

## **ANALISIS DE LOS METODOS PARA EXTRACCION DE QUITINA DE LOS RESIDUOS DE CAMARON SEGUN PARAMETROS ECONOMICOS Y AMBIENTALES**

### **ANALYSIS METHODS FOR REMOVING WASTE CHITIN SHRIMP AND ENVIRONMENTAL ECONOMIC PARAMETERS AS**

Jairo Zubiria Suarez<sup>1</sup> y Alex Jiménez, De las Salas<sup>2</sup>

1. Universidad de La Guajira. Facultad de Ingeniería

2. Universidad Libre de Colombia. Programa de Microbiología Industrial

[jzubirias@uniguajira.edu.co](mailto:jzubirias@uniguajira.edu.co).

Recibido: Mayo 10 de 2014 Aceptado: Septiembre 20 de 2014

---

#### **RESUMEN**

El cultivo de camarón ha permitido una gran entrada de divisas a nuestro país, debido a las exportaciones de camarones de cultivo; las cuales alcanzaron en el año 2006, 38 millones de dólares anuales, lo que ha incrementado el interés por otros gobiernos de incorporar la camaronicultura dentro de sus estrategias de desarrollo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). Sin embargo los residuos generados por esta industria amenazan fuertemente su productividad, debido a que la industria de camarón en el mundo arroja toneladas de desechos al mar sin ningún tipo de control, generando esto un desequilibrio ecológico. Este trabajo consistió en la selección de métodos de extracción de quitina reportados en la literatura, divididos en tres tipos de métodos: químicos, enzimático y fermentativo, enfocando el análisis hacia la efectividad y al cuidado ambiental; además se presentan los antecedentes de varios países latinos americanos que aprovechan los desechos del camarón.

Palabras Claves: Fermentación láctica, Extracción química, Método enzimático

---

#### **ABSTRACT**

The cultivation of shrimp allowed a large influx of foreign currency in our country through exports of shrimp cultivation; which arrived in the year 2006 to 38 million dollars annuals, which generated increased interest by other governments to incorporate camaronicultura into their development strategies (Ministry of Agriculture and Rural Development, 2006). However, the waste generated by the industry severely threaten their productivity due to the shrimp industry in the world, throws tons of waste at sea, with no control over generating this an ecological imbalance. This work consisted in selecting methods of extraction of chitin reported in the literature, divided into three types of methods: chemical, enzymatic and fermentative, focused on the analysis into the effectiveness and environmental care. In addition presents the background of several Latin American countries to take advantage of shrimp waste.

Keywords: Lactic fermentation, chemical extraction, enzymatic method

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La quitina es el segundo compuesto orgánico más abundante en la naturaleza, después de la celulosa. Tanto la quitina como el quitosano, producto de su desacetilación, son polisacáridos notables debido a que poseen propiedades fisicoquímicas excepcionales. Las fuentes comerciales potenciales de quitina son los caparzones de jaiba, camarón, langosta, krill, almejas, ostras y calamar, aunque es importante señalar a la industria de la fermentación basada en hongos como otra fuente de quitina (Kurita, 2006). La quitina es muy útil en las industrias farmacéuticas, de alimentos, cosmética y de empaques. El término quitina deriva de la palabra griega *kítos*, que significa cavidad o túnica, y hace referencia a su dureza (Conde, 2007).

La quitina es un polisacárido, compuesto de unidades de N-acetilglucosamina (exactamente, N-acetil-D-glucos-2-amina). Estas están unidas entre sí con enlaces  $\beta$ -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 (Figura 1). Esto permite un incremento de los enlaces de hidrógeno con los polímeros adyacentes, dándole al material una mayor resistencia (Rudrapatnan y Tharanathan, 2003).

