ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DE LA OBTENCIÓN DE GLUCOSAMINA DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PENAEUS VANNAMEI Y TRACHYPENAEUS PACIFICUS A TRAVÉS DE HIDRÓLISIS ÁCIDA.

GLUCOSAMINE YIELD STUDY OBTAINED FROM CARAPACES OF PENAEUS VANNAMEI SHRIMP AND TRACHYPENAEUS PACIFICUS SHRIMP THROUGH ACID HYDROLYSIS.

Ing. Sandra Fajardo Muñoz, MSc
Docente de la Facultad de Ingeniería Química
Universidad de Guayaquil

Ing. Melvin Méndez
Facultad de Ingeniería Química
Universidad de Guayaquil

RESUMEN

La glucosamina es uno de los amino azúcares más abundantes en la naturaleza. Se encuentra fundamentalmente en el exoesqueleto de los artrópodos, crustáceos, moluscos e insectos, su fórmula química es (C6H13N05). Sus usos son variados, tanto en la medicina como regenerador y reparador de articulaciones en deportistas y personas con artritis y artrosis, así como materia prima en la elaboración de cosméticos y como aditivo para la producción de fertilizantes. Se lleva a cabo un estudio de caracterización del proceso de extracción de glucosamina contenida en un alto porcentaje en el caparazón de camarón principalmente mediante el análisis de tres variables del proceso tales como: la concentración de reactivos, el tiempo de reacción y el porcentaje de rendimiento en la extracción. Básicamente se realiza la separación molecular de la estructura del caparazón mediante hidrólisis ácida. Se observa variaciones experimentales al usar dos especies de camarones, camarón cebra (especie salvaje) y camarón rosado (especie de granja). El porcentaje de rendimiento presenta una alta dependencia a la especie usada. Para el camarón rosado se obtiene un rendimiento de 35%, mientras que para el camarón cebra el porcentaje alcanzó un 45 %, de Glucosamina. Ambos valores se asemejan al rendimiento teórico estimado (40%).

PALABRAS CLAVES: Camarón, Glucosamina, Exoesqueletos, Hidrólisis acida, Rendimientos de procesos químicos.

ABSTRACT

Glucosamine is one of the most abundant amino-sugars in nature. It is mainly found in the exoskeletons of arthropods, crustaceans, mollusks and insects, its chemical formula is (C6H13N05). It has various applications: in medicine as a regenerative and restorative of athletes' joints, including people with arthritis and osteoarthritis as well as in raw material for the cosmetic manufacture and as an additive for the development of fertilizers. It is carried out a characterization study of the extraction process of glucosamine which is contained in a high percentage in the shrimp shell. This was done through an analysis of three process variables such as the reagents concentration, reaction time and the percentage yield of the extraction. Basically, molecular separation from shell structure is performed by acid hydrolysis. Experimental variations are observed while using two shrimp species: the zebra shrimp (wild specie) and the pink shrimp (farm raised). The yield percentage shows a high dependence of the studied species. For pink shrimp a 35% yield of glucosamine is obtained, while for the zebra shrimp, the yield percentage was up to 45%. Both values are similar to the estimated theoretical yield of 40%.

KEY WORDS: Shrimp, Glucosamine, Exoskeletons, Acid Hydrolysis, Chemical Process Yields.

Recibido 28 de septiembre/2015. - Aceptado 27 de noviembre/2015
Publicado como artículo científico. Revista Ingeniería Química y Desarrollo 2015 Vol. 1 N°2
Julio - Diciembre 2015 pp. 49 - 56
ISSN 1390 – 9428

INTRODUCCIÓN

La glucosamina es un amino-azúcar presente en forma polimérica (quitina n-acetil-d-glucos-2-amina) "en exoesqueletos de ciertos organismo tales como los crustáceos, moluscos, artrópodos, hormigas, ciertos hongos, entre otros organismos" Horton, Derek; Wander, J.D. (1980). Por sus diferentes cualidades, esta molécula provee de un amplio rango de posibles aplicaciones. Sus principales usos se dan en la elaboración de medicinas, productos agrícolas, suplementos alimenticios e incluso cosméticos.

