



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE BIOQUÍMICA EN ACTIVIDADES PESQUERA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Artículo Académico

Tema

Aprovechamiento de los desechos del camarón para la extracción de glucosamina mediante hidrólisis ácida.

Autora

Joselyn Loor Santana

Periodo 2023 - 1

Tutor: Ing. Diego Carrillo Mg.

Aprovechamiento de los desechos del camarón para la extracción de glucosamina mediante hidrólisis ácida.

Joselyn Loor Santana¹,

¹ Carrera de Bioquímica en Actividades Pesqueras, Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Correo institucional: e1315049344@live.uleam.edu.ec

RESUMEN

El camarón es un importante recurso pesquero que genera grandes cantidades de desechos, los cuales pueden ser utilizados para la producción de diferentes productos de valor agregado. Uno de estos productos es la glucosamina, una sustancia utilizada en la industria farmacéutica y alimentaria por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. En este sentido, se ha estudiado la extracción de glucosamina a partir de los desechos de camarón mediante un proceso de hidrólisis ácida. En los estudios realizados, se han utilizado diferentes métodos y condiciones de extracción para obtener la mayor cantidad de glucosamina posible. Se ha encontrado que factores como la concentración y el tiempo de hidrólisis ácida tienen un impacto significativo en el rendimiento de la extracción de glucosamina. Asimismo, se ha demostrado que los desechos de camarón son una fuente viable para la obtención de esta sustancia.

Palabras clave: Camarón, glucosamina, hidrólisis ácida, porcentaje de Rendimiento, exoesqueleto.

The use of shrimp waste for glucosamine extraction through acid hydrolysis

ABSTRACT

Shrimp is an important fishery resource that generates large amounts of waste, which can be used for the production of different value-added products. One of these products is glucosamine, a substance used in the pharmaceutical and food industry for its anti-inflammatory and antioxidant properties. In this regard, the extraction of glucosamine from shrimp waste through an acid hydrolysis process has been studied. Different extraction methods and conditions have been used to obtain the maximum amount of glucosamine possible. It has been found that factors such as the concentration and time of acid hydrolysis have a significant impact on the extraction yield of glucosamine. Additionally, it has been demonstrated that shrimp waste is a viable source for the production of this substance.

Keywords: Shrimp, glucosamine, acid hydrolysis, yield percentage, exoskeleton

1. INTRODUCCIÓN

El exoesqueleto del camarón es una fuente rica en quitina, un polímero que se encuentra en la naturaleza y que es fácilmente transformable en quitosano y, posteriormente, en glucosamina mediante hidrólisis ácida (Phan et al., 2021). La hidrólisis ácida es un proceso que se ha utilizado ampliamente para la extracción de glucosamina del exoesqueleto del camarón (Zhang et al., 2012). Los residuos del camarón son una fuente prometedora de glucosamina y pueden ofrecer una alternativa a la producción de glucosamina sintética (Weiss et al., 2011). Sin embargo, la calidad y la cantidad de glucosamina extraída de los desechos del camarón pueden variar según la especie de camarón, el método de producción y el método de extracción utilizado (Le & Yang, 2019). Por lo tanto, se necesitan más investigaciones para optimizar los métodos de hidrólisis ácida y mejorar la eficiencia del proceso de extracción de glucosamina a partir de los desechos del camarón (Phan et al., 2021). Además, se deben considerar los problemas ambientales asociados con la eliminación inadecuada de los residuos de camarón (Weiss et al., 2011).

La extracción de glucosamina del exoesqueleto del camarón a través de hidrólisis ácida también ha demostrado tener efectos positivos en la salud, incluida la capacidad para reducir el dolor y la inflamación en las articulaciones (Ajeng et al., 2022). Además, los estudios han demostrado que la glucosamina extraída de los residuos del camarón puede ser utilizada en la producción de suplementos nutricionales y productos farmacéuticos (Ali & Gould, 2021; Almutairi et al., 2021). En un mundo globalizado uno de los objetivos a nivel industrial es la conservación del ecosistema. Por tal motivo, se ha considerado aprovechar diversas materias, que han sido consideradas como un factor alto de contaminación ambiental. Según la Correa et al. (2022) El Ecuador es uno de los más grandes exportadores de camarón en el mundo con alrededor de 861,800 toneladas con un ingreso económico de \$5.323 millones de dólares para 2021. Las grandes cantidades de desechos de caparazón generados por la industria acuícola del camarón se consideran uno de los desafíos ambientales más importantes debido a su acumulación en el medio ambiente y su lenta tasa de degradación a largo plazo, lo que puede generar impactos ambientales significativos (Arbia et al., 2013; Barrow & Shahidi, 2007; Baxter, 2004), estos subproductos se han utilizado como harina de pescado o fertilizante sólido y en la

mayoría de los casos, no se les ha brindado el tratamiento adecuado (Harti et al., 2015; Hewajulge et al., 2014a, 2014b)

Los principales componentes del exoesqueleto del camarón son: materia mineral en forma de carbonato de calcio, carotenos, proteínas y quitina, siendo esta última uno de los principales componentes que representa alrededor del 27 % en peso del caparazón (Hochberg et al., 2016; Ige et al., 2012; Kumirska et al., 2010), La quitina se considera el segundo polisacárido natural más abundante, después de la celulosa, presente en los exoesqueletos de crustáceos, cangrejos e insectos, y en hongos (Le & Yang, 2019; Mackliff Villacreses & Méndez Lavayen, 2015; Machado et al., 2020). La quitina tiene varias aplicaciones cuando se convierte en su derivado desacetilado quitosano, quito oligómeros y monómeros, como la glucosamina (2-amino-2-desoxi-D-glucosa, GlcN), que son compuestos de alto valor agregado en alimentos, industrias farmacéuticas, industrias médicas, textiles y agricultura (Mylonakis, 2008), tomando en consideración este porcentaje de quitina y que en su estructura principal está compuesto por unidades de N-acetilglucosamina (Ivan Cisneros et al., 2019), se propone determinar si es eficiente la obtención de glucosamina a partir de una hidrólisis ácida de la quitina derivada de los desechos del camarón.

