

# INCREMENTO DEL CONTENIDO PROTEICO DE LA GUAYABA POR MEDIO DE UNA FERMENTACION EN ESTADO SOLIDO PARA LA ELABORACION DE UN ALIMENTO PARA GANADO

Ing. Juan Jáuregui Rincón  
Depto. de Ing. Bioquímica

## INTRODUCCION

En el municipio de Calvillo del estado de Aguascalientes se sabe que mucha de la producción de guayaba no se alcanza a cosechar o se deja perder debido a que el precio en el mercado es muy bajo y los costos de cosecha no permiten tener ganancias, además en los centros de venta la cantidad de producto que se pierde por no venderse es también grande. Por lo tanto se buscan alternativas que permitan usar estos desechos. Una de las formas es someter este material a un proceso de fermentación en estado sólido para incrementar su contenido proteico del 1% al 12 ó 15%. Para ello se requiere utilizar algún microorganismo que consuma parte de este material y se obtenga como producto una gran cantidad del organismo escogido.

La fermentación en estado sólido se caracteriza por:

- 1.- El sustrato es algún cereal o producto vegetal con alto contenido de polisacáridos.
- 2.- Usualmente el otro único componente requerido para el medio es el agua, aunque en ocasiones puede complementarse con otros nutrientes como: fuentes de nitrógeno, o elementos minerales.
- 3.- El contenido de agua del sustrato y la humedad relativa de la atmósfera del biorreactor son parámetros importantes.
- 4.- La inoculación se realiza por irrigación de una suspensión de esporas.

En México se han desarrollado diferentes procesos de fermentación en estado sólido utilizando otros sustratos como: cáscara de piña, bagazo de caña, henequén, pajas de trigo y arroz, cáscara de tuna, en el oriente se preparan varios alimentos para consumo humano como el Miso, el Shoyu, el Tempeh, la salsa de soya, etc., todas ellas han tenido como resultado un buen incremento en el contenido proteico y se han usado como alimento para ganado.

Los microorganismos usados han sido principalmente hongos; entre los más

utilizados están: *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus delemar*, *Trichoderma viride*, etc.

Objetivos del trabajo son: a) Se encontrarán las condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos usados; b) Se diseñará y construirá un biorreactor para realizar el proceso fermentativo; c) Se obtendrá un producto con un incremento del contenido proteico del 12 al 15%; d) Se evaluarán tres cepas distintas de hongos.

## MATERIAL Y METODOS

### Recolección de materia prima

Se realizó en el centro comercial agropecuario de los puestos donde venden guayaba y que tenían fruta con un grado de madurez alto y se encontraban como desecho.

### Análisis de la materia prima

Los análisis que se le practicaron a la materia prima fueron los siguientes: humedad, cenizas, grasas, proteína total, fibra cruda; se usaron los métodos oficiales del A.O.A.C. (1980). Los azúcares reductores se cuantificaron por el método del DNS (Miller, 1959).

### Pretratamiento y acondicionamiento de la materia prima

El pretratamiento aplicado consistió en secar el material, usando como método el secado solar; para esto el material fue rebanado, colocado en charolas y secado bajo las siguientes condiciones: temperatura de 30 grados centígrados y una humedad relativa de 25% por un periodo de dos días.

Una vez secado el material se procedió a molerlo con un molino de mano, dándosele dos pasadas para que el tamaño de partícula fuera uniforme y pasara por la malla 100.

El acondicionamiento consistió en un proceso de hidratación seguido de un proceso de esterilización con calor húmedo en autoclave a una temperatura de 121 grados centígrados por 15 min. Cuando se contaba con bastante desecho sólo era necesario

acondicionar el material.

### Selección de las cepas microbianas

Esta selección se realiza en base al análisis de la materia prima y a la experiencia tenida por otras personas en procesos similares.

### Inoculación de las esporas

Las esporas fueron propagadas en un medio conocido como PDA (papa-dextrosa-agar) después se procedió a inocular con una asa microbiológica dichas esporas en la caja que contiene el medio nutritivo y una vez logrado el crecimiento de éstas se procedía a un secado suave para no destruir las esporas y después se procede a inocular el sustrato con el producto ya seco y molido.