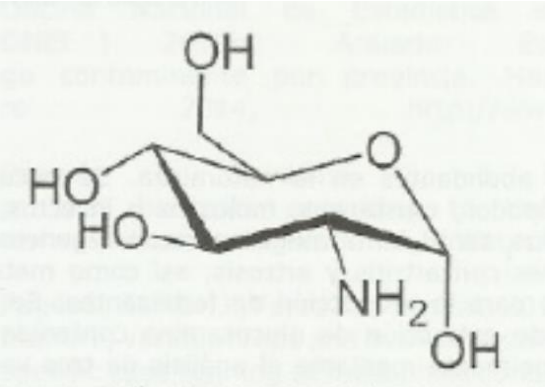

Figura 1. *Molécula de glucosamina (Mojtaba Amini, 2013).*

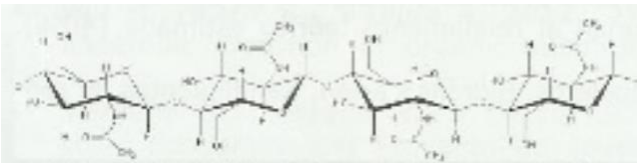

Figura 2. *Molécula de quitina (Morganti, 2012).*

Una de sus principales funciones tanto en el cuerpo humano como en animales, aparte de proteger las articulaciones también evita y repone el desgaste en las mismas, por lo que se suministra como medicamento a las personas que sufren de artrosis y artritis, es altamente recomendado (Laverty, 2005). Como suplemento alimenticio, evita la disminución del volumen muscular haciendo que el músculo mantenga su forma, aún después de no realizar actividad física o ejercicio de alta demanda energética (Fragakis, 2003). En los productos agrícolas es usado como aditivo en abonos por su alta capacidad de fortalecimiento de tallos, raíces y hojas; volviéndolas más resistentes a las plagas, hongos y enfermedades (Zhai, 2014). En la cosmetología es combinado con otros compuestos químicos para la elaboración de productos para el cuidado de la piel, ya sea como despigmentantes, antiarrugas, o rejuvenecedores.

Tipos de camarón

El camarón pertenece al grupo de los Peneidos o Penaeidae, de la familia de los crustáceos, orden de los decápodos marinos o de agua dulce. Se conocen como camarones o quisquillas. En este grupo entran también los langostinos y gambas (Carpenter, 2002).

En la mayor parte del perfil costanero del Ecuador se cría y se pesca el camarón (Bravo, 2003). Desde las costas de San Francisco hasta las costas de Chile existe un aproximado de 14 especies consumibles y comercializables (LEMUS, GARCÍA, & M., 1998), de estas, 4 son las que mayormente se consumen en el Ecuador y de ellas simplemente dos fueron incluidas en la investigación las cuales son detalladas a continuación:

- Camarón rosado (Penaeus vannamei) (Soro, 2007): llamado también camarón patiblanco, habita desde las costas de México hasta el noroeste de Perú, en aguas con fondos lodosos (arena y lodo), entre 5 a 75 m de profundidad. Alcanza una longitud de entre 15 y 23 cm, es de color blanquecino a amarillento un poco más oscuro en su parte dorsal (Figura 3). En el Ecuador es uno de los más comercializados por su facilidad de ser criado en piscinas camaroneras.

Figura 3. Camarón patiblanco.

- Camarón cebra (Trachypenaeus pacificus): conocido también como Rimapenaeus pacificus (Figura 4). Habita en la plataforma continental desde las costas de Estados Unidos hasta Chile en profundidades de hasta 200 m. Alcanza un largo de hasta 25 cm (Spivak, 1997). Es de color rojizo, con rayas blancas y negras en su abdomen. Por su gran tama-

ño este camarón es altamente demandado en el Ecuador, sin embargo debido a que presenta grandes dificultades y deficiencias biológicas al ser criado en piscinas camaroneras su valor de mercado es uno de los más altos de entre las diferentes especies de camarones.

Figura 4. Camarón cebra.

Exoesqueleto del camarón

El exoesqueleto del camarón y de los crustáceos en general, es una cubierta externa dura y resistente producida por las células epidérmicas. Esta estructura se halla en todos los animales del tipo artrópodos tales como: arácnidos, insectos, crustáceos. Este exoesqueleto sirve principalmente como agente protector. Adicionalmente facilita los procesos de respiración y mecánica del individuo. El exoesqueleto está compuesto generalmente por un polisacárido llamado quitina; polímero formado por cadenas rectas y simples no ramificadas de (n-acetil-d-glucos-2-amina). En ciertos casos este polisacárido se haya calcificado reforzado por carbonato de calcio, como en el caso de los cangrejos y langostas (Romero, 2013).