La D-glucosamina ($C_6H_{13}NO_5$) 2-amino-2-desoxi-D-glucosa (Fig. 1) es un aminoazúcar (hexosamina) con un peso molecular de 179,17 gr/mol, presente de forma natural en el cuerpo humano y en los caparazones de los crustáceos (Shahidi & Ambigaipalan, 2015; Shavandi et al., 2015; Thirupathi et al., 2023). La glucosamina se puede preparar por hidrólisis ácida usando ácidos minerales fuertes o por hidrólisis enzimática, usando quitinasa bacteriana (Valdez-Peña et al., 2010; Weiss et al., 2011; Zhang et al., 2012). Aunque la glucosamina se puede producir a partir de diferentes fuentes naturales, por ejemplo, la quitina de la fermentación del maíz y el trigo, la más eficaz se deriva de quitina de mariscos. Actualmente se producen por hidrólisis ácida de quitina (un polímero lineal de N-acetilglucosamina) extraído de caparazones de cangrejo y camarón.

2. MATERIALES Y METODO

Obtención de quitina

La quitina fue extraída de los desechos de camarón por desproteínización, desmineralización y despigmentación a nivel de laboratorio. La figura 2, muestra el proceso químico general de la obtención de la quitina.

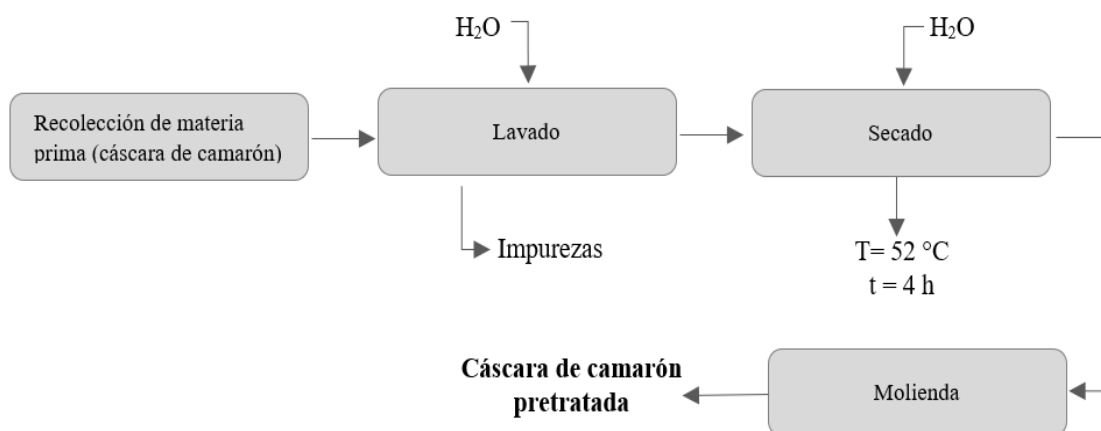


Figura 1. Diagrama de flujo de pre tratamiento de materia prima

Desproteínización: Se realizó con el propósito de retirar la mayor cantidad de proteína existente, en un vaso de precipitación de 2000ml se agregan 100gr de (bs), luego se agrega una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) al 3,5% p/p en una relación 1:10, esta mezcla se somete a una temperatura de 65°C, durante 60 minutos, agitando a 250 rpm hasta la obtención de una pasta homogénea. Se filtra y se lava las cáscaras de camarón desproteínizadas con abundante agua destilada hasta obtener un pH aproximadamente de 7.

Desmineralización: Luego de obtener una pasta desproteínizada, procedemos a realizar la desmineralización, al añadir una disolución de ácido clorhídrico (HCl) 1M en una relación 1:15, mientras se añade se agita a 280 rpm a temperatura ambiente por 30 minutos. Una vez hecho esto se procederá a filtrar y lavar con abundante agua destilada hasta obtener un pH de aproximadamente de 7. El carbonato de calcio presente en el exoesqueleto reacciona con el HCl dando como resultado CaCl_2 soluble, mientras libera CO_2 (al.,

2018).

Despigmentación: La pasta obtenida del proceso anterior, debe ser blanqueada, proceso con el que se eliminan pigmentos. La pasta se somete a una disolución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,3% p/p, durante un período de tiempo de 20 minutos en una relación 1:20, a temperatura ambiente. Lavar la quitina blanqueada

con abundante agua, posteriormente filtrar y secar con ayuda de una estufa a una temperatura de 60°C por 5 horas. Además, fue pesada la masa obtenida para determinar el rendimiento.

