

2011

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA

Unidad Iztapalapa

PRODUCCIÓN DE QUITINA Y QUITOSANO

NUEVO PROCESO BIOTECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE QUITINA Y QUITOSANO.

Universidad Autónoma Metropolitana

QUITINA Y QUITOSANO DE ALTA CALIDAD A PARTIR DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA

Antecedentes

A nivel nacional, el camarón es la principal especie en la producción pesquera. Tan sólo para el año 2009 se tuvo una producción de 180,953 toneladas. Dicha cantidad representa un valor de producción de \$8,005 millones pesos, siendo éste el 46.8% del total del valor de producción pesquera.

Referente al estado de Sinaloa, esta industria es una de las principales actividades económicas, habiendo reportado ese mismo año un volumen de producción de 55,838 toneladas. Sin embargo, la producción de camarón ha generado efectos colaterales, ya que ocasiona grandes cantidades de desperdicios. Según estudios de la SAGARPA se estima que las cantidades ascienden a la mitad de lo producido, por lo cual se ha vuelto una preocupación por el daño ambiental que ocasiona.

Asimismo, los productos de bajo valor agregado, como el camarón sin mayor procesamiento, no influyen de gran manera el crecimiento económico de las regiones.

Dicha situación, dio origen a la investigación de la Dra. Keiko Shirai Matsumoto, Profesora-Investigadora de la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), quién desarrolló un nuevo proceso para la obtención de productos de alto valor agregado a través de desperdicios de camarón, ofreciendo así una solución con doble propósito: i) el uso de desperdicios de camarón, y ii) el origen a nuevas industrias con productos de alto valor agregado que proporcionen amplias derramas económicas al estado.



Rectoría de la Unidad Iztapalapa

El proyecto de investigación de la Dra. Shirai derivó en la patente “Reactor estático y procedimiento para la extracción de Quitina, Proteínas, Calcio y pigmentos a partir de desperdicios de camarón en base húmeda mediante fermentación láctica utilizando *Lactobacillus plantarum*” en favor de la UAM.

Producto y Proceso

Producto

La Quitina es el segundo polisacárido de mayor abundancia en la naturaleza. La estructura molecular del polímero posee excelentes propiedades mecánicas que permiten la formación de fibras y películas biodegradables. Entre sus derivados se encuentra el Quitosano, la Astaxantina, las Proteínas, los Pigmentos y el Calcio. El primero de ellos es el principal y se obtiene a través de la desacetilación enzimática.

Ambos polímeros, la Quitina y el Quitosano son recursos renovables, y tienen la ventaja de no ser agentes contaminantes ni para el organismo que los utiliza, ni para el medio ambiente que los recibe.

Las propiedades de la Quitina y el Quitosano, como el peso molecular y el grado de desacetilación, dependen principalmente de

la fuente de obtención y de su método de producción. Asimismo, su contenido de humedad y de nitrógeno permitirá establecer sus grados de calidad.

Entre las propiedades biológicas que presenta el Quitosano son: i) Biocompatible, es decir, tiene la propiedad que permite sustituir o regenerar los tejidos vivos y sus funciones; ii) Acelerador de la formación de osteoblastos responsables de la formación ósea; iii) Hemostático, fungistático, espermatocida y anticolesterémico; iv) Depresor del sistema nervioso central, entre otras. Estas propiedades y sus efectos, dan lugar a posibles aplicaciones. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades y efectos de la Quitina y Quitosano

| Propiedades | Efectos |
|---|--|
| Floculación | Purifica las aguas residuales |
| Adsorción de metales pesados | Adsorbe y precipita los metales pesados |
| Biodegradación | Siendo materia orgánica es degradada por microorganismos |
| Actividad antimicrobiana | Inhibe el crecimiento bacteriano |
| Inmunización | Mejora la inmunidad del cuerpo |
| Activación de las células | Promueve la secreción de lisozima |
| Activación del cuerpo | Acelera la curación de heridas |
| Aceleración de la regeneración de tejido de la piel | Tela delgada con alto éxito en las quemaduras |
| Adsorción de sal | Reduce la presión arterial alta |
| Inhibición de la absorción de aceite | Ayuda al cuerpo a deshacer el exceso de grasa |
| Reducción del colesterol | Captura el colesterol y reduce su nivel |
| Acción hemostática | El sangrado es fácilmente detenido |
| Acción de liberación lenta | Permite la liberación constante y a menor velocidad de medicamentos para maximizar su eficacia |

