
**UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA RESIDUAL DEL CULTIVO DE LA
PIÑA (*Ananas comosus*) PARA LA DESPROTEINIZACIÓN
ENZIMÁTICA DE DESECHOS DE LA ACTIVIDAD CAMARONERA**

**EFFECT OF PINEAPPLE (*Ananas comosus*) CULTURE BY-
PRODUCTS ON THE ENZYMATIC DEPROTEINIZATION OF
SHRIMP BIOWASTES**

Javier Rodrigo Alpízar Cordero

Universidad de Ciencias Médicas
UCIMED, Costa Rica

Luis Roberto Villegas Peñaranda

Laboratorio de Bioquímica
Escuela de Química
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Sergio Madrigal Carballo

María Sibaja Ballester

Laboratorio de Polímeros
Escuela de Química
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Recibido el 9 de agosto de 2011. Corregido el 10 de marzo de 2012. Aceptado el 10 de octubre de 2012.

Resumen: Se realizó un estudio para comprobar la capacidad desproteinizante de extractos proteicos obtenidos a partir de desechos de rastrojo de piña a diferentes concentraciones sobre los sub-productos de la actividad camaronera. El extracto proteolítico de los desechos de rastrojo de piña se obtuvo a partir de desechos de tallos utilizando un buffer de ácido sulfúrico. Este extracto se caracterizó al determinar el contenido de proteína, de azúcares totales y su actividad enzimática, contra un patrón de bromelina comercial. Los resultados obtenidos indicaron que el uso del extracto crudo de rastrojo de piña en forma directa logró desproteínizar el 97% de los desechos de camarón, el cual resultó más efectivo que cualquier dilución de esta misma, en un

tiempo de 24 horas. Los resultados sugieren que los desechos de la comercialización de la piña pueden ser considerados como potenciales bioagentes para la desproteínezación de desechos de camarón. Con esto se genera una alternativa biotecnológica para sustituir los procesos químicos tradicionales que utilizan hidróxido de sodio. Esta novedosa metodología promoverá nuevas aplicaciones para los desechos del cultivo de la piña y reducirá los costos y la contaminación del proceso de producción de quitina y quitosano.

Palabras claves: *Piña, bromelina, camarón, desproteínezación, actividad enzimática.*

Abstract: The present work aims to a preliminary study of the deproteinization capacity of proteolytic extracts from pineapple biowastes in different concentrations as potential green process to treat by-products of the shrimp fishery in order to obtain chitin and chitosan. The proteolytic extract isolated from pineapple biowastes was obtained from pineapple stems using a sulfuric acid buffer solution. The proteolytic extract from pineapple was characterized according to its protein content, total sugars and enzymatic activity against a commercial bromelin standard and a negative control. Results indicate that applying a crude pineapple proteolytic extract succeeded in to eliminate up to 97% of the proteins present in a shrimp biowaste sample, being more active than any of its dilutions, in a 24 hours study. Our results suggest that pineapple biowastes can be consider as a potential green biosource to promote shrimp deproteinization, providing a biotechnological activity to the traditional chemical process involving sodium hydroxide. This novel methodology will provide new applications for pineapple biowastes and reduce costs and contamination during chitin and chitosan production.

Keywords: *Pineapple, bromelin, shrimp, deproteinization, enzymatic activity.*

La producción total de camarón marino y cultivado en estanques, desembarcada en el litoral Pacífico durante el año 2005, se incrementó 2,96 % con respecto al periodo del año anterior, para una producción o captura total de 1 215 233,00 kg (Consejo Nacional de Producción, 2006). Para el 2005, la exportación total de camarón fue de 2 231,55 TM con un valor de 12,6 millones de dólares y un precio promedio de \$6,20/ kg (Consejo Nacional de Producción, 2006).

Tomando en cuenta que la mayoría de barcos de captura desembarcan el producto sin cabeza y que, en promedio, la relación cabeza-torax-cola es de 40%- 20%-40% respectivamente, el principal residuo de las empresas procesadores es el exoesqueleto. Aproximadamente 40% de la totalidad del desecho reportado para el sector de captura, es alrededor de las 200 TM anuales (PROCOMER, 2007).

