



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

**CONVERSION DE CARBOHIDRATOS (MIELES INCRISTALIZABLES)
A PROTEINA, UTILIZANDO HONGOS TERMOFILOS**

MONOGRAFIA

Que presenta

RAUL ORTIZ LOPEZ
para obtener el título de
INGENIERO QUIMICO

México D.F.

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS TESIS 1979
ABO M.t. ~~263~~ ~~264~~ 267
FECHA _____
PROC _____
S _____



Jurado asignado originalmente según el tema.

PRESIDENTE Profa. Mercedes Irueste de L.

VOCAL Profa. Carmen Durán de B.

SECRETARIO Prof. Jorge Ramírez S.

1er. SUPLENTE Prof. Eduardo Bárzana G.

2do. SUPLENTE Profa. Zoila Nieto V.

Sitio donde se desarrolló el tema: Biblioteca de la Facultad de Química, Biblioteca del Instituto de Geografía, Biblioteca de las Oficinas de PEMEX, Biblioteca de la Dirección General de Estadística, Biblioteca de la U.N.P.A.S.A., Biblioteca de la Secretaría de Comercio.

Nombre completo y firma del sustentante: Ortíz López Raúl.

Nombre completo y firma del asesor del tema: Carmen Durán de Bazúa.

El reconocimiento para agradecer
a la Profa. Carmen Durán de Bazúa
por la orientación recibida para
desarrollar este trabajo.

Mi agradecimiento a los profesores
miembros del jurado:
Profa. Mercedes Irueste de L.
Prof. Jorge Ramírez S.
Prof. Eduardo Bárzana G.
Profa. Zoila Nieto V.
por su valiosa colaboración en la
conformación final de este trabajo.

Gracias a la U.N.A.M. por haberme
dado la oportunidad de ser uno de
sus miembros.

A ti Adelita, por el apoyo que
siempre me has dado.

A mis padres:

Sr. Leonardo Ortíz Estrada

Sra. Guadalupe López Hdez. de Ortíz

a mis hermanos:

José

José Luis

Ricardo

Estela

Martín

Patricia

Gabriela

por el respaldo que siempre me
han brindado.

A mis familiares y amigos por
las palabras de aliento.

A ti María Eugenia, por el
amor que me has dado y la
confianza que me has tenido.

Por los niños:
Ricardo León
Claudia Cristina
Norma Melina
Juan José
a mis cuñados y cuñadas.

A Ud. Sra. María Teresa González R.
por su apoyo y comprensión.

INDICE

	Pag
CAPITULO I .	1
INTRODUCCION	1
I . 1	1
Antecedentes	1
I . 2	4
Utilización de microorganismos como fuente proteica	4
CAPITULO II .	5
DISEÑO DE EXPERIMENTOS	5
II . 1	5
Bases teóricas	5
II . 1. 1	5
Carbohidratos	5
II . 1. 2	8
Proteínas	8
II . 1. 3	11
Hongos termófilos	11
II . 1. 4	15
Efecto del pH	15
II . 1. 5	16
Efecto de la temperatura	16
II . 1. 6	17
Tóxicos y producción enzimática	17
II . 2	19
Revisión bibliográfica	19
II . 3	37
Planeación del diseño	37
II . 3. 1	38
Materia prima	38
II . 4	46
Proceso propuesto	46
II . 4. 1	47
Ventajas del proceso propuesto	47
II . 4. 2	48
Descripción del equipo	48
II . 4. 3	55
Desarrollo del proceso propuesto	55
CAPITULO III .	57
ANALISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROCESO	57
III . 1	58
Datos estadísticos	58
III . 2	62
Análisis económico de procesos existentes	62
III . 3	65
Predicción de la viabilidad del proceso	65
CAPITULO IV .	67
CONCLUSIONES	67
CAPITULO V .	71
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	71
CAPITULO VI .	99
BIBLIOGRAFIA	99

Resumen

Durante los últimos años se han impulsado investigaciones tendientes a encontrar fuentes no tradicionales de alimentos. La razón resulta obvia para todos: el aumento demográfico y la incapacidad por parte de la mayoría de los países de producir alimentos para satisfacer sus necesidades.

