantidad a lo largo de las costas del litoral peruano, que son considerados como contaminantes ambientales (desechos), estos constituyen compuestos de valor comercial no aprovechados, que pueden ser utilizados para la obtención de dos biopolímeros especializados de alto valor agregado establecido a nivel mundial: la quitina y su derivado funcional, el quitosano, que permite obtener un producto natural con diversas propiedades (García T., Roca J., 2008).

De acuerdo a Gerente et al. (2007) el caparazón de los langostinos contiene una significativa cantidad de sales de calcio, el polímero Quitina (15 – 25%w/w) y proteínas, por lo que estos desechos constituyen, por sí mismos, una fuente de productos valiosos de interés comercial y de investigación, los cuales pueden ser aprovechados para diversos usos y aplicaciones.

2.2. LANGOSTINOS

Los langostinos son crustáceos macruros (abdomen alargado) de hábitos nocturnos y carnívoros. Viven en las costas de los mares templados de todo el mundo, generalmente a profundidades entre 1 y 25 metros. En su medio natural se alimentan principalmente de pequeños peces, moluscos, gusanos y animales muertos. A temperaturas de 28-30 °C alcanzan unos 30 cm de largo en 8 a 10 meses (Mendez, 1981).

Existen diversas especies de langostinos (denominados también camarones en otros países), siendo las más comercializadas los del género *Penaeus* (de aguas cálidas), el *Pandalus Borealis* y el *Acetes Japonicus* (ambas de aguas frías).

Particularmente a los del género *Penaeus*, aunque el término también abarca especies de otros géneros.

Además del género ya mencionado, las siguientes especies se denominan langostino:

- *Aristeomorpha foliacea* o langostino moruno.
- *Cervimunida johni*, o langostino amarillo.
- *Macrobrachium rosenbergii*, langostino malayo o langostino azul.
- *Munida subrugosa*, langostino de los canales.
- *Pleoticus muelleri*, langostino patagónico.
- *Pleuroncodes monodon*, conocido en Chile como langostino colorado o langostino zanahoria y en Perú como camaroncito rojo.

DISTRIBUCIÓN

Los langostinos de la familia Penaeidae se distribuyen desde el Golfo de California hasta Paita e inclusive al Callao (en el caso de *F. californiensis*).

La familia Sicyoniidae se distribuye desde México hasta San Lorenzo (Callao). En el norte del Perú, los langostinos blanco y azul son capturados generalmente en aguas someras de 1 a 30 m de profundidad; los langostinos café

y rojo se presentan en mayor abundancia en aguas más profundas, de 30 a 50 m (Méndez, 1981).

CARACTERÍSTICAS DE LA PESQUERÍA

Flota y artes de pesca

En la actualidad, los adultos son capturados generalmente por embarcaciones arrastreras pequeñas de hasta 10 t de capacidad de bodega (langostino café) con tamaño de malla en el copo de 1,5" (38 mm), y por embarcaciones que utilizan cortina trasmallo de 2,5" (63,3 mm) de tamaño de malla (langostino blanco y azul). Los juveniles son capturados con atarrayas o chinchorros camaroneiros en aguas interiores (esteros, desembocadura de ríos).

Capturas

La pesca de los langostinos blanco y azul se realiza generalmente durante el día, y los langostinos café y rojo son capturados generalmente durante la noche (MÉNDEZ 1981).

A través de los años se aprecia una sostenida disminución del stock de especies costeras como el *Lvannamei* y *L. stylirostris* , incrementándose las especies de aguas profundas como el *F. californiensis* y *F. brevirostris*.

Este comportamiento es debido, según GARCÍA & LERESTE (1986) a la disminución de las especies objetivo por efecto de la pesca, lo que obliga a la flota a capturar especies secundarias, tal como se observó en las pesquerías de Louisiana y Madagascar. Modificaciones de este tipo se registraron también con

Parapenaeus y Xiphopenaeus, cuando descienden las capturas de Penaeus por efectos de la pesca (BOEREMA, 1974).

TEMPORADAS DE VEDA

Mediante la R. M. N° 305 – 2004 - PRODUCE se decretó la veda reproductiva del recurso langostino, que abarca a partir del 15 de diciembre al 15 de febrero de cada año, normativa sustentada por el informe técnico de IMARPE "Situación del recurso langostino en la Región Tumbes".

Figura 1.- Langostino



Fuente.- Méndez (1981)

mf

2.3. QUITINA

En la naturaleza existen varios polímeros muy importantes, ya sea por su abundancia, fácil acceso o variedad de uso. En ella se puede encontrar tanto la celulosa como la quitina.

El término *quitina* deriva de la palabra griega $\chi\iota\tau\acute{\omega}\nu$, que significa *túnica*, haciendo referencia a su dureza.

La *quitina* es uno de los componentes principales de las paredes celulares de los hongos, del resistente exoesqueleto de los artrópodos (arácnidos, crustáceos e insectos) y algunos órganos de otros animales (quetas de anélidos). La primera persona que consiguió describir correctamente su estructura química fue Albert Hofmann (Larez C. 2006).

La quitina es un polisacárido compuesto de unidades de N-acetilglucosamina (exactamente, N-acetil-D-glucos-2-amina). Éstas están unidas entre sí con enlaces β -1,4, de la misma forma que las unidades de glucosa componen la celulosa. Así, puede pensarse en la quitina como en celulosa con el grupo hidroxilo de cada monómero reemplazado por un grupo de acetilamina. Esto permite un incremento de los enlaces de hidrógeno con

los polímeros adyacentes, dándole al material una mayor resistencia. (Sánchez A., Sibaja M, 2007).

Es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa. Es usada como agente floculante para tratamiento de agua, como agente para curar heridas, como espesante y estabilizador en alimentos y medicamentos, como resina de intercambio iónico. Es altamente insoluble en agua y en solventes orgánicos debido a los enlaces de hidrógeno que presenta la molécula. La quitina se vuelve soluble en ácidos inorgánicos diluidos cuando pierde el acetilo del grupo acetilamino, convirtiéndose en quitosano.