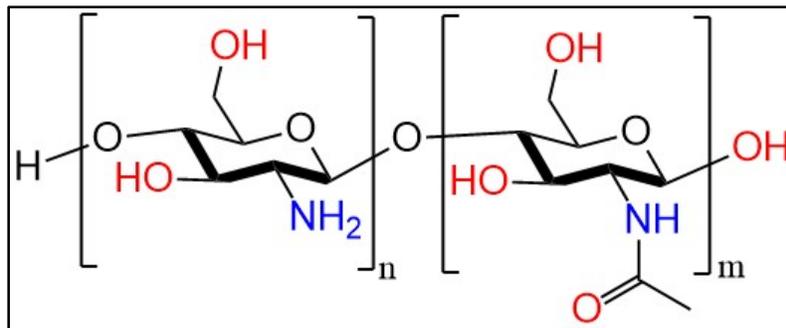


Figura. 1. Estructura química de la quitina y quitosano. Fuente: (Gonzales *et al.*, 2002).

En este trabajo se analizaron diferentes métodos de extracción de quitina a partir de camarón mediante la estandarización de técnicas de extracción reportadas en la literatura, con el fin de ser aplicadas en futuras investigaciones.

## 2. Aplicación de la quitina en la industria

En la actualidad, son muchas las aplicaciones que se le da al uso de la quitina y quitosano. A continuación mencionaremos algunas de ellos en la industria farmacéutica y alimenticia.

**Desarrollo de recubrimientos y película:** El quitosano representa una alternativa interesante en la formulación de recubrimientos y películas comestibles, debido a sus propiedades bioquímicas y formadoras de película. Este polímero ha sido empleado con éxito en estudios realizados sobre tomates, pepinos, calabacines y algunas frutas.

Las películas con quitosano son resistentes, duraderas, flexibles y muy difíciles de romper, con propiedades mecánicas similares a algunos polímeros comerciales. Tienen una moderada permeabilidad al agua, constituyen buenas barreras para la penetración del oxígeno, disminuyen las tasas de respiración, retrasan el proceso de maduración debidos al etileno y dióxido de carbono y además inhiben el desarrollo fúngico (Larez, 2006).

La estructura molecular del quitosano posibilita también que actúe como liberador de sustancias de una manera controlada, pudiéndose utilizar para incluir aditivos o ingredientes funcionales en los recubrimientos de alimentos frescos o mínimamente procesados (Bohinski, 2005).

**Tratamiento de aguas:** Para el procesamiento de alimentos y obtención de agua potable, en la remoción de colorantes y en la remoción de metales (Lemus *et al.*, 2008).

**Agente antimicrobiano:** En lo que respecta a la actividad antimicrobiana del quitosano, su espectro de acción es amplio, afectando a bacterias, mohos y levaduras. Esta propiedad ha sido ampliamente descrita en estudios basados en experimentos *in vitro* frente a diversos grupos de microorganismos. Aunque su actividad antimicrobiana depende de diversos factores que pueden limitar su eficacia, los estudios demuestran que se puede considerar un compuesto interesante para su utilización como conservante en alimentos, con un potencial considerable para mejorar la calidad y seguridad de los mismos.

Los mohos y levaduras son el grupo más sensible al quitosano, seguidos de las bacterias Gram-positivas y las Gram negativas (Gonzales *et al.*, 2002).

**Aditivo:** Por sus propiedades espesantes, gelificantes, y emulsificantes, el quitosano y sus derivados pueden ser considerados mejoradores de la textura de los alimentos, ya que fijan agua y grasa. También pueden ser utilizados como estabilizantes del color, o como agentes floculantes, utilizándose para la clarificación de bebidas (vinos, zumos, etc.).

Diversos estudios ponen de manifiesto también la efectividad del quitosano como antioxidante secundario, por su habilidad de quelar iones metálicos implicados en la catálisis de las reacciones oxidativas (Brugnerotto y Lizardib, 2001).

**Cosméticos:** Se puede añadir como agente hidratante, emulsificante, emoliente, espesante, formación de películas. En la salud: en el control del colesterol, liberación de drogas, prótesis dentales, suturas, biomateriales, vendas para los ojos, antibacterial, anticongelante (AOAC, 2005).

**Industrias farmacéuticas:** En la industria farmacéutica es usada como excipiente para la fabricación de tabletas. En protección ambiental, el quitosano o quitosano, un derivado de la quitina, se emplea como agente floculante para clarificar (López, 2012).