Se estima que los desechos de camarón constituyen alrededor del 30% en peso del recurso; en el año 2005 se produjeron cerca de 700 TM, producto de las actividades de exportación de camarón. Por otra parte, el camarón destinado al mercado nacional es fuente creciente de desechos, debido a cambios en los hábitos de consumo de los pobladores y a la comercialización del producto (PROCOMER, 2007). Resulta notable la gran cantidad de desechos que se generan de la industria camaronesa, por lo tanto, es de suma importancia lograr darle un valor agregado a esta materia prima que no se aprovecha, y que contamina, de forma evidente, los sectores cercanos a donde se desarrolla esta actividad. De ahí la importancia de incorporar tecnologías limpias para el aprovechamiento de este tipo de desecho.

Los exoesqueletos de cangrejo, langosta y camarón son considerados como fuentes importantes de materia prima para la producción de quitina (Van Ornum, 1992). La quitina es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza, después de la celulosa; está presente en el exoesqueleto de los artrópodos, los anélidos, los moluscos y los celenterados. Se encuentra también en algunos hongos ascomicetos, zigomicetos, basidiomicetos y deuteromicetos. Químicamente se define como un polisacárido formado por monómeros de N-acetilglucosamina unidos por medio de enlaces β 1-4 (Ruiz, 1993).

El proceso de extracción de quitina a partir de los exoesqueletos de crustáceos involucra dos etapas. La primera consiste en la remoción del material proteico (principalmente la carne), mediante un proceso que tradicionalmente involucra un desproteizado alcalino con hidróxido de sodio, para finalmente sufrir un proceso de desmineralizado ácido, con el objetivo de eliminar principalmente los carbonatos de calcio y otras sales afines (Madrigal-Carballo, 2003). La digestión enzimática o fermentación con bacterias proteolíticas con actividad no quitinolítica también ha sido empleada como tratamiento biotecnológico para remover parcialmente las proteínas de los desechos de crustáceos y de la pluma del calamar. Se ha demostrado que el tratamiento con enzimas proteolíticas facilita la extracción de carotenoproteínas (Synowiecki, Sikorski y Naczka, 1981; Wu, 1978).

Los procesos de hidrólisis enzimática presentan indudables ventajas frente a la tradicional hidrólisis química, ácida o alcalina. Entre estas, se pueden mencionar la selectividad (las enzimas son específicas para un tipo determinado de enlace, por lo tanto, no es frecuente la aparición de productos de degradación que pueden llegar a ser tóxicos), las condiciones moderadas de temperatura y pH, el no requerir que se añadan sustancias extrañas (evidentemente no es así en los procesos de hidrólisis química, ya que la necesaria neutralización posterior eleva considerablemente el contenido en sales) y el poder mantener

el valor nutritivo, ya que no se produce degradación de los componentes separados, mientras que la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos arginina y cisteína y la hidrólisis ácida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos serina y treonina (Gaudix Guadix, Páez, González y Camacho, 2000).

Se debe señalar que, si bien las operaciones biológicas y mecánicas minimizan aparentemente la degradación química de la quitina y propician operaciones limpias para el medio ambiente, no permiten la separación de toda la proteína y, en consecuencia, tales procedimientos deben ser considerados solamente como pretratamientos para la obtención de quitina de alta pureza.