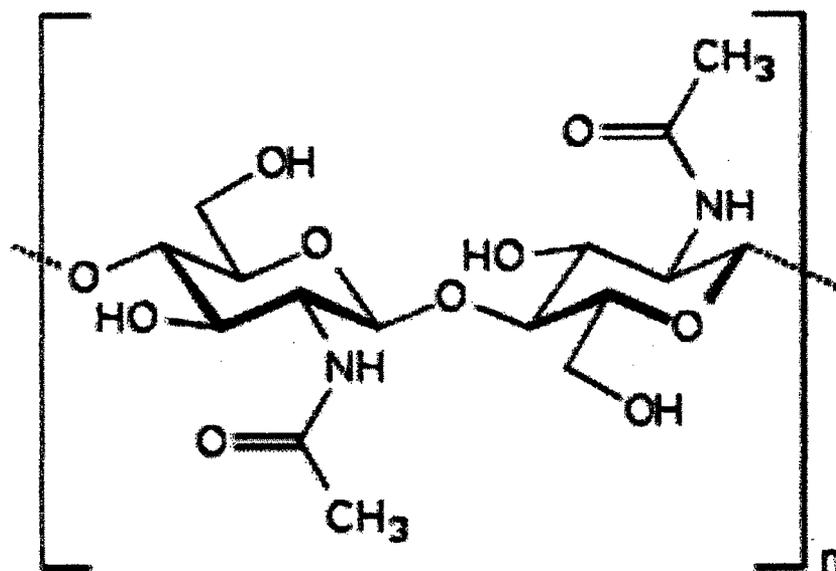
2.3.1 Síntesis

La quitina se sintetiza en el organismo a partir de glucosa con la ayuda de algunas enzimas entre ellas la quitina sintetasa. La hidrólisis enzimática de la quitina a acetilglucosamina se realiza por un sistema consistente de dos hidrolasas: quitinasa y quitobiasa. Las quitinasas son enzimas ampliamente distribuidas y son sintetizadas por bacterias, hongos y glándulas digestivas de los animales cuya dieta incluye quitina.

2.3.2 Estructura

Por mucho, la forma más abundante y la más extensamente investigada es la α -quitina que se encuentra en la cutícula de los artrópodos y en ciertos hongos. La β -quitina se encuentra en el calamar y existe como un hidrato cristalino de baja estabilidad ya que el agua puede penetrar entre las cadenas de las capas. La γ -quitina se encuentra en los capullos de los escarabajos. La conformación de la α -quitina es una celda ortorrómbica ($a = 4,74 \text{ \AA}$, $b = 18,86 \text{ \AA}$ y $c = 10,31 \text{ \AA}$).

Figura 2.- Estructura de la quitina



Fuente.- Sánchez et. Al. (2007)

mf

2.3.3 Obtención

La α -quitina se obtiene comercialmente del exoesqueleto de cangrejos y camarones. El exoesqueleto tiene como componentes principales quitina, carbonato de calcio y proteínas. También contiene pigmentos y grasa en pequeñas cantidades. La quitina es muy estable a los ácidos y álcalis y no es soluble en disolventes ordinarios.

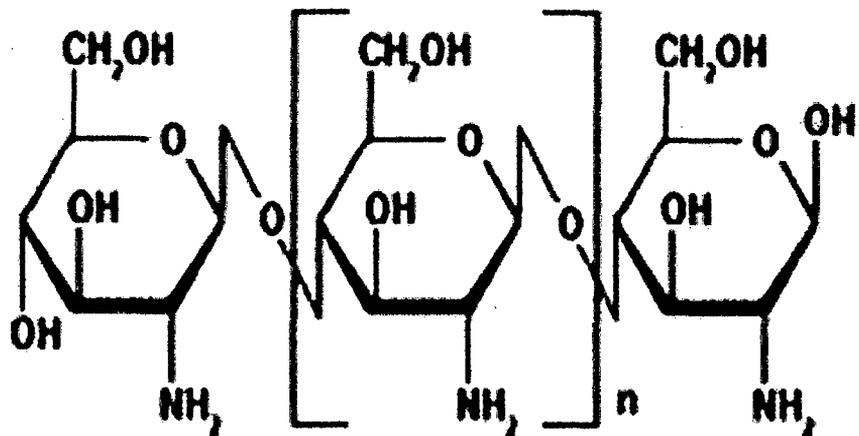
Por lo tanto, se puede aislar como un producto que permanece después de la descomposición con ácido y álcali de las otras sustancias presentes en el exoesqueleto. El exoesqueleto primero se limpia y trata con ácido para remover el carbonato de calcio. Para la desmineralización generalmente se utiliza HCl, HNO₃, H₂SO₃, CH₃COOH o HCOOH, pero el HCl es el preferido y se usa en concentraciones entre 0.3 y 2 M durante 1-48 h a temperaturas que varían de 0 a 100 °C. El HCl durante el proceso también disminuye el peso molecular de la quitina. El exoesqueleto descalcificado se corta en pequeños pedazos o se pulveriza y se desproteiniza con tratamientos alcalinos. La solución alcalina penetra en los intersticios de la matriz del caparazón para romper el enlace entre las proteínas y la quitina. Típicamente se trata con soluciones acuosas de

NaOH 1-2 M durante 1-72 h a temperaturas que varían de 65 a 100 °C. La quitina se obtiene como un polvo blanquecino. El tratamiento alcalino, además, produce desacetilación en la molécula de quitina. También se pueden utilizar métodos complementarios al tratamiento ácido-base. Por ejemplo, la degradación enzimática de las proteínas con proteasas en condiciones suaves. Sin embargo, después del tratamiento permanece proteína residual entre 1 a 7% y el tiempo de reacción es más largo comparado con el método químico.

2.4. Quitosano

El quitosano, también llamado chitosán (del griego χιτών "coraza"), es un polisacárido lineal compuesto de cadenas distribuidas aleatoriamente de β -(1-4) D-glucosamina (unidades deacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada). Esta sustancia, que tiene gran cantidad de aplicaciones comerciales y biomédicas, se descubrió en el año 1859. (*Dhanikula y Panchagnula, 2004*).

Figura 3.- Estructura del quitosano



Fuente.- Sánchez et. Al. (2007)

El quitosano se produce comercialmente mediante la desacetilación de la quitina, que es un elemento estructural en el exoesqueleto de los crustáceos (cangrejos, gambas, langostas, etc.). El grado de desacetilación (DA) puede ser determinado por espectroscopía NMR, o por espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (IR-TF): en los quitosanos está en el rango de 60-100% (Lemus J., Martínez L. y Navarro M. 2007).

mf

El grupo amino en el quitosano tiene un valor pKa que ronda los 6,5, razón por la cual el posee una ligera carga positiva y es soluble en medios ácidos o en soluciones neutras con dependencia de la carga del pH y del valor DA. En otras palabras, es un bioadhesivo y puede ligarse negativamente a las superficies cargadas negativamente tales como las membranas mucosas. Debido a esta propiedad física, permite el transporte de principios activos polares a través de las superficies epiteliales, siendo además biocompatible y biodegradable. Las cualidades de purificación de los quitosanos están disponibles en aplicaciones biomédicas.

El quitosano y sus derivados, como el trimetilquitosano (compuesto en el que el grupo amino ha sido trimetilado), han sido empleados en el transporte de genes no víricos. El trimetilquitosano o, incluso, el quitosano cuaternizado se han mostrado capaces de hacer transfección de las células malignas del cáncer de pecho.

2.4.1 Propiedades.

Las propiedades del quitosano dependen principalmente de la fuente de obtención y el método de preparación y estos polímeros difieren entre sí por su distribución, masa molecular y grado de acetilación.



a) Grado de acetilación.