**Alimentación funcional:** El quitosano constituye un compuesto prometedor en el campo de la alimentación funcional. Así, por ejemplo, el quitosano puede actuar como liberador de ingredientes funcionales en los recubrimientos de alimentos frescos o mínimamente procesados. También, debido a su mecanismo de acción, se puede considerar que tiene propiedades similares a las de la fibra dietética (Majeti, 2000).

El quitosano se puede utilizar para la encapsulación de compuestos fácilmente oxidables y con alto valor nutricional, como los ácidos grasos del pescado EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico). Algunos estudios demuestran que el quitosano puede ser un material apto para la encapsulación de este tipo de compuestos (Wang, *et al.*, 2006).

En el campo de la medicina, diversos estudios han demostrado la capacidad del quitosano para reducir de forma efectiva la absorción de grasa de la dieta, reducir la presión sanguínea y disminuir los niveles de colesterol sérico. Esto se produce gracias a un mecanismo de formación de enlaces iónicos con los que se fija a diferentes tipos de aniones tales como ácidos grasos libres, y a su capacidad de formar micelas con el colesterol (Chaussard y Domard, 2004)

**Bebidas y vinos:** La quitina desacetilada ha sido utilizada como un material adsorbente de intercambio de ion para clarificar jugo de piña ultrafiltrado (Vielma, 2010). El quitosano ha sido también usado acertadamente para evitar la coloración de jugo de manzana a niveles de 200ppm o más. La eliminación de componentes fenólicos (catequinas, flavinas, ácidos cinámicos, 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 (Aranaz *et al.*, 2009).

**Medicina:** En medicina, el quitosan actúa como antiácido, reduce notablemente la placa dental y es usado en la curación de úlceras y lesiones en el nivel tópico. Por otro lado, aprovechando que son partículas que no se absorben, han sido empleados como acarreadores de enzimas, células, pigmentos, sabores y nutrientes (Fernández *et al.*, 2009).

**Biotecnología:** Se puede usar en la inmovilización de enzimas, en el encapsulamiento, la inmovilización de células y la reutilización de proteínas (Donard, 1989; Youn y Prinyawiwatkul, 2009)

### 3. Métodos de extracción

Algunos de los siguientes métodos han sido empleados para la extracción de quitina: Fermentación láctica, métodos químicos y métodos enzimáticos o la combinación de estos.

#### 3.1 Fermentación láctica

La fermentación láctica es utilizada para la estabilización de los desechos de camarón, de la cual adicionalmente se pueden recuperar productos de alto valor agregado, como quitina, pigmentos, proteínas, y lípidos. Cira *et al.*, (2002), evaluaron el azúcar de caña, la lactosa y el suero de leche como posibles fuentes de carbono en la fermentación láctica en concentraciones de 10 y 20% (p/p base húmeda), así como niveles de inóculo de 5 y 10 % (v/p base húmeda) con *Lactobacillus plantarum*. Las condiciones que presentaron un descenso más rápido del pH hasta un valor de 4.4 y una (ATT = acidez total titulable) de 3.0% en 48 horas fueron 10% de azúcar de caña (p/p) y 5% de cultivo iniciador (v/p). Con estas condiciones se escaló a 2Kg. en un reactor de fermentación sólida, determinándose un tiempo de 6 días de fermentación, un porcentaje de desproteínización 89.4 % y una descalcificación de 82.5%.

En la fermentación de residuos de camarón con *Pediococcus acidolactici* CFR2182 con unas condiciones de fermentación de 5% (p/p) de inóculo (con 8.28 Log UFC/ml), 15 % (p/p) de glucosa y 72 h de incubación a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . N. Bhaskar *et al.*, (2007) obtuvieron una disminución del pH a 4.30 y una producción de quitina indicada por la desproteínización y la eficiencia en desmineralización fueron  $97.9 \pm 0.3\%$  y  $72.5 \pm 1.5\%$  respectivamente.

Jung *et al.*, (2005) realizaron la fermentación láctica para la desmineralización de los residuos de caparazón del cangrejo rojo utilizando *Lactobacillus paracasei tolerans* KCTC – 3074, a diversas concentraciones (0, 2,5, 5,0, 10,0%) de glucosa se adicionaron como una primera fuente de carbono y varias cantidades (2,5, 5,0, 10,0%) del cultivo bacteriano se inocularon como cultivo iniciador.

