

“Estudio del Proceso de Secado del Látex de Papaya (*Carica papaya L.*) Deshidratado por Aspersión”

A. Yugcha, J. Kure, P. Castillo

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.
anbeyugc@espol.edu.ecu, jkure@espol.edu.ec, pcastil@espol.edu.ec.

Resumen

En este trabajo se realizó el estudio de secado del látex de papaya por el método de aspersión para la obtención de papaína cruda. El látex se extrajo por medio de incisiones longitudinales sobre la superficie de frutos con edad comprendida entre 2 y 3 meses. Luego fue sometido a un proceso de centrifugado para separar la porción no soluble del látex y así facilitar la deshidratación. Previo al secado se realizó la microencapsulación de la enzima para protegerla de daños producidos por el secado, en el cual se utilizó como agente microencapsulante goma arábiga. Para el estudio del secado se evaluaron tres temperaturas (110 °C, 120 °C, 130°C), a un caudal de 10 ml/min y presión de 4 bares. El análisis de actividad proteolítica se efectuó mediante el método analítico de la unidad de tirosina, la cual se obtiene luego de la hidrólisis de la caseína. Al finalizar los análisis se determinó que la actividad enzimática del secado a 130 °C es inferior a la de sus contrapartes estudiadas y que no existe diferencia significativa entre 110 °C y 120 °C, sus valores de actividad proteolítica fueron 671,53±31,16 TU/mg y 672,92±32,54 TU/mg respectivamente.

Palabras claves: extracción, secado, actividad enzimática, papaya, papaína.

Abstract

This work is about the study of dried papaya latex using the spray-dryer method in order to obtain crude papain. The latex was extracted by making longitudinal incisions on the surface of the fruits which were aged between 2 and 3 months. After that, the extract was centrifuged to separate the non-soluble portion of the latex to facilitate dewatering. Prior to drying, a process called enzyme microencapsulation is used to protect the enzyme against the damages from drying; the Arabic gum was used as a microencapsulating agent. For the drying study three temperatures were evaluated (110°C, 120°C, 130°C), at a flow rate of 10 ml/min and a pressure of 4 bar. The proteolytic activity analysis was performed using the analytical method of the tyrosine unit, which was obtained after the hydrolysis of casein. At the end of the analysis it was determined that the enzymatic activity of drying at 130 °C is less than that of their counterparts studied, but there is no significant difference at 110 °C and 120 °C, its proteolytic activity values were 671,53±31,16 TU/mg and 672,92±32,54 TU/mg respectively.

Keywords: extraction, drying, enzymatic activity, papaya, papain.

1. Introducción

La papaya (*Carica papaya L.*) perteneciente a la familia de las Caricáceas, es uno de los cultivos con mayor tradición a nivel nacional con importante demanda comercial a nivel mundial, sea ésta destinada para su consumo de forma directa por sus características organolépticas o por sus propiedades reguladoras del proceso digestivo. Varias de estas propiedades se deben a las enzimas que posee, entre las cuales la más destacada es la papaína.

Esta enzima se extrae del látex de la papaya, para luego ser sometidos a un proceso de secado.

El látex extraído cuando ya está seco recibe el nombre de papaína cruda.

La papaína se ha convertido en la proteasa de origen vegetal de mayor uso en la industria. Se la utiliza a nivel de industrias de alimentos, en la industria textil, farmacéutica, cosmética, en el tratamiento de desechos, entre otras.

Teniendo en cuenta el potencial comercial de la papaína, han sido realizados pocos estudios sobre las propiedades de la papaína obtenida de las variedades de papaya que se cultivan en el país, lo cual puede llevar a una diversificación de la producción

nacional, con la consecuente generación de divisas para el Ecuador.

Este proyecto de tesis, está dirigido a determinar la temperatura de entrada de aire más adecuada para la obtención de papaína cruda de buena calidad, teniendo en cuenta la incidencia de la operación de secado sobre la actividad proteolítica de la enzima.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia Prima.