Químicamente, el quitosano es poliglucosamina que son distinguidas solamente por el grado de la acetilación de los grupos amino. Las quitinas típicas tienen generalmente grado de acetilación entre 70-95% que corresponde a un contenido de acetilo de un 15-20.7% mientras que las quitosanas tienen comúnmente un grado de acetilación entre 15-25% que corresponde 3.2 - 5.3 % del contenido de acetilo. El grado de acetilación es probablemente el parámetro más importante de estos polisacáridos y determina grandemente sus características funcionales y fisiológicas.

Los factores que afectan el grado de desacetilación incluyen: concentración del álcali, tratamiento previo, tamaño de partícula, y la densidad de la quitina. Los últimos dos factores afectan el índice de penetración del álcali en la región amorfa y en cierto grado también en las regiones cristalinas del polímero, necesitadas para que la hidrólisis ocurra. En la práctica, el nivel máximo de desacetilación que se puede alcanzar en un solo tratamiento alcalino es cerca de 75-85%.

El grado de acetilación es muy importante para obtener un producto soluble, aunque también influye la distribución de los grupos acetilo.

b) Peso molecular y viscosidad.

Otros parámetros importantes son el peso molecular y la viscosidad asociada. Como el quitosano es obtenido de la quitina por desacetilación alcalina, el peso molecular tiene un promedio más bajo al extenderse generalmente entre 1×10^5 - 3×10^5 Da. El quitosano exhibe una amplia gama de viscosidades en los medios ácidos diluidos que dependen principalmente de su peso molecular. La viscosidad relativa de los quitosanos de alta viscosidad es comparable con la viscosidad de las gomas guar o del tragacanto.

El quitosano es un producto altamente viscoso similar a las gomas naturales. La viscosidad puede variar de 10 a 5000cp. En solución, debido a su comportamiento polielectrolítico, en dependencia de la fuerza iónica del medio, se comporta de manera diferente, lo cual influye notablemente en la viscosidad de la disolución.

Debido a la alta viscosidad de la quitosana en sistemas de $\text{pH} < 5.5$ puede emplearse como espesante, estabilizante o agente de dispersión.

La quitina micro cristalina producida por hidrólisis controlada de ácido puede ser conveniente para el uso como estabilizante y espesante en alimentos. La viscosidad y la estabilidad de la emulsión de la quitina micro cristalina es de 10 a 20 veces mayor que la de la celulosa cristalina lo que lo hace conveniente para los usos en mayonesa, mantequilla de cacahuete y otros alimentos tipo emulsión.

c) Solubilidad.

Como en la quitina, el grado de cristalinidad y la estructura molecular son los factores dominantes de la solubilidad subyacente, la fuerza mecánica, y otras características funcionales del quitosano.

La solubilidad y la viscosidad del quitosano dependen del grado de desacetilación y degradación del polímero, pero también puede verse incrementada por la adición de formaldehído, cloruros de acilo, anhídridos de ácidos o sales de metales alcalinos. Esto es debido al entrecruzamiento de cadenas que da lugar a un polímero de mayor peso molecular; estas soluciones acuosas resultantes no pueden ser dispersadas ni disueltas por adición de agua.

Mientras que la quitina es insoluble en los solventes comunes, el quitosano es soluble en ácidos minerales y orgánicos diluidos. El quitosano no es soluble a $\text{pH} > 6.0$ y funciona solamente en sistemas ácidos, siendo una propiedad relevante para su aplicación en alimentos. Debido a la alta densidad de cargas positivas el quitosano se comporta en soluciones ácidas acuosas como una molécula policationica. Este comportamiento no es típico para la quitina debido a su alto grado de acetilación.

El quitosano es insoluble en H_2SO_4 y de solubilidad limitada en H_3PO_4 . Además es soluble en mezclas de alcohol y agua.

d) Biodegradabilidad.

Como un polímero de interés en sistemas alimenticios, la biodegradación de la quitina y el quitosano es una propiedad importante para ser considerada porque muchas de las aplicaciones en alimentos se relacionan directa o indirectamente con la capacidad de las enzimas para despolimerizarse. Entre las enzimas (o complejo enzimático) que han sido reportados para ejercer actividad hidrolítica en la quitina y la quitosana se encuentran: quitinasa, quitosanasa, lisozima, celilasa, hemicelulasa,



pectinasa, lipasa, dextranasa e iguales proteasas tales como pancreatina, pepsina y papaina. Solamente la biodegradabilidad no es una característica relevante de estos biopolímeros, también la no toxicidad de la degradación de los productos, es lo más significativo para las aplicaciones biomédicas y alimenticias.

La quitosana es bioabsorbible y biodegradable, y se ha demostrado que es lentamente degradada principalmente por las enzimas quitosinasas y lisozimas; con las primeras, la biodegradación sucede hasta en un 75%, y hasta en un 35% con lisozimas.

e) Propiedades funcionales

El quitosano puede formar espumas, emulsiones, geles con polianiones, y retener humedad por la presencia de los grupos amino libres que al disolverse en solución acuosa acidificada adquieren carga positiva.

En relación a la capacidad del quitosano para formar espuma se ha demostrado que el quitosano realza la capacidad de formación de espuma y la estabilidad de la espuma formada por el huevo, debido a su carga positiva que interactúa con la carga negativa de las proteínas del huevo.

Además se ha documentado que el quitosano de bajo peso molecular promueve eficazmente la formación de espuma.

En un estudio realizado en mezclas de aislado de suero y quitosano se mostró un mejoramiento de las propiedades de la espuma con quitosanos entre 0.4 y 0.6% y dentro de un estrecho rango de pH (5.5-6.0).

Una mezcla de quitosano y lecitina fué utilizada para formar emulsiones y evaluar sus propiedades, obteniéndose una emulsión estable, de pequeños glóbulos grasos con grandes cargas positivas, debido a la adsorción de quitosano a la superficie de las gotas de grasa. Esto demostró la capacidad del quitosano para formar emulsiones.

La estabilidad de la emulsión depende de la concentración de la solución de quitosano. En un estudio realizado cuando la concentración de la solución de quitosano fue de 0.2%, se produjo una separación de fases para todos los valores del rango de desacetilación (75-95%) estudiado.

La estabilidad de la emulsión se incrementó en un 10% al adicionar 0.1% de quitosano en estudios realizados para demostrar su efecto sobre la capacidad emulsionante de la yema de huevo; además incrementó la

viscosidad de la mayonesa sin variar las propiedades sensoriales de la misma.

Se ha demostrado que el quitosano es capaz de formar geles en solución con excelentes propiedades. La presencia de quitosano disminuye la sinéresis del gel debido a su capacidad de retención de agua, variando sus propiedades mecánicas. La pérdida de agua es menor mientras mayor sea el tamaño de la molécula. El quitosano adsorbe de 230-440% de agua, superando el almidón de papa y a la carboximetilcelulosa (CMC).

Otras propiedades descritas han sido baja toxicidad, afinidad hidrófila, estabilidad frente a la putrefacción, moldeable y modelable.

f) Propiedades antimicrobianas

Se ha reportado que el quitosano controla el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras y ha sido aplicada para suprimir estos organismos en tejidos de plantas y alimentos.