Fuente: TEC SERVICE

Proceso

El proceso documentado tradicional y de mayor uso por la industria química para la obtención de la Quitina y el Quitosano tiene cuatro elementos críticos: i) Desmineralización, ii) Desproteínización, iii) Decoloración y iv) Desacetilación. A través de éste, los productos resultantes presentan diferentes pesos moleculares y grados de desacetilación que dependerán de las condiciones de reacción.

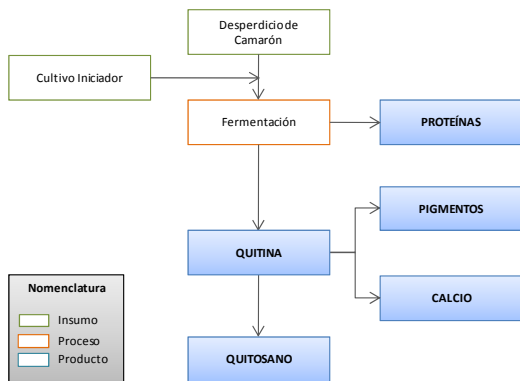
Sin embargo, en este procedimiento, los subproductos como la Proteína, Astaxantina y Calcio se destruyen por el uso de sustancias corrosivas en altas concentraciones como hidróxido de sodio y ácido clorhídrico. El uso de estas sustancias redundará en un problema de contaminación, liberando efluentes más peligrosos que los propios subproductos marinos.

La **nueva tecnología de proceso** elabora productos con características químicas de mayor calidad y reduce costos de producción por el menor uso de insumos para su obtención. De la misma manera permite el procesamiento de los residuos de crustáceos sin tener un impacto ambiental negativo, contribuyendo a la reducción de los niveles de contaminación al medio ambiente siendo factible obtener otros productos con valor agregado.



En este nuevo proceso se emplean microorganismos (cultivo iniciador) y enzimas que se encargan de manera suave de purificar la Quitina de proteínas y minerales. El cultivo iniciador además conserva el desperdicio de camarón a temperatura ambiente evitando la putrefacción. El siguiente diagrama resume el proceso productivo mediante bloques con base en la transformación de la materia prima y productos resultantes.

Gráfica 1. Proceso productivo para la obtención de la Quitina y Quitosano



Fuente: UAM

Modelo de Negocio

El modelo de negocio primario que nace de la nueva tecnología de proceso se sustenta en diferentes bases: el proceso, el producto, la ubicación y la materia prima.

Tecnología de proceso

La nueva tecnología de proceso transforma los desechos de crustáceos en Quitina, Quitosano, Proteína, Astaxantina y Calcio, los cuales son productos de alto valor agregado con una amplia demanda comercial para los sectores farmacéutico, cosmético, agrícola, alimentario y de tratamiento de aguas.

La primera de las ventajas nace de utilizar la humedad de los residuos de crustáceos, la cual permite disminuir en un 50% el uso de agua durante el proceso, en comparación con los existentes en el mercado que usan altas cantidades del líquido. Lo anterior debido a que la nueva tecnología de proceso usa el agua proveniente de la materia prima, es decir la humedad de los residuos de crustáceos, los cuales contienen

aproximadamente 75 por ciento de humedad.

La segunda de las ventajas proviene del cultivo de microorganismos que se usa durante el proceso productivo, ya que libera de manera natural ácidos que degradan y purifican los desechos hasta la obtención de productos finales, lo cual facilita la reducción de químicos altamente agresivos, repercutiendo en menores costos de producción. Es decir, el proceso permite liberar proteína, estabilizar pigmentos y obtener sólidos con bajos niveles de impurezas.

La tercera ventaja se observa en el aprovechamiento de desperdicios de crustáceos como materia prima, lo que significaría un nuevo eslabón en la cadena productiva de crustáceos, integrando los sectores pesqueros, acuícolas y de procesamiento.