### Proceso fermentativo

El proceso fermentativo se llevó a cabo en charolas de acero inoxidable de diez por quince cm, colocando una capa del sustrato estéril sin ningún nutriente adicional.

Dicho proceso se realizó bajo las siguientes condiciones: una temperatura de 28 grados centígrados. Una humedad relativa de un 90%, un flujo de aire de 8 lt. por min. y por un periodo de 7 días.

Después de este periodo de tiempo se procede a secar el producto bajo las siguientes condiciones en estufa marca APSA a una temperatura de 70 grados centígrados por un periodo de 24 horas.

### Análisis del producto fermentado

Al producto fermentado se le practicaron los mismos análisis que para la materia prima, además se cuantificó el contenido de toxinas por el método oficial de la A.O.A.C. (1980).

### Cinética de fermentación

Con los parámetros seleccionados se corre una fermentación tomando muestras cada 24 horas y evaluando principalmente el contenido proteico.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1.- Determinaciones químicas.

Los valores promedio de la composición de la materia prima usada se muestran en la tabla I, se analizó el fruto completo. Se observa que el contenido de proteínas es bajo, lo cual nos indica que no es un buen producto para el consumo animal. Los carbohidratos degradables se encuentran en buena cantidad para que algún hongo pueda crecer, en base a este contenido se puede esperar un incremento proteico de un 10% o más.

### 2.- Selección de cepas microbianas.

Esta selección fue la siguiente: Se utilizaron dos cepas de *Aspergillus niger* y *oryzae* pues éstas actúan sobre los azúcares fermentables y también se escogió *Trichoderma viride* por su poder de actuar sobre celulosa.

En la tabla II se muestran las condiciones ambientales adecuadas para llevar a cabo el proceso fermentativo. La temperatura adecuada es casi la temperatura ambiente y el pH es el que trae la fruta. Todo esto va a favorecer al proceso ya que el gasto energético es bajo. Después de 7 días la concentración de proteína se incrementa aproximadamente 10 veces y ya no se presentan aumentos significativos en los posteriores días. Ver la tabla III. En esta tabla además del análisis bromatológico normal presenta el contenido de toxinas que contiene el producto terminado.

En la figura 1 se muestran los esquemas de los dos tipos de biorreactores utilizados

para el proceso fermentativo. De los cuales sólo la cámara que contiene las charolas dio mejores resultados.

En la figura 2 se muestra cómo varía la cantidad de proteína en función del tiempo para los tres tipos de hongos ensayados todos se hicieron crecer sobre guayaba fresca.

En esta cinética de fermentación el microorganismo que mayor crecimiento presentó fue el *Aspergillus niger*, y por lo tanto logró dar un mayor incremento del contenido proteico.

Se observa que después del séptimo día ya no hay cambio en la cantidad de proteína producida.

En la figura 3 se muestra una gráfica donde se compara el crecimiento del hongo usando sustrato fresco con:

- Pretratamiento y acondicionamiento
- Solo acondicionamiento

Se observa que el pretratamiento afecta el rendimiento de la biomasa pues parte de los azúcares fermentables sufren reacciones de Maillard y esto reduce su concentración en el sustrato.

La prueba que se realizó para ver la aceptación del producto dio buenos resultados, pues el ganado bovino y porcino lo aceptaron sin problema, como se muestra en las fotografías 1 y 2.

## CONCLUSIONES

El contenido proteico que se tiene al finalizar el proceso fermentativo es de un 12% considerándose que el resultado es bastante

alentador ya que el producto tiene una buena digestibilidad que es del 58.5% y el perfil de aminoácidos que presenta el *A. niger* que es el microorganismo que mejores resultados dio.

El proceso fermentativo sólo se pudo realizar en un biorreactor con charolas debido a que el sustrato al encontrarse molido y humedecido forma una pasta, la cual dificulta el paso del aire húmedo y estéril a través del sustrato.

En cuanto al contenido de toxinas éste es muy bajo y no presenta ningún problema para el ganado, además el grado de aceptación fue bueno y si este material es mezclado para preparar un alimento balanceado, el grado de aceptación no será problema.