Una de estas posibilidades de obtener alimentos es la producción de microorganismos a gran escala. Estos microorganismos contienen en promedio 60 % en peso de proteína en base seca, comparados con la harina de pescado y la torta de soya que contienen 48 a 60 % y 46 % en peso en base seca respectivamente (1). A esta fuente de proteínas se le conoce con el nombre de "proteína unicelular", aún cuando algunos microorganismos no son unicelulares. En la literatura es común encontrar este término ya sea con las siglas en español, PUC (Proteína Unicelular), o en inglés, SCP (Single Cell Protein).

Estos microorganismos pueden crecer en medios de cultivo sintéticos, obtenidos a partir de materias primas que actualmente no son utilizadas y constituyen una amenaza contaminante. Tal es el caso de los desechos celulósicos agropecuarios, que solamente en EE.UU. de A. llegan a 2 300 millones de toneladas anuales (2).

También pueden usarse materias primas que, aunque no son de desecho, no son utilizadas, como sería el caso de la yuca, de las papas no aptas para consumo humano, etc. Estos materiales tienen un contenido proteico muy bajo pero pueden ser transformados por medios fermentativos a biomasa con alta calidad nutricional. Existen muchas regiones en el mundo en las que las dietas tradicionales son agudamente deficientes en proteí-

nas pero que tienen abundantes reservas o provisiones de carbohidratos (3).

Nuestro país, en particular, se encuentra entre las regiones menos desarrolladas, con una tasa de crecimiento anual de 2.3. Esto indica que es necesario encontrar fuentes alimenticias alternativas a la agricultura tradicional, tanto para alimentar a la población humana como a los animales.

I. Introducción.

I.1. Antecedentes.

En el presente trabajo se estudiarán las posibilidades de utilizar las mieles incristalizables como fuente de carbohidratos en la producción de concentrados proteicos que puedan ser usados en principio como alimento para ganado. Una vez probada su utilidad, se verá en un trabajo posterior su posible uso como alimento para consumo humano.

De acuerdo con los datos estadísticos resulta de gran interés observar una cierta correlación entre las entidades del país que cuentan con uno o más ingenios con su cantidad de población y el tipo de alimentación que ésta lleva, así como la existencia de ganado porcino, lanar y vacuno.

En el caso de Veracruz la población sólo es superada por el Distrito Federal y por el Estado de México, aunque en este caso sólo sea por unos cuantos miles. Y en los casos de Tamaulipas, Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Chiapas y Campeche, que tienen una población mayor que las otras entidades del país. Esto viene a confirmar lo que ya se dijo acerca de la correlación entre las entidades del país con ingenios y su cantidad de población. Por lo tanto, este tipo de procesos se efectuarían en esos mismos lugares, consumiéndose ahí mismo el producto obtenido, es decir que no habrá necesidad de transportarlo a otros lugares.

Si se analizan los datos sobre alimentos consumidos como fuente de proteínas en las diferentes entidades que cuentan con uno o más ingenios se tiene lo siguiente:

a) Se nota que es muy elevado el porcentaje de personas que no consumen, por ejemplo: carne, desde el 11 $\frac{1}{2}$ hasta el 30 $\frac{1}{2}$;

huevos, desde el 11 % hasta el 30 %; leche, desde el 22 % hasta el 60 %; pescado, que es donde hay mayor porcentaje, desde el 40 % hasta el 80 %; pan de trigo, desde el 11 % hasta el 35 %.

b) Se observa que en Veracruz se tiene el mayor número de unidades de ganado porcino siguiéndole Jalisco, Michoacán y Chiapas. Puebla y Oaxaca también cuentan con un importante número de unidades de este ganado.

c) Se observa que la existencia de ganado lanar en Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí y Michoacán es bastante grande (aún no siendo las entidades que ocupan los primeros lugares con este tipo de ganado de todo el país), seguidas de Chiapas, Michoacán y Tamaulipas.

d) Se observa que Veracruz y Jalisco cuentan con el mayor número de unidades de ganado vacuno de todo el país y que los demás Estados que cuentan con ingenios, también son de los ocupantes de los primeros lugares.

Por lo tanto, considerando estos cuatro puntos se verá qué importante sería el obtener fuentes proteicas a partir de la conversión de las mieles incristalizables.