La piña representa el producto agrícola con el mayor crecimiento para nuestras exportaciones, ha logrado casi triplicar las divisas generadas del año 2001 al 2005 (MAG, 2005). La actividad de la producción de la piña genera más desechos agroindustriales que cualquier otro cultivo. Cerca de 1,5 millones de TM de rastrojo se producen anualmente y representan más de la mitad de la biomasa implicada, lo cual llega a duplicar el valor del producto mismo (Banco Interamericano de Desarrollo, 2004). Estos datos preocupan enormemente a las autoridades nacionales y a organismos interesados en el avance ecológico nacional e internacional. Se hace necesario y urgente buscar soluciones y usos a tanta masa, que eventualmente llegará a contaminar los suelos, ríos y ambiente en general de las comunidades aledañas a los terrenos dedicados a la plantación de la piña. Entre los posibles usos que se le puede dar al rastrojo de piña generado de esta actividad agrícola, está el aprovechamiento de las enzimas proteolíticas que se encuentran en el rastrojo, o la fibra que se puede obtener a partir de sus hojas; esto da cabida a innumerables proyectos que se están llevando a cabo y que generarían un importante ingreso (Banco Interamericano de Desarrollo, 2004). La bromelina, según Murachi (1964), es una proteasa que se ha encontrado en tejidos de plantas de la familia Bromeliaceae, de la cual la piña (*Ananas comosus L.*) es la más conocida. Esta enzima juega un papel fisiológico muy importante, al intervenir en reacciones metabólicas y proteger al vegetal del ataque de plagas y enfermedades (Chávez, 1995). Además, se utiliza en la industria alimenticia como suavizador de carnes, preparación de postres, gelatinas de bajo contenido calórico y en el proceso de fabricación de cerveza, entre otros (Chávez, 1995).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el potencial de los extractos proteolíticos obtenidos a partir de los desechos de rastrojo de piña en el tratamiento de desproteínización de biomasa residual de la actividad camaronera con el propósito de disponer de una metodología biotecnológica amigable con el ambiente para la producción de quitina y quitosano.

Materiales y métodos

Obtención de las materias primas

El rastrojo de piña utilizado fue obtenido de la empresa Collen Street Bakery, ubicada en la Virgen de Sarapiquí, zona norte del país, en el mes de febrero del 2006. El tipo de piña que se cultiva en esta plantación es la MD2, la cual corresponde a un híbrido de la especie cabuya lisa desarrollado en Hawaii. Los desechos obtenidos se deshojaron y se les eliminó el tallo. Por su parte, los desechos de biomasa residual provenientes de la actividad camaronera se recibieron de la planta multipropósito del POLIUNA, ubicada en el Parque Marino del Pacífico, en la provincia de Puntarenas.

Caracterización de las materias primas

El rastrojo de piña fue caracterizado por su contenido de humedad y materia seca, de acuerdo con los métodos descritos en AOAC1999:950.45. Así mismo se analizó su contenido de cenizas (AOAC1999:920.153), grasas como material soluble en hexano/etanol (AOAC1999:960.39) y contenido de nitrógeno proteico por el método Kjeldahl (AOAC1999: 928.08). La biomasa residual proveniente de la actividad camaronera fue caracterizada en cuanto a su contenido inicial de proteínas. Las proteínas en este sustrato fueron extraídas por el método proteínas solubles en sólidos (Peitersen, 1977) y cuantificadas por el método de Bradford (1976).

Extracción de los jugos del rastrojo de la piña

La extracción de los jugos del rastrojo de la piña se realizó siguiendo el protocolo establecido en la patente número CU 22 515 A1 de la República de Cuba, llamada *Proceso de obtención de bromelina a partir de tallos de piña* (Chávez, 1995). A los desechos de rastrojo se les procedió a deshojar y eliminar los tallos. Las hojas fueron seleccionadas y lavadas, en procura de desechar la tierra, insecticidas e insectos que se encontraran entre sus hojas. A las hojas se les eliminó la superficie por ambos lados y luego se cortó en trozos de aproximadamente 1 x 1 cm.

Posteriormente, se molió en una licuadora durante 5 min y se extrajo la enzima mediante un buffer de extracción, constituido por sulfuro de sodio (1-3 mmol/L), ácido sulfúrico (0,05-0,2 mol/L) y pH 2,5-5. La extracción se realizó manteniendo una relación de 450 g de trozos de rastrojo de piña con 600 mL de buffer, con un pH cercano a 4,5. La pulpa fría se mantuvo en agitación en un baño de hielo durante 40 min, luego se filtró y se

recuperó el mayor volumen posible. Se obtuvieron aproximadamente 5 L de extracto crudo. El sólido se desechó. A los jugos obtenidos se les caracterizó determinándoles la actividad enzimática por el método Anson (1938) y la cantidad en proteína total por el método Bradford (1976).