El crecimiento, microbiano fue dependiente a las concentraciones de glucosa, pero poco dependiente del nivel de inóculo. El pH disminuyó rápidamente desde el pH 8 a pH 6 durante el primer día, en los tres niveles de inóculo. Al 5º día de fermentación se observó que al incrementar los niveles de inóculo, 2,5, 5,0, y 10,0% hubo una disminución del pH de 5,5, 5,1 y 4,6, un incremento en el ácido total titulable (ATT) de 3,1, 4,5 y 8,3% y una disminución del contenido de ceniza residual de 26,6, 25,9 y 19,0% respectiva. Se encontró una relación negativa entre el pH y el nivel de desmineralización ( $r^2 = 0,8571$ ), pero hubo una relación positiva entre el ácido total titulable (ATT) y nivel de desmineralización ( $r^2 = 0,5532$ ).

En otro trabajo de fermentación de cabezas de camarones y del caparazón con *Lactobacillus plantarum* en reactores de tambor con un volumen interno de  $3\text{dm}^3$ . Mukku y Muñoz (2007) al fermentar los residuos del camarón (cabeza y caparazón) por separado obtuvo un rendimiento de quitina cruda de 4,5% en cabezas de camarón y 13% en caparazón. Este método dió como resultado una desmineralización del 88% y una desproteínización del 83% para cabeza de

camarón y una desproteínización de 66% y desmineralización 63% para el caparazón. En ambos casos el licor obtenido fue de buena calidad con un elevado contenido de aminoácidos esenciales, por lo que se puede utilizar para la producción de proteína en polvo. La quitina cruda se refinó y convirtió en quitosano utilizando 12,5 M NaOH.

Mukku (2005) determinaron los factores que afectan al *Lactobacillus plantarum* en la fermentación de los desechos de camarón, específicamente en la producción de quitina y licor de proteína. El objetivo de la fermentación fue acondicionado por medio de *Lactobacillus* a través de la producción de proteasas y la reducción del pH. La eficacia fue probada mediante la realización de la fermentación de residuos en vasos de 1L de precipitado, con o sin el ajuste del pH con diferentes ácidos. La adición de 5% de glucosa a los residuos, soporta el crecimiento de bacterias lácticas y realiza una mejor fermentación. Entre cuatro ácidos probados para controlar el pH al principio y durante la fermentación, el ácido acético y el ácido cítrico demostraron ser los más eficaces. En residuos orgánicos fermentados con 6,7% *L. plantarum* de inóculo, 5% de glucosa, y pH 6,0 ajustado con ácido acético se logró un 75% de desproteínización y un 86% desmineralización. La sustitución de ácido acético por el ácido cítrico incrementó hasta un 88% la desproteínización y a 90% la desmineralización. La fermentación realizada en presencia de ácido acético dio lugar a una fracción de proteínas y una fracción de quitina muy limpia.

Barrios y Pérez (2007), en su estudio encontró que el crecimiento del *Lactobacillus plantarum*, permanece aproximadamente 14h en fase *lag* o de retraso, termina la fase exponencial aproximadamente a las 24 h durando en la fase estacionaria 12 h tiempo a partir del cual inicia la fase de muerte, al proveerle una mayor fuente de carbohidratos y brindarle una atmósfera con CO<sub>2</sub>. Las condiciones que lograron resultados de gran valor con respecto a los demás, fueron la presencia de CO<sub>2</sub>, la fuente de carbono del suero de leche 30%(p/p) y nivel de inóculo 15% (v/p) del cultivo iniciador, resultaron un rápido descenso de pH, después de 72 h y (ATT) de 0.917. El descenso del pH y aumento de acidez nos indica que la producción de ácido láctico a partir de la fuente de carbono, el cual reaccionó con los minerales que se encuentran unidos a la quitina, logró la desmineralización parcial del 73.2% a los tres días de la fermentación y la desproteínización obtenida durante la fermentación fue del 93.2% a los tres días.