Composición química

La cáscara de camarón está constituida principalmente por quitina, pigmentos, proteínas y cenizas compuestas por minerales como calcio, magnesio y fósforo.

Depende de la especie de artrópodo los niveles o porcentajes de minerales cambian drásticamente, como en el caso de las langostas o cangrejos, estos últimos tienen altas concentraciones de calcio en sus exoesqueletos. Pero incluso dentro de una familia de artrópodos los porcentajes varían según la especie con la que se esté trabajando (Tabla 1) como en el caso del camarón.

Tabla 1: *Composición química de la cáscara del camarón.*

COMPONENTES	%
Quitina	17 - 32
Proteínas	17 – 42
Pigmentos	1 – 14
Cenizas	41 – 46

Fuente: Shari Rene Baxter, 2004

Se espera que por la forma en que son criadas las especies se observe una variación de los porcentajes de los componentes del caparazón. Esta circunstancia indiscutiblemente afectará en los resultados que se obtendrán para las diferentes especies.

METODOLOGÍA

La Figura 6, resume el diagrama de proceso para la obtención de glucosamina a partir del caparazón de camarones. Previo a la obtención de la glucosamina, la materia prima debe de ser procesada debido a su rápida degradación, por lo que deberá ser refrigerada a -15°C, para su conservación y posterior uso.

Inicialmente la materia prima debe ser separada de aquella que se encuentre en estado de descomposición. Simultáneamente se excluye las cáscaras (cabezas de camarón, patas y colas) de residuos orgánicos externos al animal o de deposiciones orgánicas pertenecientes a otras especies de mariscos. A su vez se eliminan cuerpos extraños (sólidos, plásticos, y metales). También se descartan las cáscaras contaminadas por enfermedades típicas del camarón como la "Mancha Blanca", u otra enfermedad de comprobación visual.

Procedimiento preparativo

Primero se debe lavar la muestra con agua añadiendo 5ppm de cloro. Luego, se seca a 50°C por 5 horas (Figura 5). Una vez secada se procede a triturar para consecuentemente molerla hasta que las partículas de polvo tengan un tamaño de 200 - 315 µm. Una vez finalizada la molienda, la muestra está lista para continuar con el procesamiento químico.

La humedad perdida promedio al secar la base de materia prima es de un 71.4%. El porcentaje representa el alto contenido de

humedad presente en las cáscaras que eventualmente favorecen y aceleran la degradación biológica.

Para maximizar el tiempo de vida útil de la materia prima es necesario secarla.

PROCEDIMIENTOS QUÍMICOS

Para obtener glucosamina a partir del exoesqueleto de crustáceos, es necesario aplicar previamente diferentes técnicas la cual nos permite eliminar las proteínas, despigmentar y desmineralizar la solución.