El quitosano, al tener un ion positivo con una base amino (NH_2) atrae moléculas cargadas negativamente; su actividad antibacteriana ha sido explicada por el entrecruzamiento entre un quitosano policationico y los aniones presentes en la superficie bacteriana, provocando alteraciones en la permeabilidad de la pared celular.

Esta propiedad del quitosano se evidenció en un estudio realizado en mayonesa pues disminuyó perceptiblemente el conteo de células viables de microorganismos deteriorantes como el *Lactobacillus fructivorans* y *Zygosaccharomyces bailii* durante el almacenamiento a 25°C. Estos resultados sugieren que la quitosana puede ser utilizada como preservante de alimentos para inhibir el crecimiento de dichos microorganismos.

Se ha demostrado la susceptibilidad de la *Salmonella typhimurium* en glutamato y lactato de quitosana en bufer de fosfato (pH=5.8) a 32 °C. Además actúa sobre la *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* y *Sacharomyces cerevisiae*.

También se ha utilizado quitosano en salchichas, como sustituto del nitrito, para inhibir bacterias; observándose que cuando se utilizó 0.2% de

quitosana (con peso molecular de 120 KDa) y 50% de niveles normales de nitrito en salchichas, el efecto preservante fue similar a aquellas salchichas que contenían todo el nitrito. El mayor crecimiento bacteriano fue inhibido al 80% por 0.01-0.2% de quitosana.

Los efectos del quitosano en levaduras y hongos filamentosos asociados con el deterioro del jugo de manzana han sido estudiados. La quitosana redujo la velocidad de crecimiento de varios microorganismos pero el efecto fue determinado por su concentración. Por ejemplo 1g/L de quitosano redujo la velocidad de crecimiento del *Mucor racemosus* y sin embargo, 5g/L fueron requeridos para completar la inhibición del crecimiento de *Byssochlamys spp.* La levadura más sensible fue *Zygosaccharomyces bailii* y no creció en presencia de 0.1 g/L de quitosana durante el almacenamiento por 32 días a 25°C.

El efecto de la quitosana en el desarrollo del deterioro de empanadas de picadillo de carne de vaca almacenadas a 30°C por 2 días y a 4°C por 10 días fue investigado, mostrando una reducción de 1 a 2 ciclos logarítmicos de pseudomonas, estafilococos, coliformes, bacterias gram-negativas y micrococcos en presencia de 1% de quitosana. Sin embargo, el número de organismos viables presentes en la carne antes de comenzar el experimento fue generalmente mayor (>10⁷ UFC/g) y es posible que la

adición de quitosana habría podido ser más eficaz teniendo poblaciones iniciales más bajas.

g) Propiedades biológicas. Efectos dietéticos y metabólicos.

Se ha establecido que el quitosano no puede ser digerida por los seres humanos así que está considerada como una fibra dietética con un contenido calórico cero. Un estudio en ratas demostró que la quitosana reduce la absorción de ácidos biliares y disminuye los niveles de colesterol en sangre. La absorción del colesterol en ratas alimentadas con una dieta con quitosano fué más baja que las dietas que contenían goma guar o celulosa.

Los posibles efectos nocivos de un producto con exceso de quitosano (sobre el 5%) incluyen el deterioro de nutrientes esenciales tales como vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales, y minerales. También se ha observado que el exceso de quitosana da lugar a trastornos físicos del tracto intestinal, como abrasión mecánica.

2.4.2 Aplicaciones.

Por sus naturalezas catiónica en soluciones ácidas, que le confiere propiedades únicas relativas a otros polisacáridos, la industria del quitosano y algunos de sus derivados se ha estimulado internacionalmente, encontrándose un amplio universo de aplicaciones.

Peniche C.(2006) expresa que el quitosano, debido a sus propiedades físico químicas, funcionales y biológicas, tiene una gran variedad de aplicaciones que abarcan campos tan diferentes como:

- **Aplicaciones biomédicas.**

Este biomaterial ha sido ensayado para múltiples aplicaciones biomédicas, facilitando el proceso de cicatrización en heridas, lesiones por quemaduras y la recuperación de lesiones cutáneas crónicas; sus efectos han sido asociados con la activación de macrófagos, estimulación de fibroblastos activación mitogénica y facilitación de adhesión intercelular.

- **Aplicación en la agricultura y operaciones post cosecha.**

En la agricultura, su aplicación potencial se basa en su doble cualidad de inhibir el crecimiento *in vitro* de hongos y bacterias fitopatógenas, así como activar mecanismos de defensa en las plantas estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistémica al ataque de microorganismos. Estos usos vienen dados fundamentalmente por su alto contenido de aminos, que le confiere una naturaleza policationica de alta densidad de carga, además de su elevada masa molecular. Se ha demostrado que el quitosano es un poderoso inhibidor fúngico, además induce a una mejor germinación y producción de la cosecha en trigo. Además, en experimentos a sembrados en localidades con severa inducción de Fusarium amarillo en apio, la incidencia de la enfermedad y la severidad fueron reducidos significativamente.

- **Tratamiento de aguas residuales.**

Entre las diversas aplicaciones documentadas para el quitosano, su uso como agente coagulante o floculante para el tratamiento de aguas residuales es el más importante desde el punto de vista económico. La eliminación de colores, metales pesados, materiales radioactivos y taninos es también factible usando quitosano.

- **Industria cosmética.**

Se emplea en la elaboración de cremas humectantes, limpiadoras, pasta de dientes, lociones de baño, etc.

- **Industria alimenticia.**

En la industria alimenticia se han reportado múltiples aplicaciones entre las que se encuentran:

—> Desacidificación y clarificación de jugos.

—> Industria panadera.

—r Como agente antimicrobiano.

—> Empleo en alimentos dietéticos

—> Como emulsificante

—> Como preservante

—»• Películas comestibles

—>• Bebidas y vinos. La quitina desacetilada parcialmente con variados niveles de N-acetilación ($GA=0.49-1.0$, insoluble en solución ácida), ha sido utilizada como un material adsorbente de intercambio de ion para clarificar jugo de pina ultrafiltrado. Muestras de quitina con menor GA removieron cuerpos de colores indeseables responsables del desarrollo de la coloración. El quitosano ha sido también usado acertadamente para evitar

la coloración de jugo de manzana a niveles de 200 ppm o más. La eliminación de componentes fenólicos (catequinas, flavinas, ácidos cinnámicos, etc) del vino blanco los cuales son responsables de las alteraciones del bronceado y de la maderización, es una operación importante para estabilizar el producto. Esto es normalmente alcanzado por clarificación con materiales adsorbentes (albúmina de huevo, sílica, bentonita y plivinipirrolidona). En estudio reciente, el quitosano (GA=0.22-0.4) fue un adsorbente efectivo de componentes polifenólicos y ácido hidroxicinámico tanto como el caseinato comercial y polivinilpirrolidona (PVP).