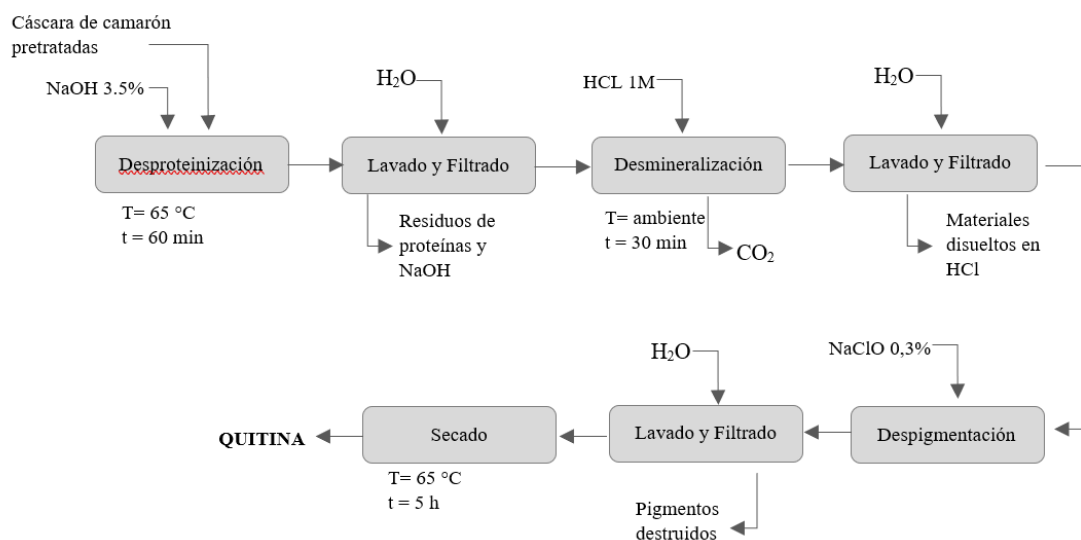


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de quitina

Hidrólisis ácida de la quitina

Se realizaron 3 corridas empleando 7 g de quitina en cada una para un total de 21 g. El procedimiento que se empleó para la obtención de glucosamina fue el descrito en la (Gandhi, 2002) "Preparación de clorhidrato de glucosamina". En un vaso de precipitación de 500ml se coloca 7 gr la quitina obtenida en el proceso anterior, se prepara una disolución de ácido clorhídrico (HCl) 4M en una relación 1:20, con ayuda de una plancha de calentamiento ajustar la temperatura a 85 °C, ajustar la agitación a 150 rpm y dejar reaccionar por un tiempo de 60 minutos. Una vez realizada la hidrólisis ácida se filtra. Luego se cristaliza a 5 °C con etanol al 95% por 30 minutos y filtrar. Dejar secar el sólido obtenido en una estufa a 60°C por 3 horas. Se realizar el procedimiento anterior para los tiempos de 90 y 120 minutos y se repetir el procedimiento anteriormente descrito para las concentraciones de ácido clorhídrico de 5 M y 6 M (figura 5). Dos eventos de hidrólisis distintos ocurren durante este paso, la ruptura de los enlaces glucosídicos, despolimerizando la quitina en sus unidades monoméricas, y la ruptura de los enlaces amida que conducen a la desacetilación de las subunidades de glucosamina(al., 2018).

Los rendimientos de quitina y glucosamina para cada experimento se determinaron mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Gr de materia obtenida}}{\text{Gr de materia obtenida empleada}} \times 100$$

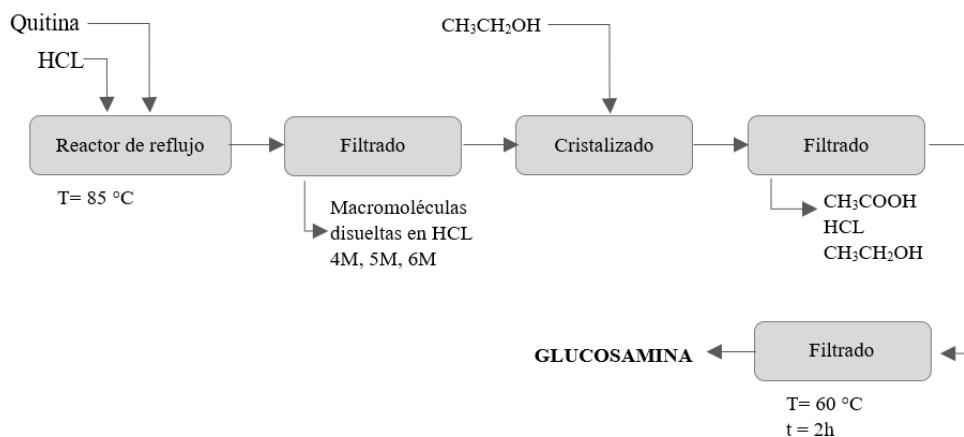


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de glucosamina

Identificación química de azúcar reductor con el Reactivo de Fehling.

Se agregó 0,5 g de los sólidos obtenidos y se colocó en un tubo de ensayo, luego se agregó 5 mL de la solución A (sulfato cúprico cristalizado y agua destilada) y 5 mL de la solución B (sal de Seignette, hidróxido de aluminio y agua) del reactivo de Fehling. Se sumergió el tubo de ensayo en el baño maría que esta aproximadamente a 70 °C para dar comienzo a la reacción.

Para el análisis estadístico se comprobó que las variables independientes tiempo y concentración de ácido clorhídrico tienen influencia significativa en la cantidad de glucosamina obtenida, se realizaron pruebas de ANOVA siguiendo las siguientes hipótesis:

Hipótesis Alternativa

Ho= La variación significativa depende de múltiples variables, como la concentración de ácido clorhídrico, el tiempo de reacción y la calidad de la materia prima utilizada.

Ha= La variación significativa en el valor de la concentración de glucosamina debido al efecto del tiempo no existe.