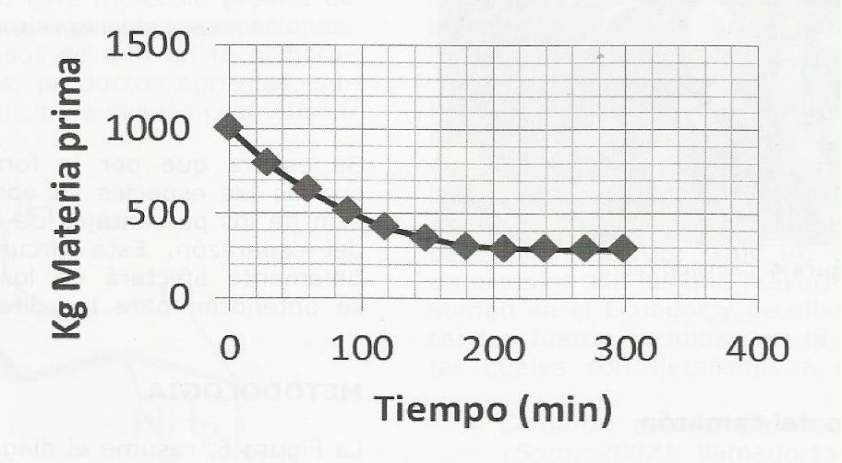

Figura 5. *Curva de secado de las cáscaras.*

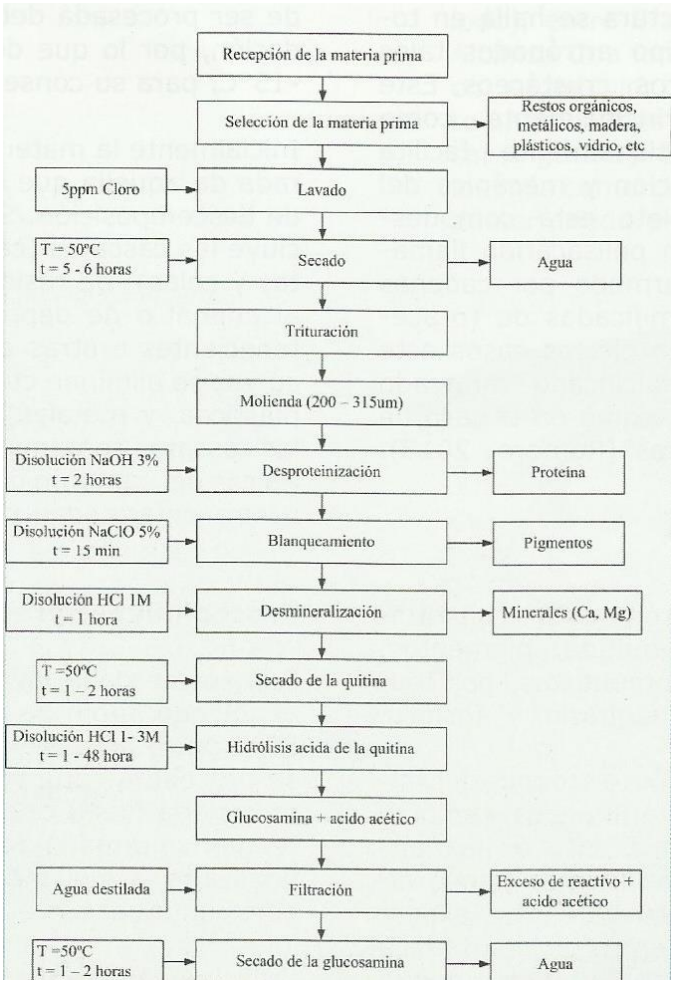

Figura 6. *Diagrama de proceso para la obtención de la glucosamina.*

Eliminación de las proteínas

En un vaso de precipitación de 500ml se agregan 100g de cáscara de camarón previamente molidas, luego se agrega una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) al 3% en una relación 3:1, esta mezcla se somete a una temperatura de 80°C, durante 2 horas, agitando constantemente hasta la obtención de una pasta homogénea. Una vez realizado esto, se procede a decantar eliminando el líquido, con lo que se obtendrá una masa de color rosado o verde grisáceo, este factor depende del pigmento presente en el caparazón del camarón y naturalmente de la especie con que se trabaja.

Despigmentación o blanqueamiento

La pasta obtenida en la desproteinización, debe ser blanqueada, proceso con el que se eliminan pigmentos. Esto inicia al someter la pasta a una disolución hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% durante un período de tiempo de 15 minutos en una relación 3:1, a temperatura ambiente, este proceso se debe repetir de 2 a 3 veces, hasta que la pasta se decolore lo suficiente. Posteriormente se decanta y elimina el líquido.

Desmineralización

Luego de obtener una pasta decolorada, procedemos a realizar la desmineralización, al añadir una disolución de ácido clorhídrico (HCI) 1M en una relación 3:1, mientras se añade se agita constantemente a temperatura ambiente por una hora. Una vez hecho esto se procederá a decantar y a eliminar el exceso de ácido lavándola con agua destilada caliente de 2 a 3 veces, y se filtra con papel filtro grueso #42.

Una vez filtrado se procederá a colocar la muestra en una estufa a una temperatura de 40°C por 30 minutos, de esta forma hemos obtenido la quitina.

Tratamiento final

Finalmente se realiza un proceso de Hidrólisis. Este mecanismo ha sido ampliamente usado (XIAO Hua, 2011) ya que los procesos de preparación de la muestra favorece la presencia de radicales que a su vez permiten separar los azúcares con alta eficacia. Cabe recalcar que la cantidad de los reactivos y el tiempo de reacción pueden variar según la especie de camarón, por las diferentes concentraciones de los componentes químicos para cada especie (tabla 1).