Dada la situación actual por la que atraviesa el mundo en lo que se refiere al gran crecimiento demográfico, el cual no va al mismo ritmo que la producción de alimentos, resultará obvio que hay que encontrar nuevas rutas en cuanto a la producción de alimentos antes de llegar a una crisis que resultaría de muy graves consecuencias, sobre todo en los países no desarrollados que es donde el crecimiento continúa y no se dan alternativas reales de cambio social para ubicar a esta población creciente.

Dependerá de las características físicas de la biomasa obtenida con este tipo de procesos si se suministra en una forma directa o si será necesario mezclarlo con otros alimentos para lograr una cierta consistencia física y palatabilidad, dependiendo del tipo de animal al que se le va a suministrar, evitando que vaya a ocurrir un rechazo por parte del animal sólo por la consistencia física del alimento.

I.2. Utilización de microorganismos como fuente proteica.

Como ya se mencionó, una corriente de interés es la utilización de microorganismos como una fuente para lograr la conversión de carbohidratos a proteínas (4). Esto se ha iniciado debido a dos importantes consideraciones:

- a) La necesidad crítica por los alimentos, particularmente de proteínas para el desarrollo de la población mundial.
- b) El descubrimiento de que los microorganismos pueden sintetizar proteínas de sustratos como los hidrocarburos (5) y los carbohidratos (6) en forma muy rápida y eficiente. Aún cuando se reconozca que los hidrocarburos representan una vasta reserva de sustratos, los carbohidratos que son tradicionalmente renovables como sustratos, prueban todavía ser más económicos en situaciones particulares.

El término SCP o PUC fue "inventado" (4) en el M.I.T. por el Profesor Carrol Wilson en mayo de 1966. El estuvo buscando un nombre general más que un acrónimo para identificar proteínas alimenticias derivadas de microorganismos de una sola célula cultivadas sobre varios sustratos.

II. Diseño del experimento.

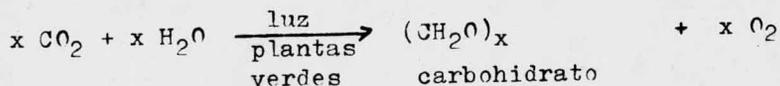
II.1. Bases teóricas.

II.1.1. Carbohidratos.

A continuación se hará una breve descripción de los carbohidratos y de cómo están constituidos (7). Los carbohidratos son una clase importante de compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Los dos últimos elementos, hidrógeno y oxígeno, están presentes usualmente en la misma proporción que en el agua, es decir, dos átomos de hidrógeno por uno de oxígeno. Pueden representarse en general por la fórmula $C_x(H_2O)_x$ y que los hace aparecer como si fueran hidratos de carbono.

Entre los carbohidratos más conocidos están varios azúcares y almidones, así como la celulosa, todos los cuales son importantes para el mantenimiento de la vida tanto de las plantas como de los animales.

Los carbohidratos se forman en las plantas verdes como el resultado de la fotosíntesis, que es la combinación química o la "fijación" de dióxido de carbono y agua por la utilización de la energía ganada a través de la absorción de la luz visible:



Es necesario hacer hincapié en el hecho de que las propiedades químicas de estos compuestos no muestran similitud alguna con respecto a las de los hidratos como una clase. Además, puede pensarse en otros muchos compuestos que no tienen similitud alguna en las propiedades químicas con respecto a los carbohidratos, pero que pueden escribirse por la fórmula

molecular $C_x(H_2O)_x$, siendo ejemplos de ésto el ácido acético CH_3COOH que pudiera escribirse $C_2(H_2O)_2$, así como el ácido láctico $CH_3CHOHCOOH$, escrito como $C_3(H_2O)_3$.

Sin embargo el nombre de carbohidratos se ha establecido ya y denota cierta clase de compuestos orgánicos que existen en la naturaleza en grandes cantidades. Desde un punto de vista estructural, esta clase comprende polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas, monosacáridos o sustancias que dan lugar a este tipo de compuestos al someterse a una hidrólisis, como pueden ser los oligosacáridos (de 2 a 10 componentes) y los polisacáridos (más de 10 componentes).

Los carbohidratos, las grasas y las proteínas forman las clases más importantes de alimentos. El conocimiento de los carbohidratos (8) fue escaso y fragmentario hasta aproximadamente 1880.

En las últimas décadas del Siglo XIX, principalmente gracias a las investigaciones brillantes y pioneras del gran químico alemán Emil Fisher, se dilucidaron las estructuras de varios carbohidratos y se explicaron sus propiedades.