La papaya pertenece a la familia de las Caricáceas y al género y especie *Carica papaya L.* originaria de América Central, es una especie arbustiva, presenta tres formas sexuales: femeninos, masculino y hermafrodito. La importancia del sexo radica en que los machos son improductivos. Los femeninos son productores continuos, mientras que los hermafroditos pueden ser productores continuos y temporales (Chaverri, 1983).

Según el diario el comercio, las variedades que existen en el Ecuador son: la Tainung, la Hawaiana y la nacional o criolla. De las cuales se seleccionó la criolla para realizar este estudio, ya que es una variedad adecuada para la recolección del látex $2,31 \pm 0,69$ g de látex/Kg de fruta. (Arana y Quijano, 2012).

El rendimiento de látex es óptimo durante los dos primeros años de producción, se recomienda rayar frutos cuya edad este comprendida entre 2,5-3 meses de edad (Chaverri, 1983). El látex es un líquido espeso que posee cierta cantidad de enzimas, de las cuales destaca la papaína.

La papaína es una endopeptidasa, pertenece a la familia de las cisteín (sulfhidril) proteasas, su actividad proteolítica depende del grupo tiol de un residuo de cisteína en su sitio activo (Wong, 1995).

Este polipéptido está compuesto por 212 aminoácidos. Es una enzima de baja especificidad que hidroliza tanto proteínas como péptidos de pequeño tamaño, amidas y ésteres.

Es estable a elevadas temperaturas a pH neutro, pero se desnaturaliza en medio ácido $\text{pH} < 4$. El pH óptimo para la papaína es de 5,0-6,0. (Wong, 1995). Es termoresistente, con rango de acción entre 60-90 °C y con una temperatura óptima de 65 °C (Badui, 1990).

2.2. Métodos Experimentales

2.2.1. Extracción del Látex de la fruta

La extracción del látex se la realizó en frutos de la variedad criolla, los cuales se encontraban aún unidos a la planta, los cultivos se encuentran en la parroquia Cerecita-Guayas. Se utilizaron frutos con edad de 2-3 meses, la hora de recolección fue entre las 5:30am-7:00am, realizando cortes longitudinales de 2mm de profundidad en dirección vertical en la superficie de la cáscara y con intervalos de recolección de 3 días, por un período de 2 semanas.

Previo a la extracción se realizó la limpieza del fruto para remover las impurezas que puedan afectar la calidad del látex con agua y toallas de papel, para la recolección se utilizaron cuchillas de acero inoxidable, además de un embudo plástico, y bolsas tipo ziploc.

2.2.2. Acondicionamiento de la muestra

El látex es un líquido viscoso y fácilmente se puede deteriorar es conveniente usar aditivos que conserven su calidad, después de su extracción:

- Bisulfito de Sodio en concentración 0,5% P/P, como regulador de pH y antioxidante.
- Citrato de sodio en concentración de 4% P/P como agente amortiguador de pH, anticoagulante.

El traslado y almacenamiento del extracto se lo realizó en contenedores con aislamiento térmico a 4°C.

Para facilitar el paso de la muestra por el secador se centrifuga el látex, en una centrífuga refrigerada a una velocidad de 8 000 rpm, por 60 min y a 4°C. En esta etapa se obtienen dos partes, de las cuales el sobrenadante es el primordial para ser microencapsulado.

Para la microencapsulación de la papaína se procedió de la siguiente manera:

- Preparación de la solución de goma arábica: Se preparó una solución que corresponde al 20% del total de la mezcla. Esta se la hace con una concentración del 25% p/v, se disolvió la goma en agua destilada a 70°C en agitación.
- Preparación de la mezcla de goma arábica con papaína: El 80% restante corresponde al látex centrifugado, una vez enfriada la solución de goma arábica se la mezcla.