La disposición de desperdicios es una problemática común en gran parte de las costas mexicanas particularmente en Sinaloa que ocupa el segundo lugar de importancia a nivel nacional en la producción del camarón.

Tecnología de producto

Los productos resultantes del nuevo proceso son Quitina, Proteína, Astaxantina y Calcio únicos e inoivos de alta pureza que repercute en sus ventajas competitivas. De igual manera, los productos contienen la calidad y valor nutritivo para consumo directo e indirecto de humanos y/o animales. Consecuentemente, los productos tienen mayores aplicaciones de uso en relación a sus competidores.

La calidad mencionada es mayor por la purificación que se realiza en forma específica por microorganismos o enzimas, lo que evita una ruptura de la estructura molecular del producto, conservando un alto peso molecular. Por otra parte el no utilizar sustancias químicas en el inicio del proceso permite la obtención de subproductos de alto valor como Proteína, Astaxantina y Calcio que presentan un mayor periodo de vida en anaquel a temperatura ambiente, resultando así el aprovechamiento de los desperdicios y ocupando diversos mercados para estos productos.

La calidad de la Quitina y Quitosano obtenidos a través del nuevo desarrollo se analizó a la luz de los siguientes parámetros (ver Tablas 2 y 3): a) Contenido de humedad, b) Contenido de cenizas, c) Solubilidad del quitosano y d) Grado de acetilación (DA), los cuales son parámetros determinados de acuerdo a las normas internacionales de la American Society for Testing Materials (ASTM).

Tabla 2. Caracterización Quitosanos UAM y Comerciales

| Quitosano | Cenizas (%) | DA (%) |
|--------------------|--------------|--------------|
| Proceso UAM 1 | 1.51 ± 0.14 | 12.29 ± 0.91 |
| Proceso UAM 2 | 0.51 ± 0.016 | 23.82 ± 0.85 |
| Keumbo Chemical | 0.3+0.1 | 9.4+0.0 |
| Sigma Chemical | 0.2+0.1 | 10.1+1.1 |
| Pronova Biopolymer | 1.0+0.2 | 17.0+0.0 |
| DuPont | 0.2+0.1 | 27.5+0.0 |
| Pronova Biopolymer | 1.7+0.3 | 13.1+1.1 |

Fuente: UAM y Journal Agriculture Food Chemistry.

Tabla 3. Caracterización Quitina

| Quitinas | Cenizas (%) | M _v (kDa) | DA (%) |
|----------------|-------------|----------------------|------------|
| Proceso UAM | 1.73 + 0.10 | 823.57 | 100 + 0.53 |
| Método Químico | 1.53 + 0.2 | 641 + 0.8 | 94 ± 1 |

Fuente: UAM

Ubicación y logística

La ubicación es un factor de enorme importancia que ofrecerá una clara diferenciación del modelo de negocio con los competidores, porque la cercanía de la planta necesaria para el proyecto, con los centros de suministro de la principal materia prima -los desperdicios de crustáceos-, permitirá reducir los costos de suministro y transportación.



Materia prima

La materia prima, los desperdicios de camarón, juega un papel de gran importancia en el modelo que se debe implementar para el desarrollo tecnológico en cuestión.

Conforme a datos de 2009, Sinaloa contaba con 1,178 unidades económicas para la pesca y la industrialización del camarón, aunado a una superficie total de 450,000 acres disponibles para el establecimiento de granjas productoras de camarón, de las cuales 71,000 acres se encuentran en uso.

Universidad Autónoma Metropolitana

Tabla 4. Volumen de producción mensual de Camarón en Sinaloa, 2009

| Especie | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| Camarón | 2,327 | 736 | 3,316 | 139 | 2,722 | 4,921 | 6,381 | 4,673 | 6,227 | 11,638 | 8,986 | 3,772 | 55,838 |
| Desperdicio estimado | 1,164 | 368 | 1,658 | 70 | 1,361 | 2,461 | 3,191 | 2,337 | 3,114 | 5,819 | 4,493 | 1,886 | 27,919 |

Fuente: SAGARPA

En 2009 el estado de Sinaloa presentó una producción de camarón de 55,838 toneladas, de las cuales se estima que el 50% se traduce en desperdicios sólidos, materia prima para producir Quitina y Quitosano, por lo cual se cuenta con aproximadamente 27,919 toneladas anuales. El estimado mensual de la producción y el desperdicio para 2009 se presentan en la Tabla 4.