3. RESULTADOS

Esta tabla 1 muestra los resultados del rendimiento de quitina obtenida en diferentes muestras. Se registró el peso inicial y final de cada muestra, y se calculó el rendimiento de quitina utilizando la fórmula: $\text{Rendimiento Quitina} = (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) \times 100\%$. Además, se presenta el rendimiento reportado, que parece ser constante en 22,1%. Los valores de rendimiento de quitina varían en cada muestra, oscilando entre 20,1% y 23,8% (Fig. 4).

Tabla 1. Rendimiento de la Quitina

Muestra	Peso inicial	Peso final	Rendimiento Quitina
1	100	23,11	23,11
2	100	21,1	21,1
3	100	22,9	22,9
4	100	20,3	20,3
5	100	30,1	30,1
6	100	16,3	16,3
7	100	18,4	18,4

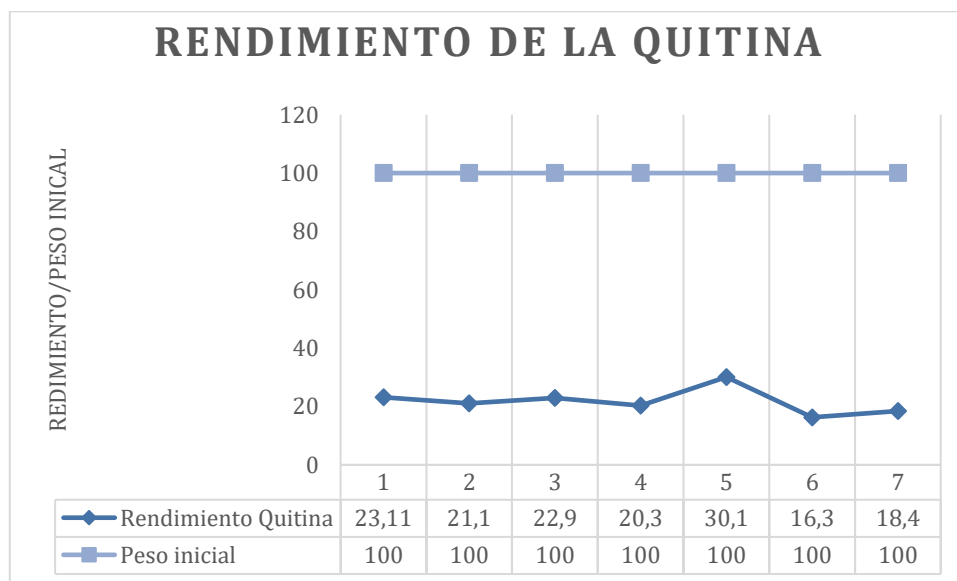


Figura 4. Relación entre el Peso final y el rendimiento de la Quitina

Esta tabla 2, muestra los resultados del rendimiento de la quitina obtenida a partir de las cáscaras de camarón, expresado en porcentaje (%), para diferentes combinaciones de concentración y tiempo. La tabla se divide en tres columnas: la primera columna indica la concentración utilizada en el proceso, la segunda columna

indica el tiempo empleado y la tercera columna indica el porcentaje de rendimiento obtenido en cada caso. Cada conjunto de tres filas corresponde a una concentración diferente (4, 5 y 6), y cada fila dentro de cada conjunto de tres corresponde a un tiempo diferente (60, 90 y 120). Por ejemplo, en la primera fila se indica que utilizando una concentración de 4 y un tiempo de 60, se obtuvo un rendimiento del 82%. En general, se puede observar que el rendimiento de sólidos disminuye con la concentración y el tiempo utilizados. La combinación de concentración y tiempo que dio el mayor rendimiento fue 100-100, con un 82,85% de rendimiento (Fig. 5).

Tabla 2. Rendimiento de sólidos obtenidos después de la hidrólisis ácida

Concentración/ M	Tiempo	Rendimiento %
4	60	82,85
	90	77,85
	120	65
5	60	57,85
	90	54,42
	120	45,85
6	60	44,85
	90	39,28
	120	31,42