Hidrólisis ácida de la quitina

En un vaso de precipitación de 500ml se coloca la quitina obtenida en el proceso anterior, ésta la llevamos a calentamiento con una disolución de ácido clorhídrico (HCI) 1 - 3M, por un período de tiempo de 6 hasta las 48 horas a 100°C, una vez realizada la hidrólisis ácida (Figura 7). Finalmente, decantamos y descartamos el líquido sobrante, realizamos de 2 a 3 lavados con agua destilada caliente con el fin de eliminar el exceso del reactivo. La variación tanto en concentración de la disolución como en el tiempo de reacción de la misma se debe principalmente por la presencia de diferentes tipos de camarón en el proceso. Obtenido nuestro producto, es necesario eliminar la mayor cantidad de agua contenida, para ello realizaremos una filtración al vacío, para luego colocarlo en una estufa a 40°C por 4 horas, de esta forma obtenemos la glucosamina (Fig. 8).

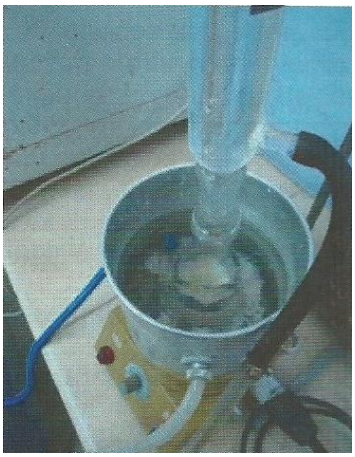

Figura 7. Hidrólisis ácida

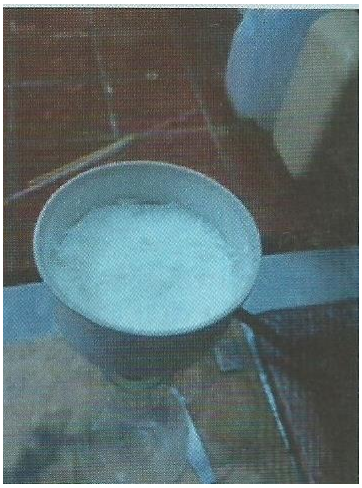

Figura 8. Glucosamina producto del proceso descrito.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se trabajó con dos variedades de camarón, de las más comercializadas en el Ecuador. El camarón rosado y el camarón cebra. Se llevaron a cabo 4 ensayos en donde uno varía la concentración de ácido clorhídrico y tiempo de exposición de la muestra a este reactivo. Solo en el primer ensayo, se usó ambas especies en donde se encontró que la cáscara del camarón cebra, es una fuente con alta concentración de quitina, mientras que para el camarón rosa, no se encontró rastros de glucosamina en la comprobación por el método químico. Por este motivo en los ensayos subsecuentes se enfocó principalmente, en encontrar las condiciones adecuadas de tiempo y concentración para obtener glucosamina de la cáscara del camarón rosa.

Rendimiento de glucosamina

Para el primer ensayo de la hidrólisis el tiempo fue de una hora y la concentración de reactivo fue de 1 Molar. La relación porcentual se obtiene de:

$$\%\ R = \frac{g\ de\ producto\ obtenido}{g\ de\ materia\ prima\ empleada}\ x\ 100\%\ (1)$$

Los resultados se muestran a continuación:

Rendimiento en masa para camarón rosado = 35%
Rendimiento en masa para camarón cebra = 45%

El análisis de los resultados obtenidos permiten inferir que para el caso del camarón cebra, la cantidad de reactivos utilizados en la hidrólisis ácida fue insuficiente, o que se requiere de más tiempo de reacción en ese proceso, o una mayor concentración de reactivo para obtener un mejorar el resultado y separar la glucosamina de la quitina.

También se puede deducir que en la desmineralización hubo precipitación del calcio, el cual quedó añadido en la quitina, aumentado así su peso y dando un porcentaje de rendimiento mayor que el del camarón rosado.

Prueba químico de la presencia de glucosamina

En ambos casos (Camarón rosado y camarón cebra), se realizó la prueba de reconocimiento químico de la presencia de la glucosamina. Para ello se utilizó el reactivo o licor de Fehling.

Esta prueba consiste en el uso de dos soluciones: la primera de sulfato cúprico cristalizado y agua destilada, y la segunda es una solución de sal de Seignette (tartrato mixto de potasio y sodio), hidróxido de aluminio y a gua. (Fehling, 1848).

Si hay presencia de azúcar en el reactivo este se reduce a óxido de cobre I, dando una coloración rojo ladrillo.

Para llevar a cabo la prueba de reconocimiento se colocan en un tubo de ensayo 5 ml de cada reactivo, al cual se le añaden 0.5 g de la muestra a estudiar, se colocan en baño maría y en aproximadamente 1 min, este debe de tornarse de color rojo ladrillo, si existe la presencia de azúcares.