—> Microencapsulación de enzimas alimenticias. En la industria alimenticia, la microencapsulación puede ser empleada para enmascarar organolépticamente el gusto amargo y olores desagradables en alcaloides, sales o aceites de pescado. El material encapsulado debe satisfacer, entre otros, los siguientes requerimientos: buena calidad sensorial, poseer estabilidad físico química y microbiana, libre de residuos tóxicos, seguro para la salud y no contaminante. El quitosano es un biopolímero natural que cumple con esos requerimientos y ha sido usado como aditivo alimentario y como componente en cubiertas de comestibles.

—»• Inmovilización de células y enzimas. Tales sistemas tienen perspectivas prometedoras debido a la relevante gama de aplicaciones especializadas en sistemas alimenticios. Las enzimas inmovilizadas ofrecen la posibilidad de conservar su actividad en solventes orgánicos. Otra

ventaja intrínseca de inmovilizar las enzimas, es que pueden ser reutilizadas muchas veces. La quitina ha sido estudiada por ser un buen soporte para inmovilización de enzimas, según parece ofrece una alta estabilidad mecánica, apropiada densidad y baja solubilidad en muchos solventes. Ejemplos de enzimas industriales de alto uso en la industria de los alimentos las cuales han sido inmovilizadas en quitina o quitosano, incluyen α -amilasa y glucoamilasa, D-glucosa isomerasa, α -D-galactosidasa, p-galactosidasa, papaina, pepsina, alfa quimotripsina.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El universo del tema de investigación son los residuos sólidos de los langostinos.

3.1 ANALISIS FISICO QUÍMICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LANGOSTINOS

3.1.1. Contenido de Humedad

- Pesar la placa petri y anotar el peso
- Coloque 3 - 4 g de la muestra en la placa petri y pesar en la balanza analítica. Registre hasta centésimas.
- Ponga a secar las muestras en el horno a 130°C durante 1 hora
- Saque la muestra del horno y póngala a enfriar en un desecador durante 10 minutos.
- Pese las muestras secas si es posible hasta peso constante.
- Calcule el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente fórmula:

El %H se calculó con base en la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{mh(g) - ms(g)}{mh(g)} \times 100\%$$

mh = masa húmeda

ms= masa seca

3.1.2. Contenido de proteína

Proteína cruda. "Método de Kjeldahl" (AOAC)

DIGESTION:

Pesar de 0.1-0.2g de muestra e introducir en un tubo de Kjeldahl, y agregar 0.15g de sulfato de cobre pentahidratado, 2.5g de sulfato de potasio o sulfato de sodio y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Encender el aparato y precalentar a la temperatura de 360°C. Colocar los tubos en el portatubos del equipo Kjeldahl y colocarlo en el bloque de calentamiento.

Accionar la trampa de succión de gases antes de que se produzcan éstos. Calentar hasta total destrucción de la materia orgánica, es decir hasta que el líquido quede transparente, con una coloración azul verdosa. Una vez finalizada la digestión, sin retirar la unidad de evacuación de gases, colgar el portatubos para enfriar.

Después del enfriamiento, terminar la digestión con la tecla "stop" y desconectar la trampa.

DESTILACIÓN

En un matraz Erlenmeyer de 250 mL adicionar (según se indique) 50 mL de HCl 0.1N y unas gotas de indicador rojo de metilo .1% o bien 50 mL de ácido bórico 4% con indicadores. Conectar el equipo de destilación y esperar unos instantes para que se genere vapor. Colocar el tubo de digestión con la muestra diluida y las sales disueltas en un volumen no mayor de 10 mL de agua destilada, en el aparato de destilación cuidando de introducir la alargadera hasta el fondo de la solución.

Presionar el botón para adicionar sosa al 36% (hasta 40 mL aproximadamente). Colocar la palanca de vapor en posición "ON" hasta

alcanzar un volumen de destilado en el matraz Erlenmeyer de 100-150mL, lavar la alargadera con agua destilada, recoger el agua de lavado sobre el destilado. Una vez finalizada la destilación, regresar la palanca de vapor a la posición original.

Titular el exceso de ácido (en el caso de recibir el destilado en HCl 0.1N) con una solución de NaOH 0.1 N. En el caso de recibir con ácido bórico, con una solución de HCl 0.1N

Calcular el % de proteína considerando las reacciones que se llevan a cabo, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% Pr = \frac{14.01 * N * V * 100 * F}{1000m} \times 100\%$$

Donde:

N = Normalidad del HCl

V = Vol. de HCl para la muestra en mL – Vol. de HCl para el blanco en mL.

14.01= Peso atómico del Nitrógeno

m = Masa de la muestra en gramos.

F = 6.25 (Valor asignado para proteínas en general)

3.2. OBTENCION DEL QUITINA Y QUITOSANO

3.2.1. Diseño experimental

Se seleccionaron los valores adecuados de volumen de HCl e NaOH para proceder con 3 tratamientos durante el experimento según los datos registrados en el Cuadro.

Cuadro N° 1.- Volumen de reactivo por 500g de materia prima

Reactivo	Volumen del reactivo en L por 500g de materia prima		
	I	II	III
HCl 1.5N	3	2.5	2
NaOH 0.8N	2.5	2	1.5
NaOH 10N	2.9	2.5	2

Fuente : Elaboración propia

3.2.2. Metodología

A continuación se muestra un diagrama del procedimiento seguido

Figura N° 4.- Diagrama de las etapas del procedimiento experimental

CAPARAZON DE LANGOSTINO



- a) Reducción de tamaño
- b) Desproteinización (NaOH diluido)
- c) Desmineralización (HCL diluido)

QUITINA



- a) Desacetilación (NaOH concentrado)
- b) Lavado con agua

HOJUELAS DE QUITOSANO



QUITOSANO EN POLVO

Fuente: Elaboración propia

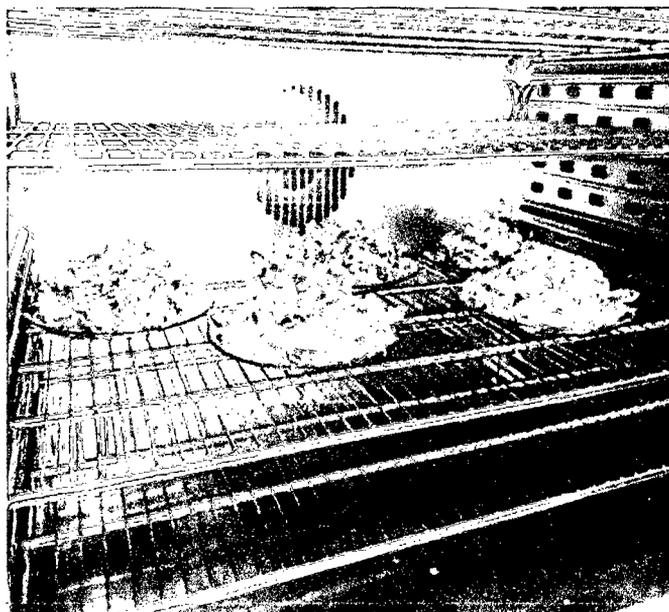
3.2.3. Obtención de Quitina

Se trabajó con 465g de exoesqueleto de langostinos y se siguió el siguiente proceso:

a) **Lavado.**- Se eliminarán cualquier residuo e impurezas que pueda contener el exoesqueleto de langostino.

b) **Secado.**- Se dispondrá del exoesqueleto de langostino para ser secada, para que su consistencia tenga la apariencia de polvo fino y no de masa.