Los carbohidratos tienen usualmente la terminación "osa".

Por lo tanto, las palabras triosa, tetrosa, pentosa, hexosa, etc., denotan el número de átomos de carbono que forman una cadena recta en el carbohidrato, y de acuerdo al prefijo aldo o ceto, se verá si es aldehídico o cetónico. Por lo tanto, si se habla de una aldopentosa, se hace referencia a un carbohidrato aldehídico que contiene cinco átomos de carbono. Estos carbohidratos que no pueden hidrolizarse a otros carbohidratos de menor contenido de átomos de carbono, se denominan monosacáridos o unidades de azúcar. En la naturaleza se unen de

dos o más unidades de monosacárido entre sí, mediante la pérdida de moléculas de agua.

Los carbohidratos que consisten de dos unidades de monosacárido se denominan disacáridos, aquellos de tres unidades trisacáridos y los de varias unidades son los polisacáridos; en general los monosacáridos y los disacáridos son cristalinos, solubles en agua, insolubles en éter y de sabor dulce. Por otra parte, los polisacáridos son usualmente amorfos, insolubles en agua y éter, y no tienen sabor. Los ejemplos más comunes de los polisacáridos son el almidón y la celulosa.

II.1.2. Proteínas.

Las proteínas son moléculas de elevado peso molecular que va desde unos cuantos miles hasta un millón o más. Estas moléculas contienen C, H, O, N y con frecuencia S. La composición elemental de las proteínas es muy semejante: porcentajes aproximados de C = 50-55, H = 6-8, O = 20-23, N = 15-18 y S = 0.4.

Estos datos nos dan poca información acerca de la estructura de la molécula proteínica, pero nos sirven para calcular el contenido proteínico de un tejido o un alimento (9).

Puesto que la proporción de nitrógeno es cercana al 16 % y a que este elemento se determina fácilmente por el método de Kjeldahl (en forma de NH_3), podemos valorar entonces la cantidad de proteína determinando la cantidad de nitrógeno y multiplicando por el factor de $100/16 = 6.25$.

Ahora bien, en la consideración de los requerimientos de proteínas por el hombre (10) los investigadores concluyeron que "la determinación de los requerimientos de proteína permanece elusiva primeramente debido a la falta de métodos precisos y adecuados para evaluar un "status" nutricional con respecto a la proteína".

La evaluación biológica de los alimentos, es uno de los problemas que más interés ha despertado en el campo de la nutrición experimental, ya que se requiere conocer su respuesta en los organismos vivos para así poder planificar la mejor utilización de los mismos en la alimentación humana.

Los métodos usados para la valoración nutricional de las proteínas, están directa e indirectamente relacionados con la evaluación relativa de las mismas, es decir que su eficiencia de utilización debe compararse a una proteína de buena cali-

dad o proteína de referencia.

Los métodos que se han desarrollado para medir la respuesta de un animal experimental ante una fuente de nutrientes, pueden dividirse en directos e indirectos.

1.- Métodos directos.

Entre los directos tenemos el de la utilización neta de proteína (UNP), en el que se mide directamente el nitrógeno depositado en el cuerpo o carcaza del animal, por el consumo de la dieta en estudio, con 10 % de proteína por 10 días y es necesario corregir por el nitrógeno endógeno, que se mide en otro grupo que consume una dieta libre de nitrógeno. El nitrógeno se puede medir directamente en el cuerpo del animal o por la relación nitrógeno-agua.

Uno de los inconvenientes de estos métodos es su aspecto económico, ya que los análisis requeridos necesitan de equipo y personal especializado. Los resultados obtenidos pueden además ser influenciados por los errores introducidos en los métodos de análisis.

2.- Métodos indirectos.

Los métodos indirectos, como su nombre lo indica, miden el nitrógeno depositado en la carcaza en forma indirecta. Algunos de estos métodos son:

a.- Índice de eficiencia proteica (IEP). En este método se expresa numéricamente el crecimiento estimulado por la proteína ingerida. Determina la ganancia en peso por gramo de proteína consumida.

$$\text{PER ó IEP} = \frac{\text{ganancia en peso (g)}}{\text{g de proteína consumida.}}$$

La dieta debe de tener 10 % de proteína y administrarse ad libitum a ratas recién destetadas.

b.- Balance de nitrógeno (BN). Este método está basado en el balance de materiales y se puede definir como la cantidad de nitrógeno que es retenido por el cuerpo del nitrógeno total que es ingerido y se expresa matemáticamente así:

$$BN = Ni - (Nf + Nu)$$

Ni = Nitrógeno ingerido.