Para el primer ensayo, la muestra del camarón rosado no presentó ningún tipo de coloración, lo que indica que el procedimiento no fue el adecuado, por lo que se debe repetir el procedimiento, mejorar el proceso, con respecto a la cantidad de reactivo a usar y el tiempo de reacción adecuados para esta especie de camarón.

En el caso de la muestra obtenida del camarón cebra la misma dio un anillo de color rojo ladrillo, con lo que se demuestra la presencia de glucosamina.

De los resultados obtenidos en el primer ensayo para el caso del camarón rosado, se dedujo que el tiempo de reacción no fue el indicado para sintetizar la glucosamina, por lo tanto se procedió a realizar nuevamente la prueba de determinación a tiempos de 6 y 12 horas de reacción de hidrólisis ácida, y determinar si el tiempo de la reacción es o no el adecuado, para la muestra de esta variedad de camarón.

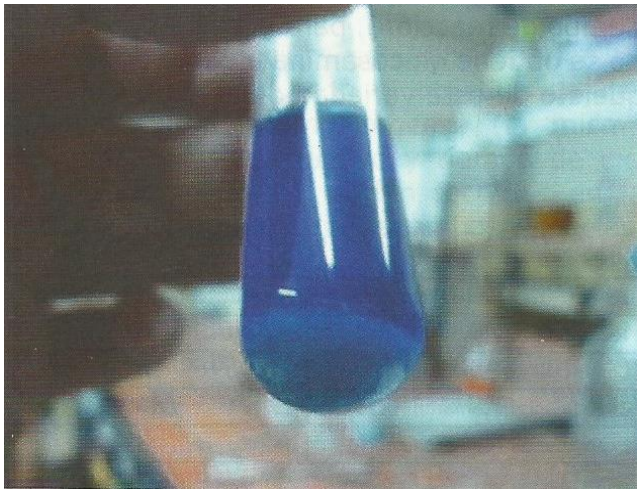

Figura 9. *Resultados de la Prueba de Fehling para el segundo ensayo (Camarón rosado).*

Los resultados del segundo ensayo, tanto para 6 como para 12 horas de hidrólisis ácida, fueron nuevamente negativos (Fig. 9), lo que indica que la reacción no se completa, pues no hubo tinción por parte del reactivo en ninguno de los dos casos. Se decidió realizar un tercer ensayo en el que se aumentó la concentración de la disolución de HCl a 2M, para obtener una reducción del tiempo de reacción y conseguir un mejor resultado.

La prueba realizada en el tercer ensayo; al aumentar la concentración del reactivo a 2M, durante un tiempo de 6 horas; mostró un resultado positivo a una escala apreciable con el reactivo de Fehling (Fig. 10). A partir de estos resultados, se procedió a aumentar la concentración del reactivo para un cuarto ensayo.

Figura 10. *Resultados de la Prueba de Fehling, para el tercer ensayo (Camarón rosado).*

La cuarta prueba se realizó aumentando la concentración del ácido clorhídrico a 3M, durante un periodo de tiempo de 6 horas. En este caso, se obtuvo una coloración, pero sin la formación de un anillo de coloración roja por la presencia de glucosamina como en el tercer ensayo.

Sin embargo hubo coloración en la mayor parte de la muestra (Fig. 11):

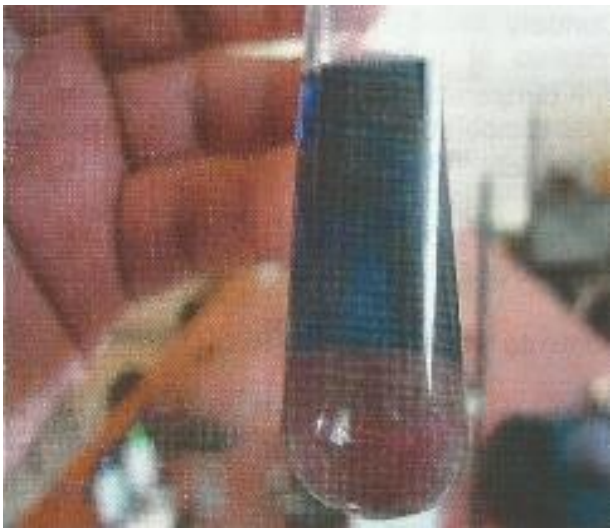

Figura 11. *Resultados de la prueba de Fehling, para el cuarto ensayo (Camarón rosado).*

Con estos resultados se puede concluir que para obtener un mejor rendimiento en la extracción de glucosamina a partir de la cáscara de camarón rosado, es importante mantener la concentración del reactivo a 3M, la temperatura de 100°C y un tiempo de reacción mayor a las 6 horas. Con 12 horas bastaría para lograr una reacción completa.