Este descenso del pH es llevado a cabo por las enzimas presentes en el desecho del camarón las cuales actúan sobre las proteínas, provocando la hidrólisis y dando lugar a la producción del licor.

### 3.2 Extracción Química

De acuerdo con Parada *et al.* (2007) la extracción de la quitina inicia tomando los exoesqueletos de camarón, molidos y tamizados, los cuales se someten a un proceso de despigmentación química con solventes como: éter de petróleo, agua y acetona en la proporción 15/10/75. Para ello se coloca la harina en un matraz provisto de agitación magnética, por 2hs a temperatura ambiente, después es filtrado y finalmente se seca a 50°C durante 6 horas. El producto obtenido en la fase anterior se somete a una descalcificación con ácido clorhídrico 1 M durante tres horas a temperatura ambiente con agitación constante. Finalmente, se procede a filtrar haciendo lavados con agua destilada hasta alcanzar la neutralidad del medio.

Posteriormente se realiza la desproteínización química, la cual se lleva a cabo en un matraz equipado con condensador de reflujo, empleando hidróxido de sodio al 4,5%, con una relación masa de harina/volumen de disolución básica de 1/15. El proceso se realiza durante 3 horas, a 65°C y con agitación constante. El producto obtenido se purifica filtrando y realizando lavados con agua destilada a 37°C para sustraer el exceso de base.

En otra investigación Saavedra *et al.* (2007), utilizaron un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2x3 para evaluar el efecto de las variables de proceso. Fueron utilizadas en la desproteínización concentraciones de 0.4% y 2% de NaOH y para la desmineralización HCl en

concentraciones de 3% y 5% a temperaturas de 40, 50 y 60°C. En base al contenido de cenizas, quitina y rendimiento de quitina, las condiciones óptimas para realizar el proceso de desproteínización fueron NaOH al 2%, y desmineralización con HCl al 5% a 50°C.

García *et al.* (2007) afirma que es posible trabajar con desechos de langostas secos y triturados a un tamaño de partículas promedio de 1 cm<sup>2</sup>. En el caso de que se emplee cefalotórax se aconseja la remoción de las vísceras cuando el material está aún fresco para evitar un proceso de lisis. El proceso se inicia adicionando HCl 2N en relación sólido líquido 1:10 durante 2h a temperatura ambiente. Dado que el 50% del material inicial está formado principalmente de calcio, se obtiene importantes volúmenes de CO<sub>2</sub> puro, así como una solución ácida impura de CaCl<sub>2</sub> al 5%.

Las industrias Kylan señalan que el aislamiento de la quitina se inicia con la desproteínización, sometiendo los caparazones de crustáceos a un calentamiento prolongado con una solución al 2% aproximadamente, de carbonato de sodio durante 3 a 4 hs, el cual libera de los caparazones de camarón el material proteico. Este tratamiento es seguido por un proceso de desmineralización donde el residuo es bien lavado y sometido a una extracción ácida para eliminar las sales inorgánicas, principalmente el carbonato cálcico; el material se sumerge en una solución de 2 a 5% de HCl a temperatura ambiente durante 12 a 24 h. Luego de desmineralizado los caparazones, se lavan con agua y se someten a otro tratamiento con carbonato de sodio para obtener un producto relativamente puro y blanco con 90% de quitina aproximadamente. La quitina obtenida por este método tiene un contenido de nitrógeno de 6.0 a 6.6%, dependiendo de la concentración de ácido clorhídrico usada en la desmineralización (Kylan Corporation, 2007).

### 3.3 Métodos Enzimáticos

Gagné (2007) utilizó enzimas proteolíticas como, proteasas bacterianas, quimotripsina tipo II (CE 3.4.21.1) y papaína tipo (CE 3.4.22.2). La desmineralización de los desechos de camarón se realizó usando ácido acético al 1.75N a temperatura ambiente (25°C) por 12hs. El material desmineralizado se recuperó por filtración, se enjuagó con agua desionizada y se secó a 65°C en una estufa. El material desmineralizado fue desproteínizado con varias enzimas proteolíticas (quimotripsina, papaína) usando reguladores para su actuación como tris-base 0.05M, pH 6.5 a 9.1 (CaCl<sub>2</sub> a 0.1M) y cisteína 0.05M, pH 6.8 A 8.8 (con Na<sub>2</sub> EDTA 2 NM).