Caracterización de los jugos proteolíticos extraídos del rastrojo de piña

Se determinó la actividad enzimática de los extractos proteolíticos obtenidos del rastrojo de piña por el método Anson (1938), modificado por Dapeau (1976). Se analizó la L-tirosina como uno de los productos de degradación del proceso de hidrólisis enzimática de la caseína como sustrato. La L-tirosina se cuantificó por su absorción de la luz ultravioleta a 280 nm, siguiendo la Ley de Beer y utilizando agua destilada para el blanco.

$$\text{CDU/mg} = \frac{E_t - E_b}{E_s} \times 50 \times \frac{11}{10} \times \text{DF} \quad (1)$$

Donde:

Et: Absorbancia de la muestra de enzima

Eb: Absorbancia del blanco

Es: Absorbancia del estándar de tirosina

DF: Factor de dilución de la enzima en mg

CDU/mg: Es la cantidad de enzima que libera 1 µg de tirosina, después de un minuto de digestión a 37 °C, en un sustrato estándar de caseína a un pH de 7,0

Evaluación del proceso de desproteínizado de biomasa de desecho proveniente de la actividad camaronesa

Se prepararon varias disoluciones de bromelina comercial (Sigma Aldrich B4882, 3-7 unidades/mg proteína) y extracto proteolítico de desechos de piña, disueltos en un buffer de fosfatos, y se les determinó la actividad enzimática por el método Anson, modificado por Dapeau, 1976. Cada una de las disoluciones enzimáticas preparadas se puso en contacto con una masa constante de biomasa residual de camarón durante un periodo de 24 h, y se analizó el proceso de desproteínizado sufrido por los desechos en lapsos de tiempo similares a los empleados con las muestras de extracto de rastrojo de piña. Se tomaron muestras del líquido y del sólido, para analizar el contenido en L-tirosina para el líquido y la concentración de proteína en el desecho de camarón. El muestreo se realizó con las mismas condiciones que se utilizaron en la determinación de la disolución de rastrojo de piña más apropiada. El pH que se empleó fue de 7,0 y la temperatura de 37 a 42 °C.

Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización del rastrojo de piña se aprecian en la tabla 1.

Tabla 1
Caracterización del rastrojo de piña utilizado para desproteínizar desechos de camarón

Medición	Cantidad (%)
Humedad	85,8 ± 0,4
Cenizas	3,9 ± 0,1
Proteína total	0,84 ± 0,04
Grasas	3,6 ± 0,3

El extracto enzimático del rastrojo de piña se almacenó en botellas de vidrio ámbar, las cuales se mantuvieron en refrigeración. Los resultados de la caracterización del extracto se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2
Caracterización del extracto enzimático proveniente del rastrojo de piña

Prueba/Ensayo	Resultado
pH	3,90±0,01 7,75±0,07
Azúcares totales	mg/mL
Proteína por Bradford	4,85 ±0,09 mg/mL
Actividad enzimática	48 ± 3 CDU/mg

El extracto enzimático del rastrojo de piña presentó un valor para su actividad enzimática a pH 7 de 48 CDU/mg. Esto significa que se necesitan 48 unidades de la enzima presente para producir 1µg de tirosina a partir de caseína como patrón estándar, en 10 min a 37 °C y un pH de 7.0. La evaluación de la actividad enzimática se efectuó a pH 7, debido a que este iba a ser el pH que se utilizaría en el proceso de descarnado de desechos de camarón.

Los resultados de la caracterización del desecho camarón se presentan en la tabla 3.

Tabla 3
Caracterización del desecho de camarón utilizado para su desproteínización

Medición	Cantidad (%)
Cenizas	42,4 ± 0,6
Proteína	16,8 ± 0,9
Grasas	33 ± 2

El análisis del comportamiento de la concentración de proteína total presente en el desecho de camarón se analizó tomando muestras del camarón y cuantificándola por el método Bradford para cuantificar proteína. Los resultados obtenidos se representan gráficamente en la figura 1.