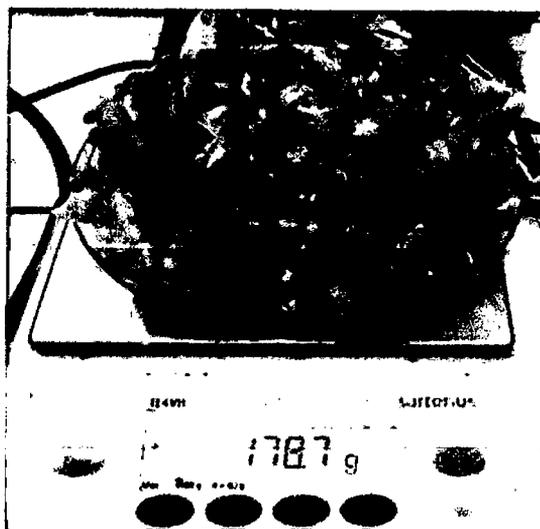
Figura N° 5.- Secado de los residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia

Nif

Figura N° 6.- Pesado de los residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia

c) **Molienda.-** Luego de secado se molerá el exoesqueleto de langostino para volverla un polvo.

Figura N° 7.- Molienda de los residuos sólidos

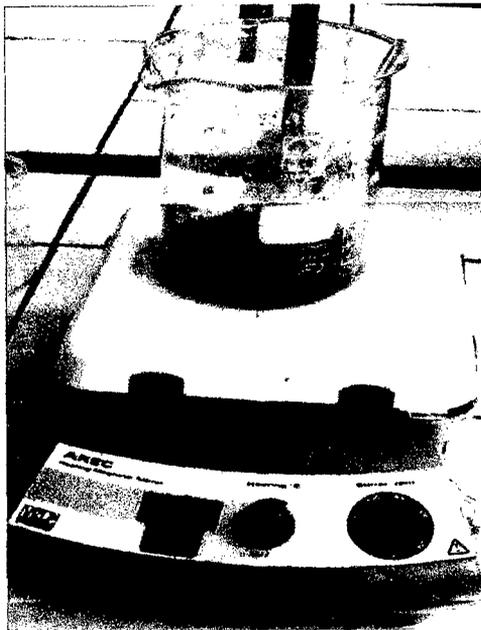


Fuente: Elaboración propia

mf

e) Desmineralización.- Los exoesqueletos (20g) se mezclaron con una solución de ácido clorhídrico 1.5N con agitaciones constantes y a temperatura ambiente por dos horas, luego se filtró y se lavó con agua destilada.

Figura N° 8.- Proceso de desmineralización



Fuente: Elaboración propia

e) Desproteínización.- Se trata el producto utilizando NaOH al 0.8N, se agitó constantemente por dos horas a temperatura 80°C.

mf

Figura N° 9.- Proceso de desproteínización



Fuente: Elaboración propia

f) Filtrado y purificado.- Se filtra una vez más y se realizan lavados con agua destilada caliente para eliminar el exceso de base. Este producto final es la quitina.

3.2.4. Obtención de Quitosano

a) Desacetilación.- La quitina fue sometida a un tratamiento alcalino con NaOH al 10N por 60 minutos a 90°C.

mf

Figura N° 10.- Proceso de desacetilación



Fuente: Elaboración propia

- b) Filtrado y purificado.-** Se filtra una vez más y se realizan lavados con agua destilada caliente para eliminar el exceso de base y se seca a 60°C. Este producto final es el quitosano.

mf

Figura N° 11.- Quitosano obtenido



Fuente: Elaboración propia

3.3. CARACTERIZACION DEL QUITOSANO

3.3.1. Contenido de Humedad

- Pesar la placa petri y anotar el peso
- Coloque 3 - 4 g de la muestra en la placa petri y pesar en la balanza analítica. Registre hasta centésimas.
- Ponga a secar las muestras en el horno a 130°C durante 1 hora

mf

- Saque la muestra del horno y póngala a enfriar en un desecador durante 10 minutos.
- Pese las muestras secas si es posible hasta peso constante,.
- Calcule el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente fórmula:

El %H se calculó con base en la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{mh(g) - ms(g)}{mh(g)} \times 100\%$$

mh = masa húmeda

ms= masa seca

3.3.2. Material insoluble

El porcentaje de materia insoluble se determinó disolviendo quitosano 0.5 % (p/v) en una solución de ácido acético 0.1M con agitación constante de 200 rpm, durante 24 horas; a continuación, la muestra se filtró (papel filtro grado 610) y se secó en una estufa hasta obtener un peso constante.

$$\% MI = \frac{\text{masa final (g)}}{\text{masa inicial (g)}} \times 100\%$$

3.3.3. Cenizas

- Poner a peso constante un crisol o cápsula de porcelana por cada muestra que se va a analizar, lo cual significa dejarlo durante 15 minutos en la mufla a una temperatura de 550° a 600°C.

- Dejar enfriar el crisol en un desecador durante 15 a 20 minutos. Procurar no cerrar el desecador totalmente, ya que el calor de los crisoles puede provocar que la tapa se proyecte y se rompa.

- Pesar el crisol en balanza analítica e identifíquelo con el número que tiene marcado en la parte inferior. Anotar el peso.

- Pesar en el crisol 1-2 gramos de la muestra de la muestra seca.

- Preincinerar la muestra exponiéndola a la flama del mechero de Bunsen.
- Incinere la muestra en la mufia precalentada entre 550° y 600°C durante 2 horas.
- Pese el crisol con cenizas (ya no deben estar negras, si lo están incinere otra media hora) en la misma balanza que utilizó inicialmente. Anote el peso. (AOAC,1994).

Peso del crisol con muestra - Peso del crisol vacío = Peso de la muestra

Peso del crisol con cenizas - Peso del crisol vacío = Peso de las cenizas

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{mf - mi}{mi} \times 100\%$$

mi= masa inicial

mf = masa

3.3.4. Grado de desacetilación

Se realizó una determinación potenciométrica para obtener el grado de N-desacetilación. El procedimiento básicamente consistió en disolver el quitosano con un exceso de NaOH. La solución de quitosano se valora con una solución de HCl. De esta manera, se obtiene una curva de pH vs mL de HCl, la cual presenta dos puntos de inflexión; la diferencia entre ellos se corresponde a la cantidad de ácido requerido para protonar los grupos amino del quitosano; la concentración de éstos se determinó utilizando la siguiente expresión:

$$\% NH_2 = \frac{16.1(y - x)}{w} \times M$$

donde y es el punto de inflexión mayor, x corresponde al punto de inflexión menor, ambos expresados como volúmenes, M es la molaridad de la solución de NaOH, w es la masa en gramos de la muestra y el número 16.1 es un factor asociado al tipo de proteína.