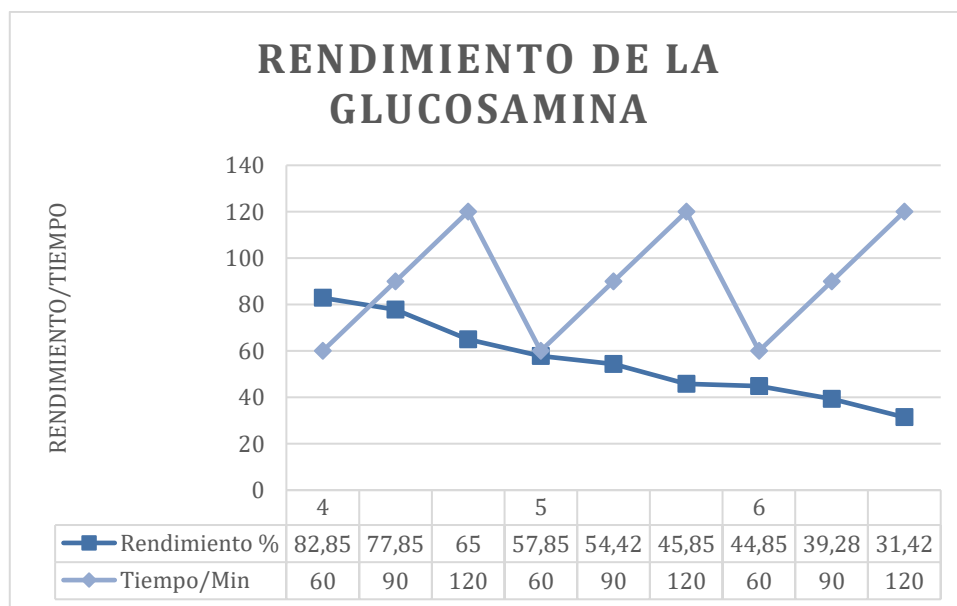


Figura 5. Rendimiento de sólidos obtenidos después de la hidrólisis ácida

La tabla 3 presenta los resultados de un experimento donde se variaron dos factores independientes (concentración de ácido clorhídrico y tiempo de reacción) para determinar su efecto sobre la cantidad de glucosamina obtenida a partir de las cáscaras de camarón. Se utilizaron tres réplicas para cada uno de los nueve tratamientos experimentales. Los tratamientos se dividen en cuatro grupos identificados por el número en la primera columna: grupo 4, grupo 5, grupo 6 y un tratamiento adicional que no se especifica. Cada grupo se sometió a tres condiciones diferentes de concentración y tiempo de reacción. Los valores de la concentración de ácido clorhídrico están en la parte superior de la tabla, mientras que los valores de tiempo de reacción están en la primera columna. En las columnas "Glucosamina mg/100g" se presentan los resultados de las tres réplicas para cada tratamiento. En las últimas dos columnas "Glucosamina g/100g" se convierten los valores a gramos por cada 100 gramos de cáscaras de camarón utilizadas en el experimento. Se puede observar que los valores de glucosamina aumentan a medida que se incrementa tanto la concentración como el tiempo de reacción, y que el tratamiento con mayor concentración (100) y mayor tiempo de reacción (100) obtuvo la mayor cantidad de glucosamina (24 g/100g).

Tabla 3. Cuantificación de glucosamina

Concentración	Tiempo	Glucosamina mg/100g		Glucosamina g/100g	
		Replica 1	Replica 2	Replica 1	Replica 2
4	60	13281,21	13901,01	13,28	13,9
	90	13432,21	13012,87	13,43	13,02
	120	14111,92	15456,9	14,11	15,45
5	60	14178,42	1478,09	14,17	14,78
	90	14938,38	13444,21	14,93	13,44
	120	16243,11	16009,1	16,24	16,09
6	60	18555,54	17995,54	18,55	17,99
	90	19849,99	19909,99	19,84	19,09
	120	23031,11	24001,65	23,03	24,00

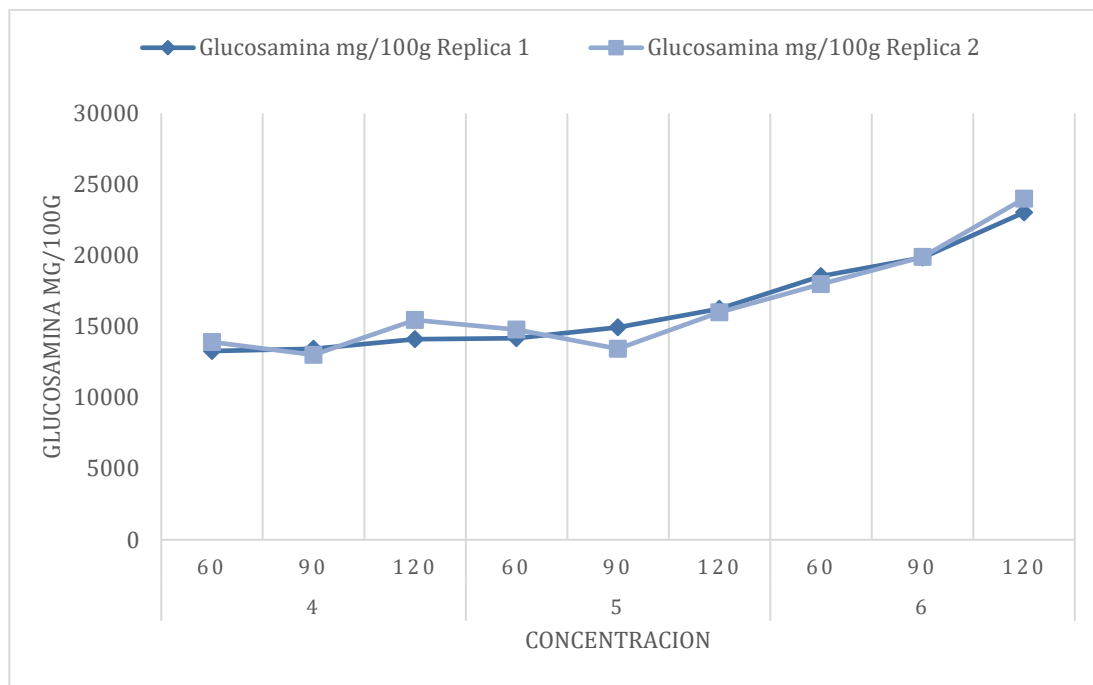


Figura 6. Cantidad de glucosamina en función de la concentración de ácido clorhídrico