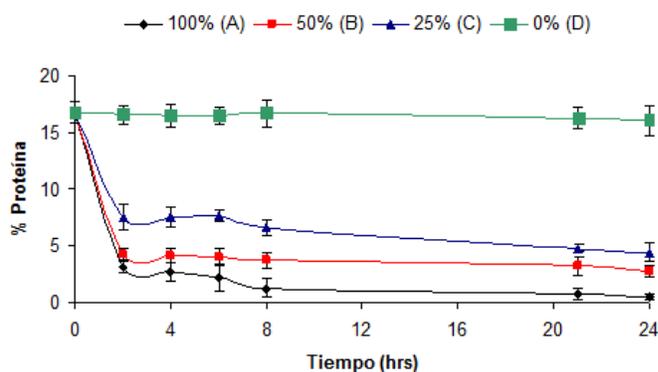


Figura 1. Comportamiento de la proteína total del desecho de camarón a diferentes concentraciones de extracto de rastrojo de piña (A a D)

Se muestra una disminución significativa en la concentración de proteína del desecho camarón; esta desproteinización viene a ser directamente proporcional con la concentración de extracto enzimático aplicado; por ejemplo, la muestra A presentó una disminución cercana al 80% de la proteína total en las primeras 4 h, y llegó a obtener, después de las 24 h, una disminución del 97%; a diferencia de las muestras B y C que alcanzaron una disminución porcentual menor o inferior. La muestra D no evidenció cambio alguno, debido a que actuó como control.

Resulta evidente el proceso de degradación que sufren las proteínas presentes en el desecho camarón, por parte de las enzimas provenientes del extracto de rastrojo de piña, principalmente en las primeras h del proceso; y más aún, en la muestra que contenía una mayor concentración del extracto, se logró un 97% de descarnado total después de 24 h. Estos resultados indican lo que podría ocurrir si se emplearan estos extractos en la industria camaronera, como alternativa para el aprovechamiento de los desechos generados en la captura de las especies de camarón.

Conjuntamente al análisis de la variación en la concentración de la proteína presente en el desecho de camarón con el extracto enzimático, se le dio seguimiento a la concentración de L-tirosina en el líquido sobrenadante presente en el medio de reacción. Este análisis se realizó, para complementar la información extraída del análisis anterior.

Se decidió realizar este análisis debido a que, en el proceso de hidrólisis de la proteína, las unidades más simples que aparecen, producto de la degradación de la estructura primaria de las proteínas, son los aminoácidos, lo cual comprueba un incremento en la concentración de estos durante el proceso de degradación proteica. Se confirma el efecto de las enzimas provenientes del extracto de rastrojo de piña sobre esta y, al mismo tiempo, se consigue descartar un efecto de dilución que pudieran sufrir las proteínas.

En la figura 2 se muestra el comportamiento en la variación de la concentración de L-tirosina, observado para las muestras A, B, C y D contra el tiempo en el líquido sobrenadante.

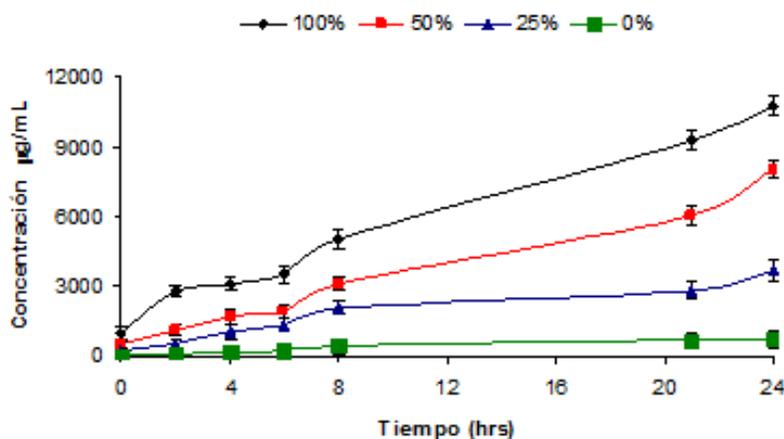


Figura 2. Comportamiento de la concentración de L-tirosina en el líquido sobrenadante para las muestras A, B, C y D que contienen 100, 50, 25 y 0%, respectivamente, de extracto de rastrojo de piña

Según lo observado en la figura 2, durante el proceso de descarnado del desecho de camarón por acción de las enzimas presentes en el extracto de rastrojo de piña, la concentración de L-tirosina aumenta durante todo este proceso, tanto en la muestra A como en la B y C. Este incremento en la concentración de L-tirosina es producto de la hidrólisis que sufre la proteína contenida en el camarón por parte de las enzimas proteolíticas y que

genera, como último producto de la degradación, aminoácidos, entre los que se encuentra la L-tirosina.