3.3.5. Contenido de proteína

El porcentaje de proteína (Pr) presente en el quitosano se determinó utilizando el método Kjeldahl, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% Pr = \frac{14.01 * N * V * 100 * F}{1000m} \times 100\%$$

Donde:

N = Normalidad del HCl

V = Vol. de HCl para la muestra en mL – Vol. de HCl para el blanco en mL.

14.01= Peso atómico del Nitrógeno

m = Masa de la muestra en gramos.

F = 6.25 (Valor asignado para proteínas en general)

IV. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUÍMICOS DE LOS RESIDUOS DE LANGOSTINOS

4.1.1. Contenido de Humedad

$$\% H = \frac{mh(g) - ms(g)}{mh(g)} \times 100\%$$

CUADRO N° 2.- % de humedad de los residuos de langostinos

MUESTRA	mh (g)	ms (g)	% H
1	3.5	0.7545	78.44
2	3.5	0.7360	78.97
PROMEDIO			78.71

Fuente : Elaboración propia

La humedad de los residuos sólidos 78.71%.

4.1.2. Contenido de proteína

$$\% Pr = \frac{14.01 * N * V * 100 * F}{1000m}$$

Donde:

$$N = 0.2$$

$$V = 16.3$$

14.01= Peso atómico del Nitrógeno

$$m = 0.5026g$$

$$F = 6.25 \text{ (Valor asignado para proteínas en general)}$$

CUADRO N° 3.- % de proteínas de los residuos de langostinos

MUESTRA	% Pr
1	56.8
2	57.1
PROMEDIO	56.95

Fuente : Elaboración propia

El porcentaje de proteínas de los residuos sólidos e 56.95%

mf

4.2. CARACTERIZACION DEL QUITOSANO

4.2.1. Contenido de Humedad

$$\%H = \frac{mh(g) - ms(g)}{mh(g)} \times 100\%$$

CUADRO N° 4.- % de humedad del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
Mh	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ms	3.3592	3.3516	3.3478	3.0362	3.3591	3.3668
%H	11.6	11.8	11.9	12.1	11.6	11.4
PROMEDIO %H	11.7		12.0		11.5	

Fuente : Elaboración propia

4.2.2. Material Insoluble

$$\% MI = \frac{\text{masa final (g)}}{\text{masa inicial (g)}} \times 100\%$$

CUADRO N° 5.- % de Materia Insoluble del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
mi (g)	1.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4
mf (g)	0.0228	0.018	0.0189	0.0211	0.0217	0.0205
%MI	1.52	1.50	1.46	1.51	1.45	1.47
PROMEDIO %MI	1.51		1.48		1.46	

Fuente : Elaboración propia

4.2.3. Cenizas

$$\% MI = \frac{\text{masa final (g)}}{\text{masa inicial (g)}} \times 100\%$$

Handwritten signature

CUADRO N° 6.- % de cenizas del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
mi (g)	1.85	1.72	1.46	1.54	1.65	1.68
mf) (g)	0.027	0.025	0.022	0.023	0.022	0.023
%Cenizas	1.46	1.48	1.49	1.52	1.34	1.36
PROMEDIO %Cenizas	1.45		1.50		1.35	

Fuente : Elaboración propia

4.2.4. Grado de desacetilación

CUADRO N° 7.- % de desacetilación en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I	II	III
% desacetilación	55	52	59

Fuente : Elaboración propia

mf

4.2.5. Contenido de proteína

**CUADRO N° 8.- % de Proteínas del quitosano en los tres
Tratamientos**

TRATAMIENTO	I	II	III
% PROTEINAS	1.58	1.60	1.56

Fuente: Elaboración propia

4.2.6.- Comparación entre los resultados del quitosano

**CUADRO N° 9.- Comparación entre los resultados de los quitosanos
obtenidos y el quitosano comercial**

	Comercial	Trat I	Trat II	Trat III
% Cenizas	0.61	1.45	1.50	1.35
% Humedad	13.67	11.7	12.0	11.5
Material insoluble	1.2	1.51	1.48	1.35

Fuente: Elaboración propia

my
△

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Los residuos sólidos de langostinos presentaron un contenido de humedad de 78.71%.
2. Los resultados del análisis físico químico de los residuos sólidos de los langostinos indican que son aptos para su empleo como materia prima en la producción de quitosano, ya que presentó un contenido de 56,95% de proteínas.
3. El contenido de humedad de las muestras de quitosano obtenido se evidencian valores superiores al 10%, en todos los casos. Tomando en cuenta que como resultado de la desacetilación termoalcalina la cantidad de grupos aminos libres en la cadena polimérica aumentan, es de esperar una mayor capacidad de absorción de agua en el quitosano, respecto a la quitina.
4. Se encontró un % de materia insoluble de aproximadamente 1.5%, debido a que aún hay presencia de materia inorgánica.
5. El resultado correspondiente al porcentaje de ceniza cerca a 1.5%, está influenciado por la presencia de impurezas de tipo mineral, como el calcio,



contenido en sales de CaCO_3 o incluso la presencia de contaminantes metálicos.

6. El porcentaje de proteína que presentaron las muestras fue menor de 2%, muy bajo, comparado con el que contienen los residuos sólidos de los langostinos que es fue del 56.95%. Es decir, el proceso de desproteínización fue eficiente, pues se eliminó gran porcentaje de la proteína.
7. Se consiguió un alto grado de desacetilación entre 55 y 60% en las muestras obtenidas.
8. El quitosano obtenido en el tratamiento III fue más homogéneo y presentó mayor grado de desacetilación y menor % de proteínas que los obtenidos en los tratamientos II y III.
9. Las mejores condiciones de trabajo fueron las del tratamiento III: 2L de HCl 1.5N, 1.5L de NaOH 0.8N y 2L de NaOH 10N por cada 500 g de materia prima.
10. Los resultados de porcentaje de ceniza, humedad y materia insoluble demuestran que la pureza del quitosano obtenido es aceptable en comparación con el quitosano comercial, como se observa en el Cuadro N° 9 y es funcional como para aplicarlo, por ejemplo, en el control ambiental



VI. REFERENCIALES

- 1.- BOEREMA L.K . 1974 "Provisional note on shrimp assessment and management". Documento presentado al Government consultation on shrimp resources in the CICAR area. Caracas, Venezuela, 23 – 28 September, 197.Roma, FAO, FIR:SR/WP 12 – 3:13 p.
- 2.- Dhanikula AB, Panchagnula R, *The AAPS Journal*, 6 (3), artículo 27 (2004)
- 3.- Fernandez, S.O. 2004. Physicochemical and functional properties of crawfish chitosan as affected by different processing protocols. A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in The Department of Food Science.
- 4.- GARCÍA S ,LERESTE L. 1986. "Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros". FAO Doc.Tec.Pesca, (203):180 p.