Nf = Nitrógeno fecal.

Nu = Nitrógeno urinario.

c.- Valor Biológico (VB). Para su determinación se emplean los datos obtenidos en el balance de nitrógeno y se define como el porcentaje de nitrógeno absorbido que es retenido por el organismo bajo estudio.

$$VB = \frac{Ni - (Nf + Nfm) - (Nu + Nue)}{Ni - (Nf - Nfm)} \times 100$$

Ni = Nitrógeno ingerido

Nf = Nitrógeno fecal

Nfm = Nitrógeno fecal metabólico

Nu = Nitrógeno urinario

Nue = Nitrógeno urinario endógeno

Algunos de estos métodos son preferidos por su simplicidad aunque como en los directos, hay otros que requieren de aparatos y personal especializado. En algunos casos, éstos adolecen del inconveniente de medir un cambio en peso, que puede no sólo deberse a síntesis de proteínas, sino a deposición de grasa, agua y otros nutrientes en los tejidos del animal. Tal es el caso del IEP, sin buen control experimental.

II.1.3. Hongos termófilos.

Se ha mencionado que los microorganismos de la industria fermentativa pertenecen al reino vegetal y/o protista (11), a una parte llamada hongos o micetos y se pueden dividir en hongos filamentosos, levaduras y bacterias.

Los hongos filamentosos se caracterizan porque sus partes vegetativas de reproducción están formadas por largas células filiformes, muchas veces fuertemente ramificadas. Tales células se llaman hifas, y el tejido formado por estas células recibe el nombre de micelio. Hay hifas con y sin tabique divisor, o como se dice en el idioma botánico, pueden ser septadas o no septadas. De aquí se deriva que la hifa septada es pluricelular.

Hay que agregar que dentro del sistema botánico, todas las plantas descritas se clasifican en dos grupos principales: plantas fanerógamas y plantas con floración oculta, criptógamas (KRYPTTEIN = ocultar y GAMOS = matrimonio).

Ahora bien, la denominación "hongos filamentosos" abarca los hongos formadores de hifas, que forman un revestimiento blanquecino o coloreado sobre el sustrato en que crecen. Esta denominación no se utiliza para un grupo de hongos bien delimitado en sentido sistemático, sino para aquellos microorganismos formadores de micelio que durante toda su vida o en ciertos estados evolutivos poseen un carácter de "tipo de moho".

Por ello es siempre inseguro dónde se debe establecer el límite entre microorganismos que pertenecen a los hongos filamentosos y los microorganismos que, por ejemplo, se encuadran con las especies asporógenas de levaduras. Los hongos filamentosos pueden ser en parte saprofitos (que se alimenta de mate

ria en descomposición) y en parte parásitos; en el último caso pueden ocasionar varias enfermedades graves en vegetales e incluso enfermedades en animales y personas.

La aplicación de una serie de hongos filamentosos en la industria se basa (12):

- 1.- En su capacidad de transformar azúcares en ácidos orgánicos, por ejemplo ácido cítrico.
- 2.- En su contribución a la maduración de diversos quesos.
- 3.- En su facultad de producir exoenzimas amilolíticas y pectinolíticas. La pectinasa (poligalacturonasa o poligalacturonidasa) cataliza la hidrólisis de las uniones glicosídicas en el ácido poligalacturónico. Es la pectinasa, que resulta especialmente activa en los preparados enzimáticos, la que se utiliza para la clarificación artificial del jugo de frutas y que se obtiene principalmente con los hongos filamentosos, sobre todo en especies *Aspergillus*. Es pertinente hacer notar que el pH óptimo para los hongos *Aspergillus* está entre 3.0-3.5.