2.2.3. Características fisicoquímica

Se realizaron los siguientes análisis:

Determinación de pH: Usando el phmetro, previamente calibrado.

Medición de sólidos solubles totales (°Brix): Se colocó en un refractómetro unas gotas del látex a una temperatura de 20°C.

Medición de la actividad de agua (aw): La aw se determinó en el equipo Aqua Lab a 25°C.

Medición del porcentaje de humedad: Se utilizó la termobalanza, es necesario colocar de 5 a 8g de la muestra a ser analizada.

2.2.4. Procedimiento de secado

El proceso de secado se lo realizó según el procedimiento por Miravet, 2009.

Para el secado de las muestras se utilizó un Spray Dryer, marca Armfield, modelo FT30 MK III. Para la operación adecuada del equipo es indispensable seguir los pasos de la figura 1.



Figura 1. Esquema del proceso de secado

2.2.5. Procedimiento de medición de la actividad proteolítica

El siguiente método de medición de la unidad de tirosina fue desarrollado por Enzyme Development Corporation, cuyo protocolo fue tomado de su sitio

web. El método empleado se esquematiza en la figura 2.

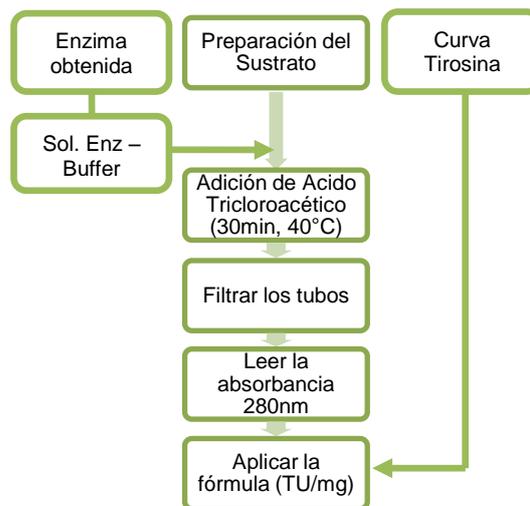


Figura 2. Esquema de la determinación de la Actividad Proteolítica

3. Resultados.

3.1. Evaluación de las condiciones de secado para la obtención de papaína cruda

3.1.1. Caracterización del látex microencapsulado

En la tabla 1 se presenta los valores obtenidos para cada parámetro físico-químico:

Tabla 1. Parámetros físico-químicos del látex microencapsulado

| Parámetro | Resultado |
|--------------|------------------|
| pH (25°C) | 6,10 ± 0,01 |
| ρ (25 °C) | 1,03 ± 0,01 g/ml |
| Aw (25 °C) | 0,97 ± 0,01 |
| Brix (20 °C) | 12 ± 1 |
| % Humedad | 84,90 ± 0,60 |

Se puede definir al látex de *Carica Papaya L.* de la variedad criolla microencapsulado con goma arábica como una sustancia ligeramente ácida dado que el pH es de 6,10; este valor ratifica que la enzima no se ha degradado porque está dentro de su óptimo 5,5 - 7 (Wong, 1995). Además también se puede afirmar que la goma arábica no afecta el pH del látex de *Carica papaya L.* Los valores obtenidos de la medición de aw (0,97), indican que hay facilidad para la remoción del agua y al ser esta uno de sus componentes mayoritarios (84,90%).

3.1.2. Balance de Materia

Para conocer la cantidad de agua removida en cada tratamiento es conveniente efectuar los respectivos balances según las diferentes temperaturas. Para ello se pesó las sustancias involucradas que forman la muestra, dichos valores se encuentran en la tabla 2.