Al igual que se evidenció en el análisis del comportamiento de la proteína, el incremento en la concentración de L-tirosina es mucho más alto en la muestra A, que en la B y C; este comportamiento está relacionado directamente con la concentración de extracto de rastrojo de piña que se utilice para la hidrólisis. A diferencia de lo observado en el comportamiento de la concentración de proteína en el desecho camarón, que en las primeras horas se producía la mayor disminución en su concentración, y luego, prácticamente continuaba invariable; para el análisis del comportamiento de la concentración de L-tirosina, se mantiene un incremento en su producción durante todo el proceso. Esta diferencia se debe a que las enzimas degradan el sustrato sin un orden establecido y llevan a algunas moléculas de proteína hasta los aminoácidos, o la dejan en algún estado intermedio, donde posteriormente se retomará su degradación; por lo tanto, se generan aminoácidos durante todo el tiempo de hidrólisis.

Después de comprobar que el extracto de rastrojo de piña presenta características proteolíticas en los desechos de camarón, se comparó este efecto con los de una disolución de bromelina comercial, en las mismas condiciones de análisis que se practicaron para las muestras provenientes del extracto de rastrojo de piña. Se eligió bromelina comercial, debido a que, según diversos análisis, se ha demostrado que es la enzima proteolítica de mayor importancia presente en las plantas de piña (Murachi, 1964). Se buscó que la disolución de bromelina presentara una actividad enzimática cercana a los 50 CDU/mg, de manera que fuera comparable con el extracto de rastrojo de piña.

En la tabla 4 se muestra las distintas disoluciones que se prepararon de bromelina comercial, para determinar cuál es la que presenta una actividad enzimática similar a la del extracto de rastrojo de piña.

Tabla 4
Determinación de la actividad enzimática para las disoluciones de bromelina comercial

Muestra	Actividad enzimática ± 3 CDU/mg	Concentración de proteína ±0,09 mg/mL
1	28	2,12
2	40	3,17
3	52	4,23
4	65	5,29

Se determinó que la muestra número 3 es la que presentó una actividad enzimática similar a la que se obtuvo con la muestra A de los extractos de rastrojo de piña. A pesar de que las actividades enzimáticas que se obtuvieron son semejantes entre el extracto y la disolución, existe diferencia en la concentración de proteína que contiene cada muestra; esto, debido a que la concentración de proteína presente en el extracto de rastrojo fue de 4,85 mg/mL, y la de la disolución de bromelina fue de 4,23 mg/mg. Lo anterior indica que es necesario utilizar 0,62 mg/mL de extracto crudo de rastrojo de más que la disolución de bromelina, para obtener una actividad enzimática similar.

A partir de este análisis, se tomó la decisión de utilizar dicha disolución para analizar el comportamiento de la cantidad de proteína de la muestra de desechos de camarón. Los resultados obtenidos se graficaron en la figura 3, en conjunto a los obtenidos por la muestra de extracto de rastrojo de piña, que mejor resultado presentó en el proceso de descarnado.

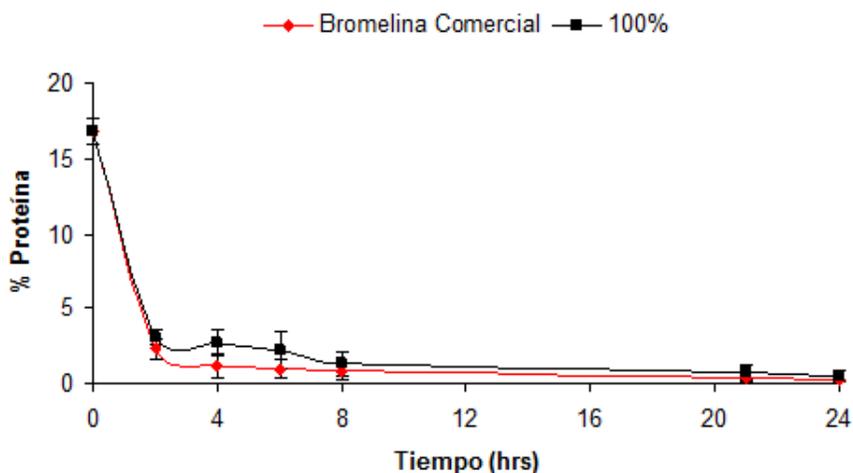


Figura 3. Comportamiento de la concentración de proteína total en el desecho de camarón para una disolución de bromelina comercial y para la muestra (A) de extracto de rastrojo de piña