La actuación eficiente de las enzimas va a depender de la temperatura y su nivel de pH inicial por esta razón la desproteínización se hizo en matraces de erlenmeyer tapados incubados por 72h a varias temperaturas con agitación constante a 140rpm, encontrándose que las mejores condiciones para las enzimas son: quimotripsina, una temperatura a 40 °C y un pH 8.0, dio un rendimiento de 46,4% de proteínas y para papaína, una temperatura a 40°C y un pH 8.6, el rendimiento fue de 48,8%

Ibrahim F. (2007) afirma que las enzimas son particularmente adecuadas para las industrias de alimento por varias razones. Ellas son de manera natural un material biológico los cuales son catalogados como no tóxicos y actúan de manera específica. Por otra parte el control de las reacciones enzimáticas se logra con bastante facilidad con ajustes de la temperatura y pH. Algunos investigadores han tratado de desproteínizar residuos de crustáceos para la producción de quitina por digestión de enzimas. Ramírez (2000) recomendó el uso de la papaína, pepsina y tripsina para la desproteínización de crustáceos durante la extracción de quitina.

Yi-Su (2007) describe un procedimiento para desproteínizar caparazón de crustáceo por medio de bacterias proteolíticas (*Pseudomonas aeruginosa* LC 102) sobre la materia prima. Ellos

reportaron que después de 24 horas la proteína residual, en la concha era de 1%, y encontró este método preferible para evitar la desacetilación.

Gagne (2007) utilizó diversas enzimas proteolíticas (quimotripsina, papaína bacteriana y proteasa) para desproteínizar crustáceos. De las tres proteasas probadas, quimotripsina resultó ser la más eficaz. Las condiciones óptimas utilizando la metodología de la quimotripsina es utilizar el pH 8 durante 72 horas a 40°C y una proporción enzima a sustrato de 7:10 (w/v).

Wang y Chio. (2000) expone que la *P. aeruginosa* K-187 produce además de la quitinasa y lisozima una proteasa útil para la desproteínización de desechos de caparacho de camarón y cangrejo. La proteasa de *P. aeruginosa* K-187, fue producida bajo las óptimas condiciones de cultivo, se realizarán las pruebas de residuos de crustáceos para la desproteínización. El porcentaje de eliminación de proteínas para gambas y cangrejo de concha en polvo (SCSP), después de 7 días de incubación es de 72%, mientras que la de los naturales de camarón (NSS) y tratados con ácido SCSP fue de 78% y 45%, respectivamente. En contraste con las proteasas producidas a bajas condiciones de pre-optimización, los porcentajes de remoción de proteína para desechos de camarón y de cangrejo, conchas de camarones, y los desechos de camarón y de cangrejo tratadas con ácidos fueron respectivamente 48%, 55% y 40%.

La proteasa producida por *P. aeruginosa* K-187 puede ser inmovilizada sobre un soporte polimérico reversiblemente soluble (hidroxipropil metilcelulosa, acetato, succinato). La enzima inmovilizada fue soluble arriba de un pH 5.5 pero insoluble debajo de un pH 4.5. La utilización de la enzima inmovilizada para la desproteínización de gambas y cangrejo de concha en polvo resultó en una remoción de proteína del 67% en contraste la remoción de proteína usando la enzima no inmovilizada fue de 72%.

### 3. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los métodos de extracción expuestos anteriormente, podemos concluir que estos plantean distintas maneras de extraer los minerales y proteína de los crustáceos como la cabeza y caparazón de camarón para así llegar a un producto final común que es la quitina.

Para lograr este objetivo se plantean distintas técnicas de extracción como son métodos químicos, enzimas producidas por microorganismos o fermentación microbiana, todos arrojarán el mismo resultado pero así como varían los métodos empleados para este objetivo también varía la cantidad de quitina extraída de los residuos de crustáceos.