## SUGERENCIAS

Las sugerencias que se pueden hacer son:

- El contenido proteico se puede incrementar aún más si se adicionan algunos compuestos que sean fuente de: fosfato, nitrógeno inorgánico, microelementos (calcio, hierro, magnesio, manganeso, cobre, etc.)
- Se pueden realizar pláticas con empresas productoras de forraje, pertenecientes a la iniciativa privada para tratar un posible convenio y montar una planta piloto que pueda producir éste u otros productos similares.

TABLA I  
ANÁLISIS PROMEDIO DE LA GUAYABA FRESCA

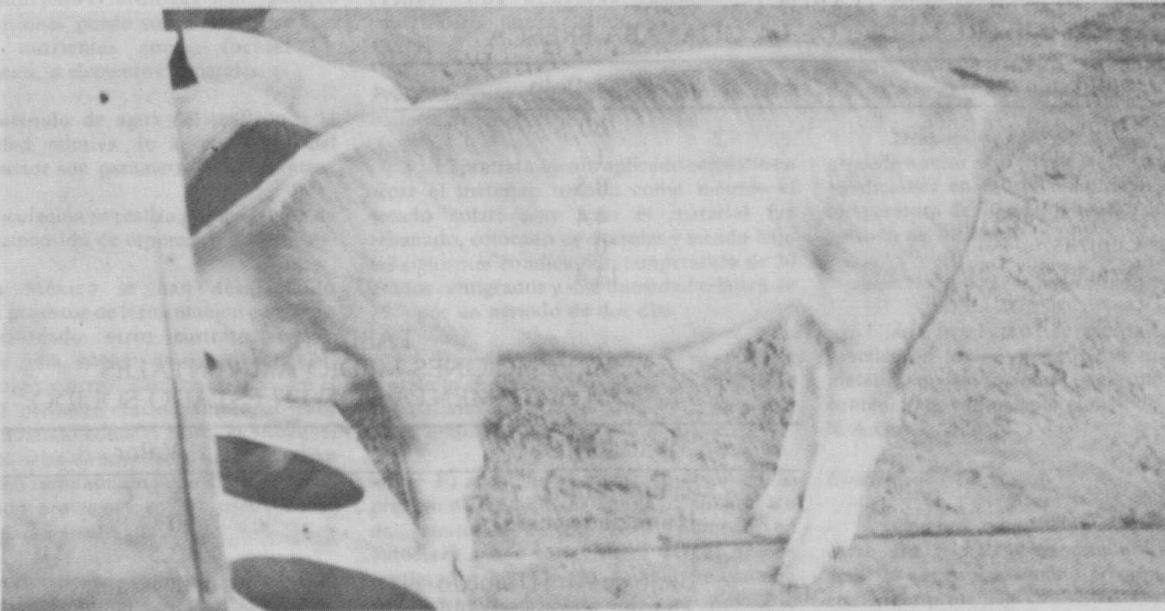
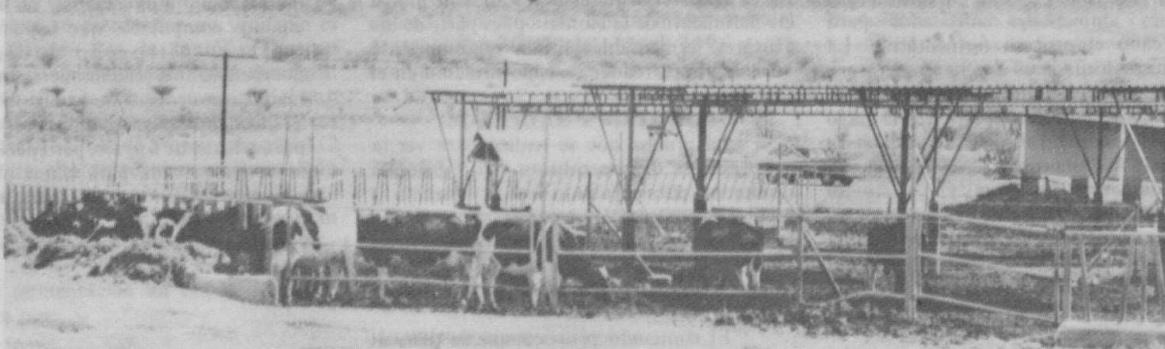
| Componente  | % en Peso |
|-------------|-----------|
| Humedad     | 80        |
| Proteína    | 1         |
| Grasa       | 0.5       |
| Fibra Cruda | 4.4       |
| Cenizas     | 0.7       |
| Azúcares    | 13.4      |