Tabla 2. Peso de los componentes y peso total de la muestra

| Sustancias | Pesos (g) |
|--------------------|--------------|
| Látex Centrifugado | 51,33 ± 0,10 |
| Goma | 3,12 ± 0,01 |
| Agua destilada | 12,50 ± 0,01 |
| Peso de la muestra | 66,95 ± 0,01 |

En la siguiente tabla se presentan las temperaturas de salida según cada tratamiento:

Tabla 3. Temperaturas de salida según cada tratamiento

| Temperatura de entrada del aire (°C) | Temperatura de salida del aire (°C) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 110 | 76 ± 2 |
| 120 | 83 ± 2 |
| 130 | 91 ± 2 |

Una vez que se secan las muestras se debe medir el peso del polvo obtenido, dichos valores se encuentran en la tabla 4:

Tabla 4. Peso de la papaína deshidratada a diferentes temperaturas

| Temperatura | Peso (g) |
|-------------|-------------|
| 110 °C | 4,46 ± 0,77 |
| 120 °C | 3,91 ± 0,67 |
| 130 °C | 3,73 ± 0,63 |

Se observa que se obtiene mayor cantidad de producto, 4,46 g aproximadamente, cuando se opera a 110°C mientras que a 120°C y 130°C se obtiene 3,91g y 3,73g respectivamente. Esto se debe a que a menores temperaturas, 110°C, no hay tanta remoción del agua. La eficiencia de la deshidratación aumenta conforme incrementa la temperatura.

Ya obtenido el peso de la sustancia que ingresa al secador y la cantidad de polvo obtenido en cada tratamiento se efectúa el cálculo de balance de

materia, cuyos datos de cantidad de agua removida se muestra a continuación:

Tabla 5. Cantidad y Porcentaje de agua perdida de las muestras de látex microencapsulado secado a diferentes temperaturas

| Temperatura de entrada del aire (°C) | Cantidad de agua perdida (g) | % de agua perdida |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 110 | 62,49 | 93,34 |
| 120 | 63,04 | 94,16 |
| 130 | 63,22 | 94,43 |

3.1.3. Humedad final del látex microencapsulado

Para conocer el porcentaje de humedad de las muestras de látex microencapsulada se utilizó la termobalanza, los datos se presentan a continuación:

Tabla 6. Valores experimentales del porcentaje de humedad de la papaína deshidratada a diferentes temperaturas

| Temperatura (°C) | Humedad (%) |
|------------------|--------------|
| 110 | 10,60 ± 0,30 |
| 120 | 7,89 ± 0,27 |
| 130 | 6,51 ± 0,35 |

Según Reed, citado por Chaverri, 1983, el porcentaje de humedad del látex seco debe estar entre el 5% y el 8%, y de acuerdo a la tabla anterior las únicas temperaturas que permiten obtener polvos que se ajusten a dicho intervalo son la de 120°C y 130°C. Descartando de esta manera a la temperatura de 110°C como una temperatura adecuada para el secado del látex de papaína microencapsulado.

3.2. Actividad proteolítica de la papaína cruda

Una vez que se obtienen las absorbancias, estas deberán ser transformadas en unidades de tirosina liberada. Para dicha conversión es necesario tener el valor de la pendiente de la curva de tirosina, que en este trabajo fue de 0,06µg/ml, así como también el volumen de la reacción (20ml), y el tiempo de reacción (60 min).

En la tabla 7 se presentan los valores de la actividad proteolítica para los diferentes ensayos realizados.

Tabla 7. Valores de actividades proteolíticas de las muestras de papaína

| Temperatura (°C) | Actividad Proteolítica (TU/mg) |
|------------------|--------------------------------|
| 110 | 715,28 |
| 110 | 665,28 |
| 110 | 648,61 |
| 110 | 633,33 |
| 110 | 677,78 |
| 110 | 698,61 |
| 110 | 634,72 |
| 110 | 698,61 |
| 120 | 705,56 |
| 120 | 695,83 |
| 120 | 666,67 |
| 120 | 640,28 |
| 120 | 709,72 |
| 120 | 693,06 |
| 120 | 647,22 |
| 120 | 625,00 |
| 130 | 595,83 |
| 130 | 579,17 |
| 130 | 569,44 |
| 130 | 575,00 |
| 130 | 587,50 |
| 130 | 568,06 |
| 130 | 572,22 |
| 130 | 559,72 |