A nivel nacional, en 2009 la producción de camarón fue de 196,456 toneladas, de las cuales se estimaría que tuvieron como resultado 98,228 toneladas de desperdicio.

Mercado

En la actualidad la necesidad de la Quitina y Quitosano en los procesos productivos es de gran importancia por sus múltiples aplicaciones en los diversos sectores productivos, por lo cual la producción de ambas se ha mantenido en un crecimiento constante. Por ejemplo, los polímeros son usados como productos alternativos en el ámbito de las tecnologías agrícolas como bioestimulantes en el control de plagas y en la protección de semillas y frutos. El Quitosano no es la excepción, ya que además de funcionar como bioestimulante en el control de plagas tiene la capacidad de formar películas, no producir contaminantes y ser biocompatible.

En la industria cosmética, generalmente utilizan ácidos orgánicos como disolventes para diversas aplicaciones. Por ejemplo, el Quitosano como hidrocoloide catiónico facilita la interacción con las capas de la piel.

En alimentación apoya la floculación de proteínas y lípidos, además de tener una acción anticolesterolémica.

De igual manera el Quitosano encuentra un amplio panorama en aplicaciones biomédicas por ejemplo en ingeniería de tejidos, vendaje y cicatrización de heridas, tratamiento para quemaduras, oftalmología y como sistemas de liberación de fármacos.

El procedimiento consiste en recubrir con dicho polímero hilos quirúrgicos y gasas, en los cuales se introducen antibióticos. De esta forma se obtienen materiales de curación que presentan simultáneamente actividad antimicrobiana y cicatrizante, con una mejor biocompatibilidad gracias a que están recubiertos con un polímero natural.

Otra de las aplicaciones del Quitosano es en el tratamiento de aguas residuales. Es utilizado como agente floculante en el tratamiento de efluentes industriales porque liga impurezas en su estructura. De este modo, se le usa con éxito para retener metales en aguas residuales.

Universidad Autónoma Metropolitana

Respecto a la proteína en polvo, ésta tiene gran auge. Su uso va en incremento como complemento y suplemento alimenticio orientado principalmente a tratamientos en desórdenes alimenticios y en atletas de alto rendimiento.

La Astaxantina, en tanto, es un insumo medular en la elaboración de alimentos para la pigmentación de salmónidos (salmones y truchas) y que actualmente se obtiene como producto sintetizado químicamente y elaborado en países altamente industrializados.

Aspectos Financieros

La inversión estimada para la instalación de una planta con una capacidad instalada de 2.5 toneladas por día -la cual equivale al tamaño del reactor considerado para el proyecto-, es de \$28.6 millones de pesos. Asimismo, se tiene previsto que el tiempo aproximado de instalación de una planta basada en el modelo de negocio es de un año.

Tabla 5. Inversión necesaria para instalación de planta

| Concepto | Valor (\$) | Porcentaje |
|--------------------------------|------------|------------|
| Firma de licencia ¹ | 2,343,068 | 8% |
| Infraestructura | 9,606,880 | 34% |
| Equipamiento | 13,252,218 | 46% |
| Gastos Pre-operativos | 589,760 | 2% |
| Capital de Trabajo | 2,830,848 | 10% |
| Total | 28,622,774 | 100% |

Fuente: UAM

¹ Incluye la asesoría técnica para la instalación de la planta

Adicionalmente a la inversión presentada en la Tabla 5, la estructura financiera del proyecto toma en cuenta el pago por concepto de regalías a la Universidad. Los rendimientos de proceso por cada 2.5 toneladas de material entrante (desperdicio de camarón), son los que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Rendimientos de proceso

| Producto | Volumen/reactor |
|------------------------------|-----------------|
| Quitina comercial en hojuela | 198.8 kg |
| Astaxantina | 0.19 kg |
| Proteína | 352.5 kg |

El modelo financiero se basó en un precio unitario para la Quitina de \$672 /Kg, para la Astaxantina de \$13,342/Kg y para la Proteína de \$161/Kg, teniendo un precio por reactor (2.5 toneladas de desechos de camarón) de \$193,175 y un costo por reactor de \$41,439.