TABLA II  
CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES  
PARA LA FERMENTACION EN ESTADO SOLIDO

| Variable             | Valor    |
|----------------------|----------|
| Temperatura          | 28 ° C   |
| Humedad Relativa     | 90 %     |
| pH                   | 3.5      |
| Flujo de Aire Húmedo | 8 l/min. |
| Tiempo Fermentación  | 7 días   |

TABLA III  
ANÁLISIS PROMEDIO  
DEL PRODUCTO FERMENTADO

| Componente     | % en Peso |
|----------------|-----------|
| Humedad        | 75        |
| Proteína       | 12        |
| Grasa          | 0.5       |
| Fibra Cruda    | 4.8       |
| Cenizas        | 1.5       |
| Azúcares       | 6.2       |
| Digestibilidad | 58.5      |
| Aflatoxinas    | 5 ppb     |
| Zeralenona     | 20 ppb    |



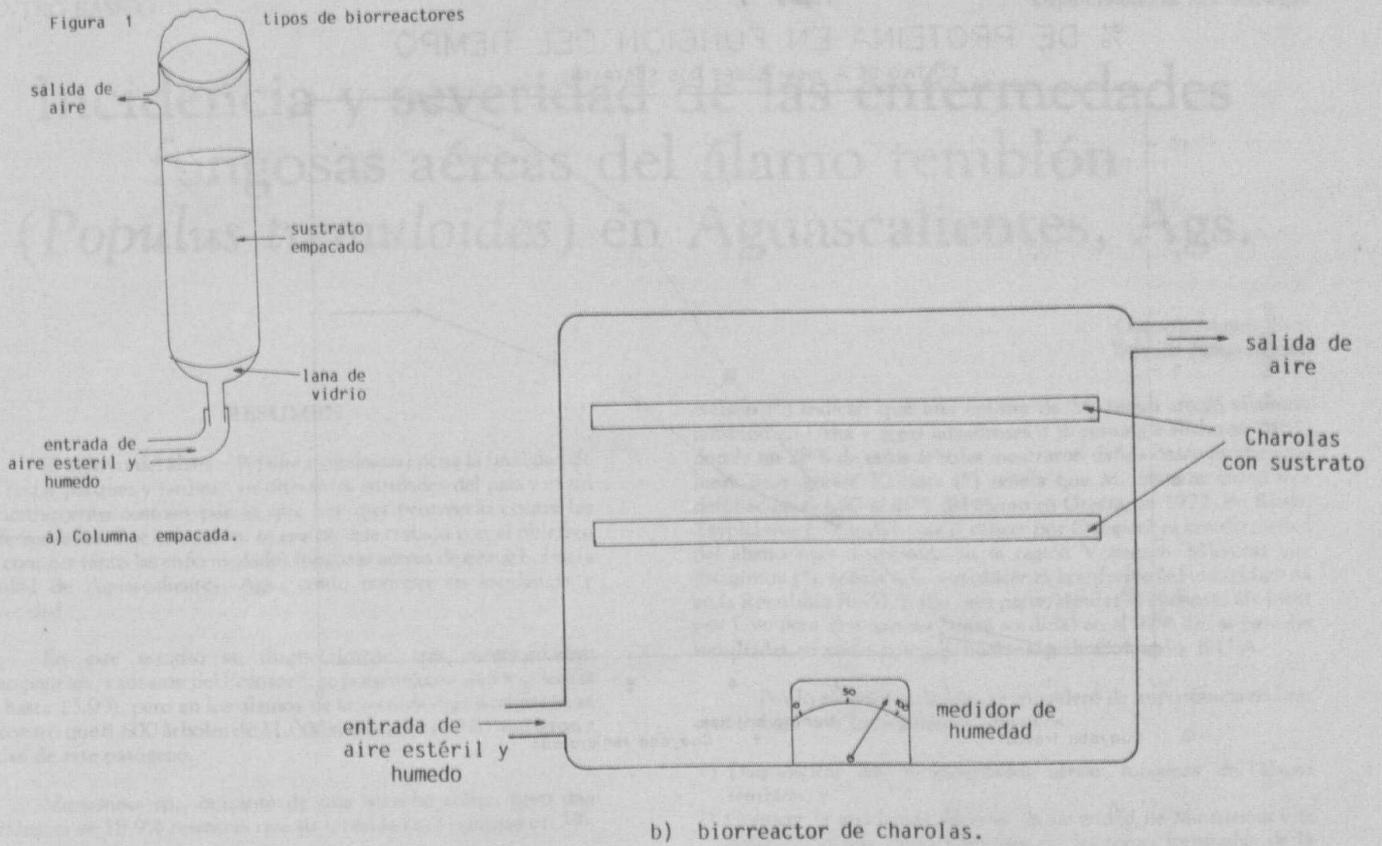


Figura 2

% DE PROTEINA EN FUNCION DEL TIEMPO  
CULTIVO DE HONGOS SOBRE QUAYABA FRESCA

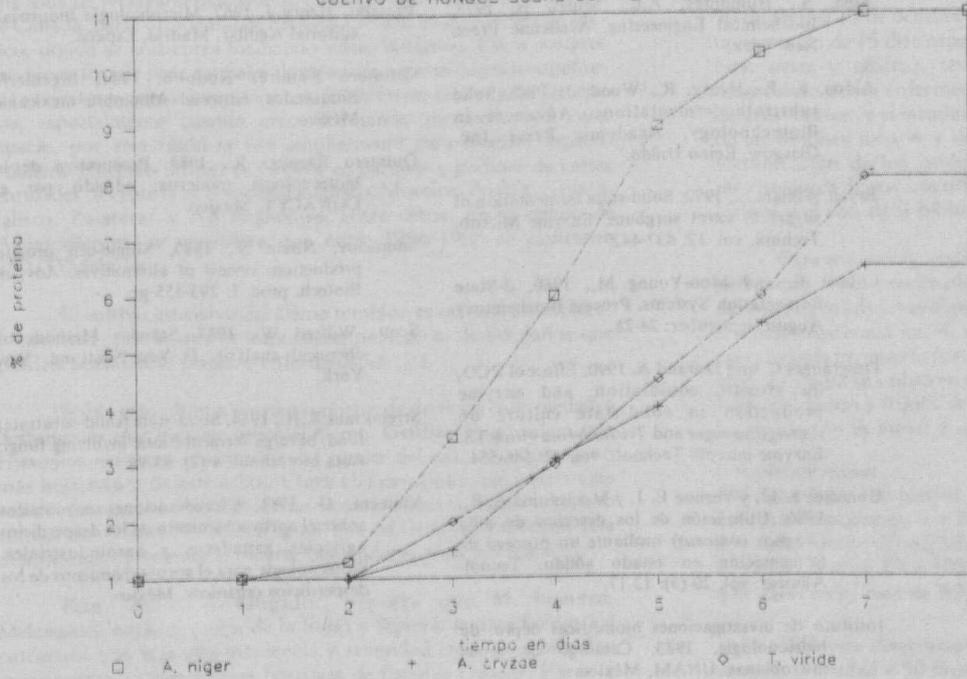
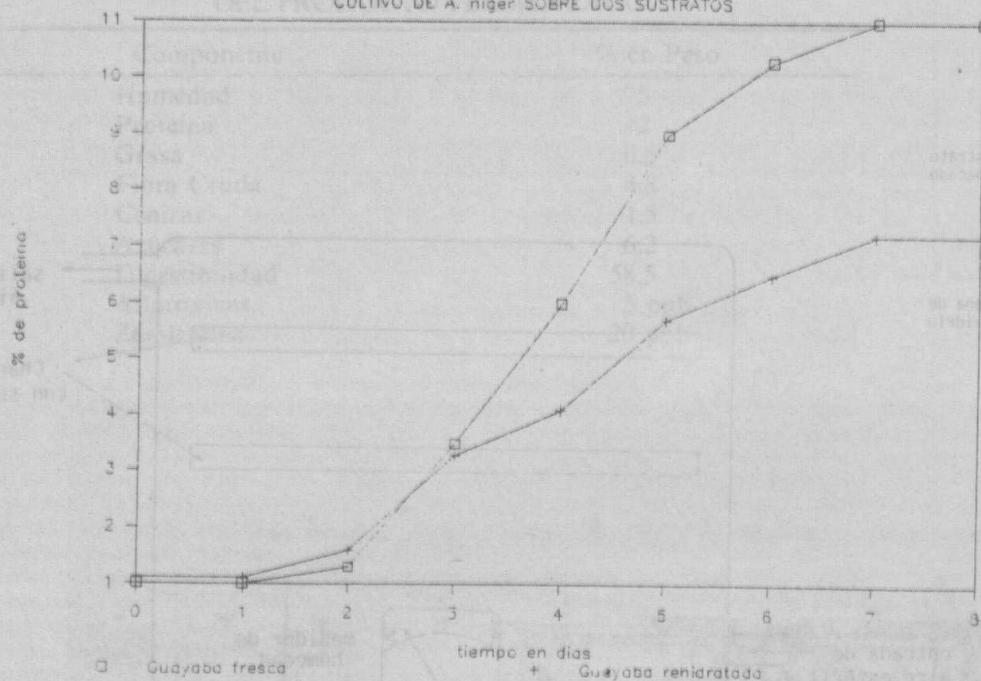