3.2.1. Análisis Estadístico

Los datos fueron examinados con la ayuda del programa estadístico Minitab 15, mediante la prueba paramétrica ANOVA, para ver si existe diferencia significativa entre la media de los datos de actividad proteolítica de las muestra de papaína secadas a diferentes temperaturas. Las hipótesis estadísticas fueron:

$$H_0: \mu_{110} = \mu_{120} = \mu_{130}$$

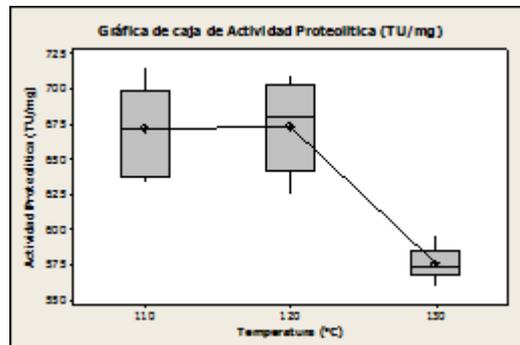
$$V_s$$

H_1 : Al menos una igualdad no es cierta

Se observa en la figura 3 que los datos de la actividad proteolítica de las muestras de papaína secadas a 130°C son muy diferentes a los de 110°C y 120°C.

La razón por la cual a 130°C se presentan bajos valores de unidades de tirosina puede ser debida a que las enzimas se hayan desnaturalizado.

Figura 3. Gráfico de caja de actividad proteolítica para las muestras de papaína cruda secadas a secadas a 110°C, 120°C y 130°C



La prueba de Tukey para la comparación de las actividades proteolíticas a 110°C y 120°C demostró que no existe diferencia significativa entre los dos tratamientos, es decir que la actividad proteolítica de las muestras secadas a 110°C es igual a la actividad proteolítica de las muestras secadas a 120°C, pero como también es necesario un bajo porcentaje de humedad en el látex seco, la operación a 110°C no sería factible ya que la temperatura no se ajusta con el intervalo deseado de porcentaje de humedad (5% - 8%). De este modo se determina que la mejor opción para el secado de látex microencapsulado con goma arábica es: la temperatura 120°C, con flujo de alimentación de 10ml/min, 4 bares de presión y 25% p/v de goma arábica.

4. Conclusiones

- La goma arábica actúa como un buen agente de secado para el látex de papaína centrifugado, puesto que esta no varía el pH de la sustancia lo cual permite conservar la actividad de la enzima. Además de que evita la formación de aglomerados durante el secado por aspersion y le brinda protección a la papaína.
- Al momento de seleccionar una enzima es importante tener en consideración los parámetros bajos los cuales se haga la selección, por lo general se desea que tengan una elevada actividad proteolítica y un bajo contenido de humedad. Estos requerimientos se pueden conseguir cuando se seca por aspersion el látex de papaya microencapsulado con goma arábica a una temperatura de entrada de aire de 120°C, con un flujo de alimentación de 10ml/min, 4 bares de presión y 25% de goma arábica.