Si se escoge el método químico para extraer la quitina, encontramos que al compararlo con el método de fermentación microbiana resulta este con mayor rendimiento que el método químico sin embargo, el tiempo requerido por el método de fermentación microbiana es más amplio que lo requerido en los demás métodos.

En método mediado por enzimas tiene la ventaja de que las enzimas que este utiliza van a actuar específicamente en el sustrato, pero la cantidad de desproteínización es de 73%, es menor que en el método de fermentación microbiana que es de 88%. Sin embargo el método enzimático contribuye con el ecosistema debido a que las enzimas son producidas naturalmente por microorganismos y son no tóxicas para el ambiente y por ende a la salud humana, por el contrario los productos químicos sí perjudican notoriamente el ecosistema.

Finalmente, si se desea eficacia para extraer la quitina de los residuos de camarón, recomendaríamos aplicar la técnica de fermentación microbiana pero si lo que se necesita es eficiencia al extraer la quitina de los residuos de camarón recomendaríamos aplicar la técnica mediada por productos químicos

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005, Official Methods of Analysis, Methods 925.10 Humedad, 18th Edition, USA, Cap., 4, 33–36.
- Aranaz, I.; Mengibar, M.; Harris, R.; Paños, I.; Miralles, B.; Acosta, N.; Galed, G.; Heras, Á., 2009, “Functional Characterization of Chitin and Chitosan”, *Current Chemical Biology*, 3, 203–230
- Barrios Sierra M., Perez T.Vanessa. 2007. Efecto del CO<sub>2</sub> y lactosuero e inóculo a diferentes concentraciones en la producción de ácido láctico por parte de *Lactobacillus plantarum* sobre la desproteínización y desmineralización de carapacho de camarón para la extracción de quitina. Atlántico Barranquilla 75 p. trabajo de grado. Universidad Libre de Colombia seccional Barranquilla Facultad Ciencia de la Salud. área de microbiología
- Bhaskar N., Suresh P.V., Sakhare, P.Z. and Sachindra, N.M. 2007. Shrimp biowaste fermentation with *Pediococcus acidolactici* CFR2182: Optimization of fermentation conditions by response surface methodology and effect of optimized conditions on deproteination/demineralization and carotenoid recovery Pag. 570.
- Bohinski, Robert C.2005. Bioquímica. Homopolisacáridos; celulosa, quitina. Quinta edición. México, printed in México. P 398-399.
- Brugnerotto J, Lizardib J.2001. “An infrared investigation in relation with chitin and chitosan characterization”, *Polymer*, 42, 3569
- Conde, M. 2007. Las promesas de la quitina el segundo polímero natural más abundante [Online]. May 16,. [Citado 28 de noviembre de 2007]. Disponible en Internet:[http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article\\_769.php](http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_769.php)
- Cira L., Huerta S., shirai K. 2002. Fermentación láctica de cabezas de camarón (*Panaeus sp*) en un reactor de fermentación sólida. Revista Mexicana de ingeniería química, vol.1 número 1-2. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Distrito Federal, México.
- Chaussard, G.; Domard, A., 2004, “New Aspects of the Extraction of Chitin from squid Pens”, *Biomacromolecules.*, 5, 559–564.
- Donard A.1989. “Physicochemical properties of chitinous materials”, *Advances in chitin science*, 3, 24
- Fernández, C.; Ausar, S.; Badini, R.; Castagna, L.; Bianco, I.; Beltramo, D., 2009, “An FTIR spectroscopy study of the interaction between  $\alpha$ -casein-bound phosphoryl groups and chitosan”, *International Dairy Journal.*, 13, 897–901. [31] Pillai CK, Paul W, Sharma CP “Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation”, *Progress in Polymer Science*, 34, 641
- García, A., Pinotty, A. y Zarytzk, N. 2007. Obtención y caracterización de quitina y quitosano extraídos de exoesqueletos de camarón (*Panaeus vannamei*). Facultad de Ciencias e ingeniería en alimentos Ambato-Ecuador.
- Gagné, N. 2007. Production of chitin and chitosan from crustacean waste and their use as a food processing aid. Montreal. Department of Food Science and Agricultural Chemistry McGill University, A Thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science.
- Gonzalez, V., Guerrero, C., Ortiz U. 2002. Estructura química y compatibilidad de poliamidas con quitina y quitosano
- Ibrahim, Farag. 2007. Partial Purification and Characterization of Chitin Deacetylase from *Mucor rouxii*. Montreal, Canada March,. Food Science & Agricultural Chemistry Department Macdonald Campus, McGill University Ste Anne de Bellevue. 39 p.
- Kylan Corporation .2007. Obtención y caracterización de quitina y quitosano extraídos de exoesqueletos de camarón (*Panaeus vannamei*). Facultad de Ciencias e ingeniería en alimentos Ambato-Ecuador.
- Kurita K .2006. “Chitin and chitosan: Functional biopolymers from marine crustacean”, *Marine Biotechnology mini-review*, 8, 203