Los hongos filamentosos pueden crecer tanto sobre sustratos que como sustancias nutritivas sólo contienen sales inorgánicas más carbono fijado orgánicamente, como en la mayoría de los sustratos empleados en microbiología con nitrógeno ligado orgánicamente. Sin embargo, los hongos filamentosos exigen que en todos los sustratos aparte de las verdaderas sustancias nutritivas, concurren los probióticos y estimulantes, es decir, vestigios de ciertos metales. Por tanto, estos hongos son capaces, al igual que los vegetales superiores, de sintetizar a partir de material inorgánico sus combinaciones nitrogenadas y una serie de otras sustancias imprescindibles para la vida; solamente son incapaces de sintetizar por sí solos los hidra-

tos de carbono o carbohidratos, a partir de sustancias inorgánicas.

Por eso, para su desarrollo, los hongos filamentosos, al igual que otros microorganismos, precisan los siguientes grupos de sustancias: sustancias minerales, combinaciones nitrogenadas orgánicas o inorgánicas, carbohidratos y agua.

Los probióticos son sustancias que favorecen el crecimiento de los hongos filamentosos.

Para el desarrollo normal de los hongos filamentosos resultan imprescindibles, aparte de los microprincipios inorgánicos, el potasio, magnesio, azufre, fósforo, hierro y tal vez el calcio.

Respecto al potasio, se ha visto que este elemento puede ser sustituido en algunos hongos (Aspergillus niger, Botrytis sp) por rubidio y cesio. Pero la formación de parasporas se ve fuertemente disminuida al emplear estos metales, o llega a sustituir el potasio por otros elementos. Se supone que el potasio interviene en la formación del protoplasma.

El magnesio, del que se sospecha que es de importancia para la formación de determinadas proteínas, no puede ser sustituido por otros metales divalentes.

El magnesio también tiene importancia en la formación de conidias. Cuando disminuye el contenido en magnesio se reduce el número de conidias.

El azufre y el fósforo son necesarios para la síntesis de sustancias proteicas; el fósforo interviene en la formación de nucleínas, fosfoproteidos y fosfátidos.

El hierro es imprescindible en el desarrollo normal de los hongos filamentosos, aunque todavía no se conoce la razón de

ésto.

Las fuentes de nitrógeno orgánico pueden servir tanto como fuentes de carbono, como de nitrógeno, pero desde luego originan un crecimiento mayor cuando se encuentra presente azúcar y otras combinaciones parecidas de carbono.

Resumiendo se puede decir que las necesidades de los hongos filamentosos, en cuanto a materias nutritivas, varían de género a género, incluso de especie a especie, aunque la mayoría de ellos crezca bien sobre agar-mosto, agar-ciruelas o agar-papa, pero con ello no se dice que todas las especies logren un crecimiento óptimo sobre estos sustratos.

Hay que hacer notar que los hongos filamentosos abarcan muchas especies. Hasta la fecha se han descrito al menos cienmil especies distribuidas en unos tres mil géneros. Sin embargo, se ha comprobado que muchos de ellos son idénticos.

II.1.4. Efecto del pH.

La concentración de iones hidrógeno es un factor fisicoquímico muy importante en la microbiología. El crecimiento y el desarrollo de los microorganismos dependen de la concentración de éstos en el sustrato nutritivo.

Los hongos filamentosos y las levaduras varían generalmente la reacción del sustrato en el sentido ácido.

Se puede decir que la mayor parte de las bacterias se desarrolla mejor en sustratos neutros o ligeramente alcalinos. El crecimiento óptimo para la mayoría de las bacterias se encuentra entre un pH de 6.8 a 8.2.

II.1.5. Efecto de la temperatura.

Al igual que en todos los seres vivos, también en los microorganismos las funciones vitales normales sólo pueden efectuarse dentro de ciertos límites de temperatura.

Los mínimos, óptimos y máximos de temperatura son muy diferentes para los distintos microorganismos.

La temperatura óptima para los hongos filamentosos se encuentra por lo general alrededor de 20-30°C, sin embargo ciertas especies Aspergillus sp tienen temperaturas óptimas alrededor de 40°C.

Por lo general, en los hongos filamentosos, muere el micelio al llegar la temperatura un par de grados por debajo del punto de congelación. Los órganos reproductores son mucho más resistentes contra el frío.

Por razones prácticas, es importante mencionar a este respecto que algunos hongos filamentosos como Penicillium sp, Botrytis sp, Thamnidium elegans y muchos otros más pueden desarrollarse en cámaras frigoríficas a temperaturas de hasta -10°C presuponiéndose que el aire esté suficientemente húmedo. Cuando el aire esté seco se inhibe el crecimiento de todos los hongos filamentosos a temperaturas que se encuentran a pocos grados por debajo del punto de congelación.