Figura 3

## % DE PROTEINA EN FUNCION DEL TIEMPO

CULTIVO DE *A. niger* SOBRE DOS SUSTRATOS



### BIBLIOGRAFIA

- Aiba, S., Humphrey, A.E., Milles, N. 1973. Biochemical Engineering, Academic Press, New York.
- Aidoo, K. E., Henry, R., Wood, J. 1982, Solid substrate fermentations. Advances in Biotechnology, Academic Press Inc. Glasgow, Reino Unido.
- Bryan William L., 1990. Solid-state fermentation of sugars in sweet sorghum, Enzyme Microb. Technol. vol. 12: 437-442.
- Cannel E. and Moo-Young M., 1980, d-State fermentation Systems, Process Biochemistry August/september: 24-28.
- Desgranges C. and Durand A. 1990, Effect of  $PCO_2$  on growth, conidiation, and enzyme production in solid-state culture on *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride* TS, Enzyme microb. Technol., vol. 12: 546-551.
- González E. E., y Vernon E. J. y Moctezuma A. R., 1986, Utilización de los desechos de piña (*Ananas comosus*) mediante un proceso de fermentación en estado sólido, Tecnol. Aliment. vol. 20 (5): 12-17.
- Instituto de investigaciones biomédicas depto. de biotecnología, 1983. Catálogo de cepas microbianas. UNAM, México.
- Prescott, Henry J. 1967. Microbiología Industrial, editorial Aguilar, Madrid, España.
- Quintero Ramirez Rodolfo, 1981, Ingeniería Bioquímica, editorial Alhambra mexicana, México.
- Quintero Ramirez R., 1983. Prospectiva de la biotecnología moderna, editado por el CONACYT, México.
- Samuelov, Nissin S., 1983, Single-cell protein production: review of alternatives, Adv. in Biotech. proc. 1: 293-355 pp.
- Scott, Wilfred W., 1987, Standar Methods of chemical analysis. D Van Nostrand. New York.
- Streinkraus K.H., 1984, Solid-state (solid-substrate) food/beverage fermentations involving fungi, Acta biotechnol. 4 (2): 83-88.
- Viniegra, G. 1981, Consideraciones económicas sobre el aprovechamiento de los desperdicios agrícolas ganaderos y agroindustriales. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. México.