- Si el único parámetro es la obtención de mayor actividad proteolítica del látex microencapsulado de *Carica papaya* L., se puede operar con temperaturas de entrada de aire de 110°C y 120°C, puesto que a estas temperaturas se obtiene actividades proteolíticas de 671,53±31,16 TU/mg y 672,92±32,54 TU/mg respectivamente; y de acuerdo al análisis de varianza no existe diferencia significativa entre estos tratamientos térmicos.
- Cuando la temperatura de entrada del aire que va a secar la papaína cruda microencapsulada con goma arábica es de 130°C se obtiene una actividad proteolítica menor (575,87±11,48 TU/mg), esta actividad es menor puesto que con dicho valor se obtiene temperatura en la enzima de alrededor de 91±2°C, y al presentar valores mayores a 90°C se presenta una desnaturalización en la enzima, logrando así la pérdida de su actividad proteolítica al ser alterados los puentes disulfuros que intervienen en la formación de su sitio activo.
- El porcentaje de humedad final de las muestras secadas por aspersión a 130°C es 6,51±0,35%, mientras que a 110°C y 120°C es 10,60±0,30% y 7,89±0,27% respectivamente. El menor valor de humedad se presenta a 130°C porque en la cámara de secado al ser constante el flujo con el que ingresa en la zona de secado en los tres tratamientos, se produce una mayor remoción del agua de la sustancia atomizada en aquel que tenga mayor transferencia de calor y de masa y esto se logra a 130°C.
- CHAVERRI, Alejandra. “Comparación de la actividad proteolítica de la papaína secada por diferentes métodos” (Tesis presentada en la Universidad de Costa Rica para la obtención del Título de Tecnóloga en Alimentos, 1983)
- FERRAO, M.; JACOME C. “Obtención y determinación de la actividad proteolítica de las enzimas de papaya (carica papaya Linné)”. (Tesis Colectiva presentada en la Universidad Veracruzana para la obtención del Título de Químico Farmacéutico Biólogo, 1977)
- GUANANGA, L.; GUTIERREZ, M.; PUCHA, J. “Cadena logística de exportación papaya hawaina variedad solo”. (Tesis presentada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral para la obtención del Título de Ingeniero comercial, 2009)
- HELDMAN, D.; HARTEL, R. Principles of food processing. An Aspen Publication, USA, 1997. Págs. 204-210
- LEÓN, JORGE. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales. Primera Edición. Editorial IICA, Lima - Perú, 1968. Págs. 417-422.
- MIRAVET, G. “Secado por Atomización de Zumo de Granada”. (Tesis presentada en la Universidad Politécnica de Cartagena para la obtención del título de Máster en Ingeniería Ambiental y Procesos Químicos y Biotecnológicos, 2009)
- NONHEBEL, G.; MOSS, A. El secado de los sólidos en la industria química. Editorial Reverté S.A., Barcelona- España, 2002. Págs. 295-307
- NURIA, C.; MOFERRER, A.; VILLALTA, J. Aditivos Alimentario. Colección Tecnología de alimentos. Editorial Mundi-Prensa, Madrid-España, 2002. Págs. 135-136.
- ORREGO, Carlos. Procesamiento de Alimentos. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia. Manizales-Colombia, 2003. Págs. 208-2014
- WONG, DOMINIC. Food Enzymes: Structure and Mechanism. Chapman & Hall, USA, 1995. Págs. 139-142
- Método analítico de la unidad de tirosina desarrollado por Enzyme Development Corporation. Disponible en: <http://www.enzymedevelopment.com>. Consultado en: Agosto, 2012.
- 3 variedades de papaya. Disponible en <http://www.elcomercio.com>. Consultado en: Agosto 2012.

5. Bibliografía

- ARANA, P.; QUIJANO, M. “Extracción, Caracterización y Comparación de Látex Obtenido, en Secado por Aspersión, de tres Variedades de Papaya (*Carica papaya* L.)”. (Tesis presentada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral para la obtención del Título de Ingenieras de Alimentos, 2012)
- BACHMAN, K. Biología para médicos. Editorial Reverté S.A, Barcelona-España, 1978. Págs. 27-30
- BADUI, Salvador. Química de los alimentos. Segunda Edición. Editorial Alhambra Mexicana, México D.F.- México, 1990. Pág. 123 – 293
- BERINGER, Paul. Remington: The Science and Practice of pharmacy. 21 edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2005. Pág. 904.
- BERNAL, J.; TAMAYO, A.; et al. Frutales de Clima Cálido. Cartilla divulgativa, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia, 2001. Pág. 4