Prueba física de la presencia de glucosamina

Se realiza una prueba mediante el contraste de la temperatura de fusión teórica y experimental de la glucosamina. Para la realización de esta prueba se coloca en un tubo capilar una pequeña muestra de la sustancia, el cual se fija a un termómetro, y se sumerge hasta la mitad en un tubo Thielen, el cual contiene aceite o glicerina, posteriormente se procede al calentamiento del tubo Thielen.

Para la toma de datos, la primera toma, comienza cuando empieza a volverse líquido y el segundo dato cuando toda la muestra se disuelve en el aceite y sale del tubo capilar. En general se realizaron cuatro ensayos de medición y se resume los resultados de los valores más relevantes.

El punto de fusión teórico de la glucosamina es de 150°C, para calcular el punto

de fusión se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Punto de fusión} = (T_a + T_b) / 2 \qquad (2)$$

Donde:

T_a - temperatura de inicio de la fusión
T_b - temperatura en el cual se fundió totalmente el sólido

Datos obtenidos de la prueba del punto de fusión de la glucosamina comercial:

Punto de fusión = (146+153)°C/2 = 149,5°C

Resultados del punto de fusión del primer ensayo

Datos obtenidos de la prueba del punto de fusión del camarón cebra:

Punto de fusión = (134+150)°C / 2 = 142°C

La temperatura de fusión para la sustancia obtenida en el primer ensayo, para la variedad camarón cebra está muy por debajo de la temperatura del punto de fusión teórica de la glucosamina; sin embargo, el hecho que no haya sobrepasado la temperatura teórica, indica que aunque existe presencia de glucosamina en el precipitado producto de la hidrólisis ácida, es muy probable que durante ese proceso ocurrieron fallas en el mismo, por lo que no se desarrolló completamente la reacción.

En forma general, ésta falla se puede atribuir a la falta de la concentración del reactivo, y/o a que el tiempo de reacción no fue el adecuado.

Datos obtenidos de la prueba del punto de fusión de la glucosamina del camarón rosado:

Punto de fusión = (147+158)°C/2 = 152,5°C

La temperatura de fusión alcanzada de 152,5 °C, se entiende que no hay presencia de glucosamina en la prueba obtenida del camarón rosado, ya la misma sobrepasa la temperatura de fusión teórica de esta sustancia.

Este resultado coincide con los del reconocimiento químico de la glucosamina para el segundo ensayo, por lo que se puede afirmar que bajo las condiciones en que realizó la hidrólisis ácida (concentración del reactivo y el tiempo de reacción), para el segundo ensayo, no se obtiene glucosamina a partir del exoesqueleto de esta variedad de camarón.

Tabla 2: *Punto de fusión primer ensayo*

Glucosamina	Punto de fusión °C
Teórica	150 (XIAO Hua, 2011)
Comercial	149,5
Experimental (Camarón rosado)	152,5
Experimental (Camarón cebra)	142

Fuente: Elaboración propia

Resultados del punto de fusión del cuarto ensayo

Datos obtenidos del punto de fusión de la glucosamina del camarón rosado:

Punto de fusión = (142+150)°C / 2=146°C

Este valor de temperatura de fusión obtenido para la muestra del cuarto ensayo en la variedad de camarón rosado, por su cercanía al valor teórico de fusión de la glucosamina, indica que en la misma hay una mayor presencia de este amino - azúcar que en las muestras obtenidas en los tres ensayos anteriores, coincide con los resultados del reconocimiento químico realizado previamente.

Tabla 3: *Punto de fusión cuarto ensayo*

Glucosamina	Punto de fusión °C
Teórica	150 (XIAO Hua, 2011)
Comercial	149,5
Experimental (Camarón rosado)	146

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La velocidad de la reacción depende de la concentración del reactivo a utilizar. Si se excede la cantidad de reactivo que se debe adicionar, se puede determinar al consumir la glucosamina que se vaya formando.

No olvidar, que cada especie de camarón tiene concentraciones distintas de sus componentes en sus exoesqueletos, es necesario hacer un estudio previo para evitar fallas en

el proceso.