5.- García, T., Roca J. "Industrialización de los crustáceos para la obtención de Quitosano en unguento con efecto cicatrizante". Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto de Investigación Ger. Octubre 2008.

6.- Gerente, C., et al. (2007). "Application of Chitosan for the Removal of Metals from Wastewaters by Adsorption Mechanisms and Models". Review. Vol. 37 pp. 41-127. Critical Reviews in ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY.

7.- Hidalgo, Claudia. REVISTA IBEROAMERICANA DE POLIMEROS, volumen 10(1): "Estudio de quitosanos cubanos derivados de la quitina de la langosta" universidad de la habana, Cuba, 2009.

8.- Lárez C., Sánchez A., Uzcátegui J., Millán E., Lárez H. "Conductimetric studies of chitosan in aqueous medium". Polymer Bulletin, (2006).

9.- Lemus, J.; Martínez, L. "Obtención y uso de quitosano para tratamientos dérmicos a partir de exoesqueleto de camarón". Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar Boletín Electrónico No. 07.

10.- Méndez M. 1981 "Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) de mar y ríos de la costa del Perú". Bol. Inst. Mar Perú. Vol 5. Callao - Perú. 170 pp.

11.- Peniche Covas C “Estudios sobre quitina y quitosana”. Tesis Doctoral. Facultad de Química, Universidad de la Habana, Cuba (2006).

12.- Sánchez A., Sibaja M., “Síntesis y caracterización de hidrogeles de quitosano obtenido a partir del camarón langostino (*pleuroncodes planipes*) con potenciales aplicaciones biomédicas”. Revista iberoamericana de Polímeros. Volumen 8(4), Septiembre de 2007.

13.- Surmay, A.; Carrascal, M. “Obtención de quitosano a partir de desechos de la industria camaronera y su aplicación en la remoción de mercurio y cianuro de aguas contaminadas”.. Semillero de Investigación LIFFUC, Facultad de Ciencias Farmacéuticas; Universidad de Cartagena, 2010.



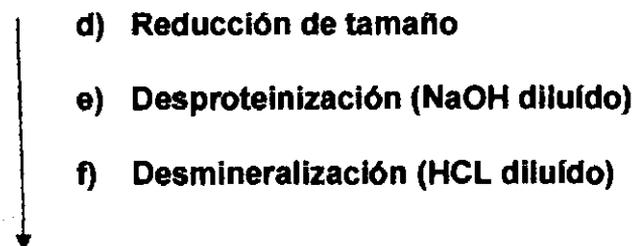
VII. APÉNDICE

7.1. OBTENCION DE QUITOSANO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LANGOSTINOS

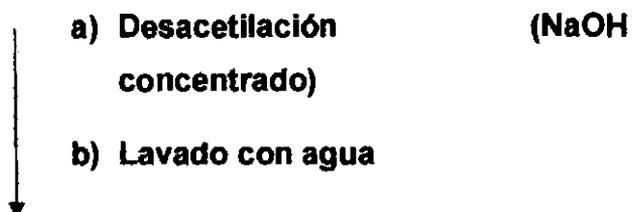
7.1.1. Metodología

Figura N° 4.- Diagrama de las etapas del procedimiento experimental

CAPARAZON DE LANGOSTINO



QUITINA



HOJUELAS DE QUITOSANO



QUITOSANO EN POLVO

Fuente : Elaboración propia

7.2.1. Diseño experimental

Cuadro N° 1.- Volumen de reactivo por 500g de materia prima

Reactivo	Volumen del reactivo en L por 500g de materia prima		
	I	II	III
HCl 1.5N	3	2.5	2
NaOH 0.8N	2.5	2	1.5
NaOH 10N	2.9	2.5	2

Fuente : Elaboración propia

7.2. RESULTADOS DEL ANALISIS FISICOQUÍMICO DE LOS RESIDUOS DE LANGOSTINOS

7.2.1. Contenido de Humedad

CUADRO N° 2.- % de humedad de los residuos de langostinos

MUESTRA	mh (g)	ms (g)	% H
1	3.5	0.7545	78.44
2	3.5	0.7360	78.97
PROMEDIO			78.71

Fuente : Elaboración propia

La humedad de los residuos sólidos 78.71%.

7.2.2. Contenido proteína

$$\% Pr = \frac{14.01 * N * V * 100 * F}{1000m}$$

Donde:

$$N = 0.2$$

$$V = 16.3$$

14.01= Peso atómico del Nitrógeno

$$m = 0.5026g$$

F = 6.25 (Valor asignado para proteínas en general)

CUADRO N° 3.- % de proteínas de los residuos de langostinos

MUESTRA	% Pr
1	56.8
2	57.1
PROMEDIO	56.95

Fuente : Elaboración propia

mf

El porcentaje de proteínas de los residuos sólidos es 56.95%

7.3. CARACTERIZACION DEL QUITOSANO

7.3.1. Contenido de Humedad

CUADRO N° 4.- % de humedad del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
Mh	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ms	3.3592	3.3516	3.3478	3.0362	3.3591	3.3668
%H	11.6	11.8	11.9	12.1	11.6	11.4
PROMEDIO %H	11.7		12.0		11.5	

Fuente : Elaboración propia

mf

7.3.2. Materia Insoluble

CUADRO N° 5.- % de Materia Insoluble del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
mi (g)	1.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4
mf (g)	0.0228	0.018	0.0189	0.0211	0.0217	0.0205
%MI	1.52	1.50	1.46	1.51	1.45	1.47
PROMEDIO %MI	1.51		1.48		1.46	

Fuente : Elaboración propia

7.3.3. Cenizas

CUADRO N° 6.- % de cenizas del quitosano de los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I		II		III	
mi (g)	1.85	1.72	1.46	1.54	1.65	1.68
mf (g)	0.027	0.025	0.022	0.023	0.022	0.023
%Cenizas	1.46	1.48	1.49	1.52	1.34	1.36
PROMEDIO %Cenizas	1.45		1.50		1.35	

Fuente : Elaboración propia

mf

7.3.4. Determinación del grado de desacetilación

CUADRO N° 7.- % de desacetilación en los tres tratamientos

TRATAMIENTO	I	II	III
% desacetilación	55	52	59

Fuente : Elaboración propia

7.3.5. Contenido proteína

**CUADRO N° 8.- % de Proteínas del quitosano en los tres
Tratamientos**

TRATAMIENTO	I	II	III
% PROTEINAS	1.58	1.60	1.56

Fuente: Elaboración propia

7.3.6.- Comparación entre los resultados del quitosano**CUADRO N° 9.- Comparación entre los resultados de los quitosanos obtenidos y el quitosano comercial**

	Comercial	Trat I	Trat II	Trat III
% Cenizas	0.61	1.45	1.50	1.35
% Humedad	13.67	11.7	12.0	11.5
Material insoluble	1.2	1.51	1.48	1.35

Fuente: Elaboración propia