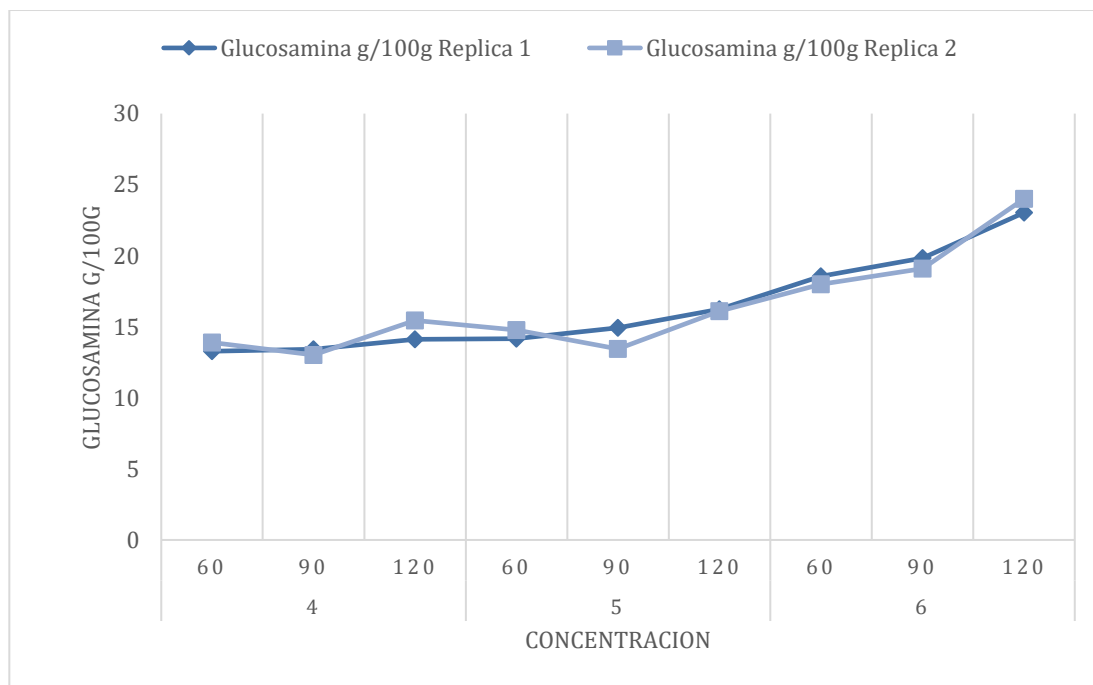


Figura 7. Cantidad de glucosamina en función de la concentración de ácido clorhídrico en g/100g

Identificación química de azúcar reductor con el Reactivo de Fehling

El análisis del reactivo de Fehling en las muestras obtenidas por hidrólisis ácida de quitina confirmó la presencia de glucosamina. Al calentar las muestras en un baño maría a 70 °C y reaccionar con el reactivo de Fehling, se produjo una oxidación en medio alcalino, lo que provocó que el grupo carbonilo se oxidara a grupo carboxilo. Esto resultó en una prueba positiva para la presencia de monosacáridos, que se produjo gradualmente dependiendo de las concentraciones de ácido clorhídrico del compuesto de glucosamina presentes en cada una de las muestras analizadas.

4. DISCUSIÓN

En las tres tablas presentadas se pueden observar diferentes datos y resultados obtenidos a partir del proceso de obtención de glucosamina y quitina a partir de la materia prima de cáscaras de camarón. En esta discusión, se analizarán cada una de las tablas y se interpretarán los resultados obtenidos. En la primera tabla presentada, se pueden observar los valores de glucosamina obtenidos a partir de diferentes concentraciones de ácido clorhídrico y tiempos de reacción, con la realización de tres réplicas. Se puede notar que a medida que aumenta la concentración de ácido clorhídrico, también aumenta la cantidad de glucosamina obtenida, lo cual puede deberse a una mayor efectividad de la hidrólisis ácida sobre la quitina presente en las cáscaras de camarón. De igual manera, se observa que a medida que aumenta el tiempo de reacción, también aumenta la cantidad de glucosamina obtenida, lo cual puede ser debido a que se tiene una mayor exposición de la materia prima al ácido clorhídrico, lo que conlleva a una mayor despolimerización de la quitina. Sin embargo, los porcentajes de sólidos disminuye a mayor concentración y tiempo. En la segunda tabla presentada, se pueden observar los valores de rendimiento de la quitina obtenida a partir de diferentes concentraciones de ácido clorhídrico y tiempos de reacción. En este caso, se puede notar que los valores de rendimiento no siguen un patrón claro en relación a las variables independientes. Sin embargo, se puede observar que los valores de rendimiento obtenidos son relativamente bajos, oscilando entre el 16,3 % y el 23,11%. Esto puede deberse a que el proceso de extracción de quitina de las cáscaras de camarón no es completamente eficiente, lo que conlleva a la obtención de valores de rendimiento relativamente bajos.

Finalmente, en la tercera tabla presentada, se pueden observar los valores de rendimiento de la quitina obtenida a partir de diferentes muestras de cáscaras de camarón. En este caso, se puede notar que los valores de rendimiento varían significativamente entre las diferentes muestras. Esto puede deberse a que la calidad

de las cáscaras de camarón utilizadas en el proceso de extracción de quitina no es uniforme, lo que conlleva la obtención de valores de rendimiento diferentes entre las diferentes muestras.

Un estudio realizado por Zhang (2020), se utilizaron cáscaras de camarón secas y molidas para la extracción de quitina mediante un proceso de hidrólisis ácida. En este caso, se encontraron valores de rendimiento que oscilaron entre el 17,2% y el 23,4%, dependiendo de las condiciones de extracción. Por otro lado, en el segundo caso en el que se muestran los valores de glucosamina obtenidos mediante un diseño experimental en el que se variaron las concentraciones y tiempos de ácido clorhídrico, también se han llevado a cabo diversos estudios similares. En un trabajo publicado por He (2017), se utilizó quitina obtenida a partir de cáscaras de camarón para la síntesis de glucosamina mediante hidrólisis ácida. Los autores encontraron que las condiciones óptimas para la obtención de glucosamina fueron una concentración de ácido clorhídrico del 3% y un tiempo de reacción de 7 horas, obteniendo un rendimiento del 91,3%. Finalmente, en el tercer caso en el que se muestran los valores de rendimiento de la quitina obtenida a partir de diferentes muestras, también se han llevado a cabo trabajos similares. En un estudio realizado por Jung (2017), se utilizaron diferentes residuos de la industria alimentaria y pesquera para la extracción de quitina mediante un proceso de hidrólisis ácida. Los autores encontraron que la cantidad de quitina obtenida varió entre un 5,6% y un 18,3%, dependiendo del tipo de residuo utilizado.