Se comprobó que el comportamiento que había mostrado la concentración de proteína presente en el desecho de camarón es idéntico para ambas muestras. En los dos casos, el proceso de descarnado manifiesta su momento más importante en las primeras horas del proceso de estudio. La diferencia que existe entre las muestras es casi nula, lo cual refleja la eficiencia del extracto obtenido a partir de los desechos de rastrojo de piña. Entre las diferencias que se deben considerar, a la hora de analizar la gráfica, están: que la

muestra de la disolución de bromelina presenta a la enzima pura, al tomar como único factor de comparación la actividad enzimática y que, como se mencionó, el extracto de rastrojo de piña fue utilizado en crudo y sin ningún proceso de purificación, factor que influencia en el proceso de descarnado.

Conjuntamente al análisis en la variación de la concentración de proteína presente en el desecho de camarón, se cuantificó también el comportamiento de la concentración de L-tirosina en las dos muestras. Los resultados obtenidos con este análisis se presentan en la figura 4, que muestra la variación de la concentración L-tirosina en los líquidos sobrenadantes de la disolución de bromelina comercial y de la muestra A con 100% extracto de rastrojo de piña.

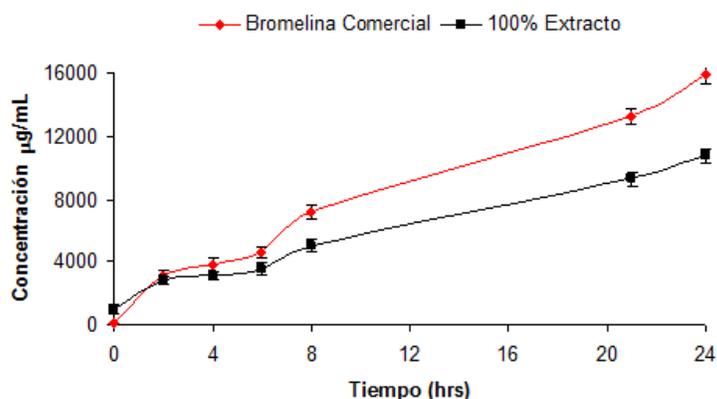


Figura 4. Comportamiento de la concentración de L-tirosina en las fases acuosas de una disolución de bromelina comercial y de una muestra (A) de extracto del rastrojo de piña

Se observa la misma tendencia del comportamiento mostrado en la figura 10, lo cual corrobora, de esta manera, la hidrólisis de la proteína por parte del material enzimático presente en cada una de las disoluciones.

La disolución de bromelina comercial logró un incremento mayor en la concentración final de L-tirosina, con respecto a la concentración final de esta en la muestra A, después de las 24 h de análisis; pero el aspecto más importante es determinar que el proceso de descarnado enzimático, por parte del extracto de rastrojo de piña, se comporta de una forma similar a la de la disolución de bromelina comercial, a pesar del mayor incremento en la concentración de L-tirosina.

Los resultados obtenidos permiten analizar la capacidad de desproteización del extracto de rastrojo de piña; ya que, como se refleja en las gráficas, indican que se logró

descarnar casi en su totalidad el desecho de camarón, y que la mayor disminución porcentual, se da en las primeras 4 horas de análisis.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el proceso de desproteínizado enzimático de los desechos de camarón con el extracto de rastrojo de piña, que contiene enzimas proteolíticas, es efectivo, ya que se logró disminuir el contenido proteico de la muestra de camarón de un 16,8% inicial a un 0,5%, al utilizar la fracción que contenía la mayor concentración de extracto. Así mismo, se determinó que la concentración de proteína presente en el desecho de camarón disminuye en un 82% durante las primeras cuatro horas del proceso de desproteínización enzimática con el extracto proveniente de los desechos de rastrojo de piña.