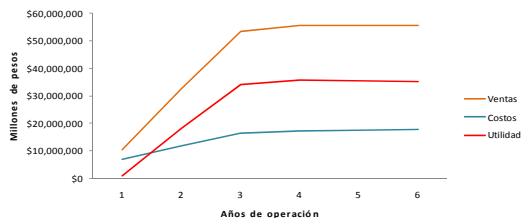
Los precios señalados representan el promedio de precios en el mercado de productos de calidad intermedia, lo que supone un cálculo conservador. Sin embargo no se debe olvidar que los productos resultantes de este nuevo modelo de negocio ofrecen productos de alta calidad y elevados índices de pureza. La proyección realizada para el proyecto en un ejercicio a 10 años, consideró un escenario donde existe un crecimiento gradual de la producción y ventas de los años 1 a 4, siendo hasta este último periodo en que el proyecto se estabiliza y entra en operación plena. Conforme a ello, para el primer año de operación se tiene un estimado de ventas equivalente a la producción de 54 reactores,

Universidad Autónoma Metropolitana

que representan 135 toneladas de material procesado, y se prevé un incremento para el cuarto año de operación a 288 reactores anuales (720 toneladas de material procesado).

Esto se traduce en un pronóstico de ventas para el primer año de 10.4 MP y para el cuarto de 55.6 MP (Gráfica 2).

Gráfica 2. Proyección de ventas, costos y utilidad



Fuente: UAM

Asimismo, como se mencionó con anterioridad, a partir del cuarto año y hasta el décimo año de operación, las ventas se estabilizan y presentan un costo anual de \$17.3 MP y una utilidad neta de \$35.7 MP para este periodo de tiempo (Tabla 6).

Tabla 6. Costos e ingresos anuales para el cuarto año de operación

| Costos | Materia prima | Utilidad |
|---------------------|--|------------------------|
| | (desperdicios de camarón) ² | |
| 17.3 Millones pesos | 720 toneladas | 35.7 Millones de pesos |

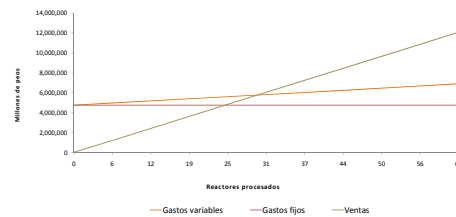
Fuente: UAM

El ejercicio financiero del modelo de negocio mostró un punto de equilibrio de 31 reactores por año, lo que representa el 10.8% de la capacidad instalada (Gráfica 3).

En cuanto a indicadores financieros, el Valor Presente Neto a un horizonte de 10 años es

de \$77.1 MP, con una Tasa Interna de Rendimiento (TIR) DE 120%, y un tiempo de recuperación de 2.5 años.

Gráfica 3 Punto de equilibrio en reactores



Fuente: UAM

Del análisis financiero se excluyó el Quitosano, debido a que es un subproducto de la Quitina. Es decir, son productos excluyentes para su obtención, como se observó en el diagrama de proceso, mientras que la Astaxantina y la proteína son subproductos que se obtienen durante el proceso de obtención de la Quitina o Quitosano, según sea el caso.

Conforme a los volúmenes de producción indicados, el proyecto para el primer año de operación tendrá una participación en el mercado del 0.4%, y para el cuarto año de operación será del 1.5% con respecto a la producción total mundial de Quitina que se encuentra alrededor de las 2,900 toneladas y presenta una tasa de crecimiento del 12.7% anual.

Informes:

Dra. Keiko Shirai Matsumoto, Investigadora

Tel. 55-58-04-49-21

Correo electrónico: smk@xanum.uam.mx

Coord. de Vinculación Académica, UAM-I

Lic. Elesban Martínez, Jefe de Proyectos

Tel. 58-04-47-97, ext. 112

Correo electrónico: emg@xanum.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, 2011.

² Considerando los rendimientos de proceso en la obtención de los productos finales, excluyendo el Quitosano.