En general, se puede observar que los trabajos similares a los presentados en las tres tablas tienen como objetivo común la obtención de quitina y glucosamina a partir de fuentes naturales como los residuos de la industria alimentaria y pesquera. Si bien las condiciones de extracción y los valores de rendimiento pueden variar dependiendo de los parámetros utilizados y las características de la materia prima, todos ellos coinciden en la importancia de aprovechar estos residuos como fuentes de materiales de alto valor añadido.

5. CONCLUSION

Estos resultados indican que la extracción de quitina y glucosamina a partir de las cáscaras de camarón es un proceso que presenta cierta variabilidad en los rendimientos obtenidos, lo cual puede estar relacionado con diferentes factores como el tipo de material de partida, el método de extracción utilizado, las condiciones de reacción, entre otros. No obstante, los valores obtenidos son comparables con los reportados en otros estudios similares.

En general, estos hallazgos tienen importantes implicaciones en el ámbito de la biotecnología y la industria alimentaria, ya que la quitina y la glucosamina son compuestos con potencial aplicación en diversas áreas, como la producción de biomateriales, la industria cosmética, la agricultura y la medicina, entre otras. Por lo tanto, es necesario seguir investigando y optimizando los procesos de extracción y purificación de estos

compuestos a partir de fuentes renovables como las cáscaras de camarón, con el fin de maximizar su aprovechamiento y reducir el impacto ambiental generado por su eliminación.

En el análisis cualitativo, al reaccionar el reactivo de Fehling con cada muestra, se obtuvo como resultado el cambio de color a rojo ladrillo, evidenciando el fraccionamiento de las macromoléculas, es decir la ruptura de enlaces 1,4 glicosídicos de la quitina, al hacer reaccionar con las concentraciones de 4, 5 y 6 molar de ácido clorhídrico, dando como resultado positivo el análisis.

Se puede concluir, que la Ho se acepta debido a que el proceso de obtención de glucosamina y quitina a partir de las cáscaras de camarón es un proceso de múltiples variables, tanto como la concentración de ácido clorhídrico, el tiempo de reacción y la calidad de la materia prima utilizada, llegando a obtener hasta 24 gr de glucosamina por cada 100 gr de cascara utilizadas. A pesar de esto, se pueden obtener valores de rendimiento aceptables en el caso de la glucosamina, mientras que los valores de rendimiento de la quitina son relativamente bajos. En este sentido, se hace necesario seguir investigando y optimizando los procesos de extracción de glucosamina y quitina a partir de las cáscaras de camarón, con el fin de mejorar la eficiencia y rendimiento de estos procesos y lograr un aprovechamiento más eficiente de la materia prima disponible.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a los docentes, a mi facultad y la universidad por todos estos años de apoyo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajeng, A. A., Rosli, N. S. M., Abdullah, R., Yaacob, J. S., Qi, N. C., & Loke, S. P. (2022). Resource recovery from hydroponic wastewaters using microalgae-based biorefineries: A circular bioeconomy perspective. *Journal of Biotechnology*.
- al., B. e. (2018). General protocol to obtain D-glucosamine from biomass residues: Shrimp shells, cicada sloughs and cockroaches. *Global Challenges (Hoboken, NJ)*, 2(11), 1800046.
- Ali, M. A., & Gould, M. (2021). Untapped potentials of hazardous nanoarchitectural biopolymers. *Journal of Hazardous Materials*, 411, 124740.
- Almutairi, F. M., El Rabey, H. A., Alalawy, A. I., Salama, A. A., Tayel, A. A., Mohammed, G. M., Aljohani, M. M., Keshk, A. A., Abbas, N. H., & Zayed, M. M. (2021). Application of chitosan/alginate nanocomposite incorporated with phycosynthesized iron nanoparticles for efficient remediation of chromium. *Polymers*, 13(15), 2481.
- Arbia, W., Arbia, L., Adour, L., & Amrane, A. (2013). Chitin extraction from crustacean shells using biological methods—a review. *Food Technology and Biotechnology*, 51(1), 12-25.
- Barrow, C., & Shahidi, F. (2007). *Marine nutraceuticals and functional foods*. CRC press.
- Baxter, S. R. (2004). Molecular weight and degree of acetylation of ultrasonicated chitosan.
- Correa, D. L. P., Chilán, R. Y. T., & Moncerrad, J. F. Q. (2022). Incidencia de la producción y exportación de camarón en la balanza comercial ecuatoriana post pandemia COVID–19 del periodo 2019 al 2022. *Polo del Conocimiento*, 7(11), 1033-1048.
- Gandhi, N., Laidler, J. K. (2002). *Preparación del clorhidrato de glucosamina* US 6486307 B1).
- Harti, A. S., Haryati, D. S., Setyaningsih, W., & Yatmihatun, S. (2015). The potential chito-oligosaccharide (COS) as natural prebiotic and preservatives on synbiotic tofu in Indonesia. *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences*, 4(3), 204.
- He, C., Zhang, Y., Yan, N., & Zhao, Q. . (2017). (2017). Synthesis of glucosamine from chitin using hydrochloric acid hydrolysis. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, , 92(3), 568-573.