La concentración de L-tirosina presente en el medio acuoso de las muestras evidenció un incremento durante todo el proceso de desproteínizado enzimático, producto de la hidrólisis que sufrió la proteína presente y que genera unidades más simples, como los aminoácidos. El incremento en la concentración de L-tirosina está relacionado directamente al porcentaje de proteína hidrolizada por parte del extracto de rastrojo de piña.

La disolución de bromelina comercial presentó un comportamiento similar a la muestra con extracto crudo de rastrojo de piña, ya que ambas disoluciones lograron un descarnado total cercano al 97% y un constante incremento en la concentración de L-tirosina presente en los líquidos sobrenadantes. Se comprobó la acción proteolítica sufrida por los desechos de camarón, por parte de las enzimas presentes en el extracto de rastrojo de piña, cuyo comportamiento fue similar a una disolución de bromelina comercial con igual actividad enzimática.

Los resultados sugieren que los desechos de la comercialización de la piña pueden ser considerados como potenciales bioagentes para la desproteínización de desechos de camarón, y generar una alternativa biotecnológica para sustituir los procesos químicos tradicionales que utilizan hidróxido de sodio. Esta novedosa metodología promoverá nuevas aplicaciones para los desechos del cultivo de la piña y reducirá los costos y la contaminación del proceso de producción de quitina y quitosano.

Referencias

- Anson, M. (1938). [La estimación de pepsina, tripsina y capseisina con hemoglobina]. *The Journal of General Physiology* 22(1) (pp. 79-89).
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2004). *Proyecto Ciencia y Tecnología para la Competitividad*. CR-0153, pp. 11-14.
- Bradford, M. (1976). [Un método rápido y sensible para la cuantificación de proteínas en cantidades de microgramos utilizando el principio de colorante de unión a proteínas]. *Analytical Biochemistry* 72, pp. 248-254. doi: 10.1016/0003-2697(76)90527-3, PMID 942051; Zor, T.
- Chávez, M., Márquez, M., Hernández, M., Rodríguez, G., Santos, R., González, J., Carvajal, C. (1995). *Proceso de obtención de bromelina a partir de tallos de piña*. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, Cuba. N° Publicación CU 22515 A1.
- Consejo Nacional de Producción (CNP). (2006). Camarón: noticias y comercio internacional. *Boletín I*, 2006. Recuperado de <http://www.mercanet.cnp.go.cr>
- Dapeau, G. (1976). *Methods in Enzymology*. En L. Lorand (Ed.), *Academic Press, New York*, 45, 471.
- Guadix, A., Guadix, E. M, Páez, M. P., González, P., Camacho, F. (2000). Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica*, 41(1), 79-89.
- Madrigal-Carballo, S. (2003). *Obtención de quitosano a partir del camarón langostino (Pleuroncodes planipes) y valoración de sus propiedades farmacéuticas*. (Tesis de licenciatura inédita). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Memoria 2005*. R. Coto Pacheco (Ministro). Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/memoria-2005.pdf>
- Murachi, T., Yasui, M., Yasuda, Y. (1964). [Purificación y caracterización física de la bromelina del tallo]. *Biochemistry*, 3, 48-55.
- Promotora de Comercio. *Exportaciones de Costa Rica según sector económico*. Recuperado de www.procomer.com/est/mercados/PDF/2004/seccion_3_2004.pdf

Ruiz, J. (1993). La Quitina. *Investigación y Ciencia N°202*, 1993, pp. 42-49.

Synowiecki, J., Sikorski, Z., Naczek, M. (1981). Immobilization of invertase on krill chitin [Inmovilización de la invertasa en la quitina del krill]. *Biotechnology and Bioengineering*, 10. pp. 2211-2215.

Van Ornum, J. (1992). [Basura del camarón, debe desperdiciarse?] *Infofish International*, 6, pp. 48-52.

Wu, C., Bough, W. (1978). [Un estudio de las variables en el proceso de fabricación del quitosano en relación con el peso molecular, características químicas de distribución y la eficacia de tratamiento de residuos], En R. A. A. Muzzarelli, E. R. Pariser, *MIT Sea Grant Program, Cambridge, MA*. First International Conference on Chitin/Chitosan. pp. 88-102.