- Larez C .2006. “Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro”, Avances de Química, 1, 15
- Lemus J., Martínez L., Navarro M., Posadas .2008.Á., Obtención y uso de quitosano para tratamientos dérmicos a partir de exoesqueleto de camarón. Facultad de Ingeniería No. 07
- López Adriana .2012. “Obtención de derivados de almidón y quitosano a partir de materias primas y desechos sólidos industriales”. Tesis Doctoral. Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Química. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.
- Majeti , Ravi K.2000. “A review of chitin and chitosan applications”, Reactive & Functional Polymers, 46, 1
- Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. 2006. Observatorio de Agro cadenas de camarón comercio exterior de Colombia- Bogota.
- Mukku, R. 2005.Chitin production by *Lactobacillus* fermentation of shrimp biowaste in a drum reactor and its chemical conversion to chitosan
- Mukku R., Muñoz S. 2007. Critical factors in chitin production by fermentation of shrimp biowaste . Volume 54, Number 6
- Parada L., Crespín G., Miranda G., Katime I. 2007.Caracterización de quitosano por viscosimetría capilar y valoración potenciométrica. Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(1).
- Ramírez M., Cabrera G., Gutiérrez A. Y Rodríguez T. 2000. Metodología de obtención de quitosana a bajas temperaturas a partir de quitina. Cultivos Tropicales 21(1):81-84.Revistas-Científicas/Cultivos-Tropicales.
- Rudrapatnan N, Tharanathan SK.2003. “Chitin The undisputed Biomolecule of great potential”, Critical reviews in food science and nutrition, 43,1,61
- Saavedra, A., Toledo, A., Esquerri, I., Luviano, A. y Ciapara, I. 2007.Métodos de extracción de quitina a partir de cáscara de camarón . Venezuela 1998, volumen 48 – numero 1.
- Solomon, Berg, Martin. 2001.Biología: los crustáceo son miembros fundamentales de las tramas alimentarias marinas. 5 ed. México D.F. Alejandro Bravo Valdez . p. 628-63
- San-Lang Wang y Sau-Hwa Chio. 2000.Protease produced by *Pseudomonas aeruginosa* K-187 and its application in the deproteinizacion of shrimp and crab shell wastes *Enzyme and Microbial Technology, Volume 12, Issues 1-2, Pages 3-10.*
- Youn DK, No HK Prinyawiwatkul W 2009. “Physicochemical and functional properties of chitosans affected by sun drying time during decoloration”, LWT Food Science and Technology, 42, 1553
- Yi-Su O., Ing-Lung S., Yew-Min T. &San-Lang W. 2007.Protease produced by *Pseudomonas aeruginosa* K-187 and its application in the deproteinizacion of shrimp and crab shell wastes *Enzyme and Microbial Technology, Volume 27, Issues 1-2, Pages 3-10.*
- Vielma A .2010. “Evaluación del proceso de decoloración de los caparazones de cangrejos provenientes de la Industria cangrejera”. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo. Venezuela
- Wang QZ, Chen XG, Liu N, Wang SX, Liu CS, Meng XH, Liu CG.2006.“Protonation constants of chitosan with different molecular weight and degree of deacetylation”, Carbohydrate Polymers, 65, 194
- W. J. Jung, J. H. Kuk, K. Y. Kim, and R. D. 2007.Park. Demineralization of red crab shell waste by lactic acid fermentation . Volume 67, Number 6.