- Hewajulge, I., Wijeratnam, S. W., & Shiina, T. (2014a). Chitosan. *Biological Controls for Preventing Food Deterioration*, 293-319.
- Hewajulge, I., Wijeratnam, S. W., & Shiina, T. (2014b). A Potential Antifungal Compound to Control Anthracnose Disease in Papaya. *Biological Controls for Preventing Food Deterioration: Strategies for Pre-and Postharvest Management*, 293.
- Hochberg, M. C., Martel-Pelletier, J., Monfort, J., Möller, I., Castillo, J. R., Arden, N., Berenbaum, F., Blanco, F. J., Conaghan, P. G., & Doménech, G. (2016). Combined chondroitin sulfate and glucosamine for painful knee osteoarthritis: a multicentre, randomised, double-blind, non-inferiority trial versus celecoxib. *Annals of the rheumatic diseases*, 75(1), 37-44.
- Ige, O. O., Umoru, L. E., & Aribio, S. (2012). Natural products: a minefield of biomaterials. *International Scholarly Research Notices*, 2012.
- Jung, W. J., Park, R. D., & Kim, J. S. . (2017). Extraction and characterization of chitin and chitosan from marine organisms. . *In Marine carbohydrates*, (pp. 123-147). Springer, Cham.
- Kumirska, J., Czerwicka, M., Kaczyński, Z., Bychowska, A., Brzozowski, K., Thöming, J., & Stepnowski, P. (2010). Application of spectroscopic methods for structural analysis of chitin and chitosan. *Marine drugs*, 8(5), 1567-1636.
- Le, B., & Yang, S. H. (2019). Microbial chitinases: Properties, current state and biotechnological applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 1-12.
- Mackliff Villacreses, C. A., & Méndez Lavayen, M. M. (2015). *Aprovechamiento de los Desechos del Camarón para la Extracción de Glucosamina mediante Hidrólisis Ácida* Universidad de Guayaquil., Facultad de Ingeniería Química].
- Machado, T. S., Melara, F., de Mello, J. R., Crestani, L., Alessandretti, I., Damini, G., da Silva, L. K., Colla, L. M., & Piccin, J. S. (2020). Avaliação de processo alcalino para obtenção de quitosana fúngica. *Acta Brasiliensis*, 4(3), 168-172.
- Mylonakis, A. (2008). *Biodegradable Polymer Adhesives, Hybrids and Anomaterials* Drexel University].
- Nirmal, N. P., Santivarangkna, C., Rajput, M. S., & Benjakul, S. (2020). Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 20-35.

- Phan, N. M., Tuoi Do, T. H., Tuyen Nguyen, L. T., Nguyen, T. T., Ngo, Q. L., Tran, T. D., Nguyen, Q. H., Chi Huynh, B. L., Ky Nguyen, D. X., & Bui, T. D. (2021). Hepatoprotection and phytochemistry of the Vietnamese herbs *Cleome chelidonii* and *Cleome viscosa* stems. *Journal of Chemistry*, 2021, 1-8.
- Portela, L. C. P. N., Cahú, T. B., Bezerra, T. S., do Nascimento Santos, D. K. D., Sousa, G. F., Portela, R. W. S., Melo, C. M. L., & de Souza Bezerra, R. (2022). Biocompatibility and immunostimulatory properties of fish collagen and shrimp chitosan towards peripheral blood mononuclear cells (PBMCs). *International Journal of Biological Macromolecules*, 210, 282-291.
- Schulte, N. A., Gellenbeck, K., & Nelles, M. (2017). Operationalisation of service quality in household waste collection. *Waste Management*, 62, 12-23.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Novel functional food ingredients from marine sources. *Current Opinion in Food Science*, 2, 123-129.
- Shavandi, A., Bekhit, A. A., Bekhit, A. E.-D. A., Sun, Z., & Ali, M. A. (2015). Preparation and characterisation of irradiated crab chitosan and New Zealand Arrow squid pen chitosan. *Materials Chemistry and Physics*, 167, 295-302.
- Thirupathi, K., Raorane, C. J., Ramkumar, V., Ulagesan, S., Santhamoorthy, M., Raj, V., Krishnakumar, G. S., Phan, T. T. V., & Kim, S.-C. (2023). Update on Chitosan-Based Hydrogels: Preparation, Characterization, and Its Antimicrobial and Antibiofilm Applications. *Gels*, 9(1), 35.
- Valdez-Peña, A. U., Espinoza-Perez, J. D., Sandoval-Fabian, G. C., Balagurusamy, N., Hernandez-Rivera, A., De-la-Garza-Rodriguez, I. M., & Contreras-Esquivel, J. C. (2010). Screening of industrial enzymes for deproteinization of shrimp head for chitin recovery. *Food Science and Biotechnology*, 19, 553-557.
- Weiss, J., Gulseren, I., & Kjartansson, G. (2011). Physicochemical effects of high-intensity ultrasonication on food proteins and carbohydrates. *Nonthermal processing Technologies for Food*, 109-130.
- Zhang, C., Li, X., & Kim, S.-k. (2012). Application of marine biomaterials for nutraceuticals and functional foods. *Food Science and Biotechnology*, 21, 625-631.
- Zhang, Y., Zhao, Y., Liu, Y., Zhou, Y., & Liu, J. . (2020). Optimization of extraction conditions for chitin from shrimp shells and its antioxidant activities. . *Food Science and Technology International*, 26(5), 398-408.