En esta investigación, se utilizaron dos tipos de camarones, con el objetivo de determinar si el mismo proceso (la misma concentración del reactivo y tiempo de exposición o reacción), serían factibles en la extracción de glucosamina ambas especies.

A partir de los resultados alcanzados se puede concluir, que para cada una de las especies es necesario utilizar diferentes concentraciones de reactivos y diferentes tiempos de reacción.

Para la especie del camarón cebra, se requiere de una concentración de ácido clorhídrico 2 Molar, y un tiempo de reacción de la hidrólisis ácida de 6 horas a 100°C.

Para la especie del camarón rosado se requiere, para la extracción de la glucosamina más eficiente, aumentar la concentración del HCl a 3 Molar, mientras que el tiempo de reacción requerido asciende a 12 horas en un ambiente a 100°C.

BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, E. (2003). LA INDUSTRIA CAMARONERA EN ECUADOR. Globalización y Agricultura. Jornadas para la Soberanía Alimentaria (págs. 20-31). Barcelona: Acción Ecológica. Obtenido de http://www.edualter.org/material/sobirania/enlace7.pdf
- Carpenter, K. E. (2002). THE LIVING MARINE RESOURCES OF THE WESTERN CENTRAL ATLANTIC (Vol. 1). Roma: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Obtenido de fao.org: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/y4160e/
- Fragakis, A. S. (2003). The Health Professionales's Guide to Populerar Dietary Supplements. American Society for Clinical Nutrition, 78(4), 808.
- Horton, Derek; Wander, J.D. (1980). The Carbohydrates Vol IB. New York: Academic Press. pp. 727-728.
- Laverty, S. (2005). Synovial fluid levels and serum pharmacokinetics in a large animal model following treatment with oral glucosamine at clinically relevant doses. Arthritis & Rheumatism, 52, 181-191.
- Mojtaba Amini, H. E. (2013). D-Glucosamine as an efficient and green additive for palladium-catalyzed Heck reaction. Chemical Papers- Slovak Academy of Sciences, 759-763.
- Morcillo, J. (1989). Temas Básicos de Química. Pearson Education.
- Morganti, P. (2012). Nanoparticles and Nanostructures Man-Ma de or Naturally Recovered: The Biomimetic Activity of Chitin Nanofibrils. Nanomaterials & Molecular Nanotechnology. doi:10.4172/2324-8777.1000101
- Romero, S. A. (2013). Prezi. Obtenido de Prezi: EXOESQUELETO DE SALES MINERALES: https://prezi.com/b6n0syo_cjwk/copy-of-exoesqueleto-de-sales-minerales/
- Shari Baxtera, S. Z. (2005). Molecular weight and degree of acetylation of high-intensity ultrasonicated chitosan. Food Hydrocolloids, 19, 821-830.
- Solomons.(1986). Fundamentos de la Química Orgánica (Vol.2). Mexico: Editorial Limusa noriega.
- Soro, L. (2007). Estudio de la obtención del Quitosano a partir del Caparazón de Camarón (Pennaeus Vannamei) y su aplicación en la estabilidad de una emulsión aceite en agua, Guayaquil: Esuela Politécnica del Litoral.
- Spivak, E. D. (1997). Los crustáceos decápodos del Atlántico sudoccidental (25°-55°S): distribución y ciclos de vida. Investigaciones marinas, 25, 69-91.

BIBLIOGRAFÍA

- Stanley. (1988). Química Orgánica (Vol. 1). Madrid: Mc Graw Hill.
- XIAO Hua, z. N.-b. (2011). Research on the Preparation of D-glucosamine Sulfate From Lobster Shell. Journal of Human Institute of Science and Technology.
- Zhai, T. (2014). FoodChem International Corporation. Obtenido de Applications and Uses of D-Glucosamine Hydrochloride: http://www.foodchemadditives.com/applications-uses/1533#sthash.s5uBQojy.dpuf

Ing. Sandra Fajardo Muñoz, MSc
- Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil.
- Master en Educación Superior, Facultad de Filosofía, Universidad de Guayaquil.
- Licenciada en Gastronomía, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil.
Email: sandra.fajardom@ug.edu.ec

Ing. Melvin Maxwell Méndez Lavayen
- Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil.
Email: melvinmaxwell@hotmail.com

Carlos Mackliff
- Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil.
Email: mackmack99@gmail.com