La temperatura más favorable para el crecimiento, la llamada temperatura óptima, se encuentra para la mayoría de los microorganismos fermentativos entre los 20-30°C.

II.1.6. Tóxicos y producción enzimática.

Es necesario mencionar que existen múltiples sustancias que ejercen una acción nociva e incluso letal sobre los microorganismos, es decir, se deben considerar como tóxicos para el microorganismo correspondiente.

Aquí también se agregan algunas sustancias que en cantidades escasas o moderadas permanecen indiferentes o que incluso ejercen una acción favorable sobre los microorganismos, pero que a dosis mayores son nocivas. Este es el caso, por ejemplo de algunas sales nutritivas imprescindibles para la vida de los microorganismos, pero que si se añaden en concentraciones altas, ocasionan una presión osmótica excesiva en el líquido que rodea las células del microorganismo. De aquí que resulte muy difícil limitar estrechamente entre sustancias venenosas y no venenosas, ante todo también porque hay venenos verdaderos que cuando están presentes en concentraciones muy débiles no sólo pasan inadvertidos, sino que incluso pueden influir favorablemente sobre el desarrollo de los microorganismos. Esto se refiere a sustancias como el cobre, zinc e incluso el mercurio.

Las sales de estos metales son venenos muy peligrosos para la mayoría de los microorganismos: en cantidades pequeñísimas actúan como probióticos o sustancias estimulantes.

También es importante para la acción tóxica la composición del sustrato nutritivo. La presencia de proteínas y peptonas disminuye la acción tóxica. Además, los microorganismos se pueden acostumar a tolerar cantidades importantes de sustancias que en otro caso hubieran ejercido una acción tóxica.

Por último, un microorganismo puede contener la información

genética para producir una gran variedad de enzimas; sin embargo, sólo algunas enzimas son producidas todo el tiempo, mientras que otras son grandemente influenciadas por el sustrato. Ciertos compuestos interaccionan con el sustrato para reprimir la translación genética informativa para la síntesis. (A esto se le llama represión). También el sustrato algunas veces reacciona con un compuesto que es un represor del mecanismo genético para destituir su acción. (A esto se le llama de-represión).

Estos procesos permiten a las células regular su contenido de enzimas en respuesta directa al medio en que se encuentren y además previenen el exceso de producto final y de enzimas superfluas.

II.2. Revisión bibliográfica.

Entre los estudios recientes se encuentran los hechos por Reade y Gregory (13) en 1975, en los cuales se ha descrito un proceso para producir proteína microbiana a partir de yuca, en una fermentación a elevada temperatura y bajo pH. La yuca (Manihot esculenta Crantz) es un producto cuyas raíces producen almidones, que se cultiva intensamente en regiones tropicales de Africa, Asia y Sudamérica, y se utiliza principalmente con fines alimenticios. La yuca es capaz de dar en exceso rendimientos de 60 toneladas por hectárea, pero las raíces son muy deficientes en proteínas y una variedad promedio contiene cerca de 3.5 % de proteína en peso en base seca.

Se han reportado casos de malnutrición en lugares donde el principal constituyente de la dieta es la yuca, especialmente en regiones del centro y oeste de Africa.

La materia seca de la raíz puede llegar a tener un 90 % de carbohidratos fermentables. Debido a que es muy bajo en proteínas, la yuca debe ser abastecida con un concentrado proteínico si tiene que ser usada como un alimento para los animales no rumiantes.

Estos estudios se concentraron sobre hongos filamentosos termofílicos, ya que el uso de tales cultivos hace que no sea necesario hidrolizar los sustratos de almidón antes de efectuar la fermentación, además de que permiten el uso de un sistema de fermentación no aséptico debido a las condiciones de su crecimiento altamente selectivas, como lo son el pH de 3.5 y temperaturas de 45-50°C. Esto decrece el costo de sistemas de enfriamiento durante la fermentación y fa

cilita la recuperación con un menor costo por filtración. El cultivo prototipo para estos estudios fue un género de Aspergillus fumigatus designado como I-21.

La mayoría de los hongos termofílicos no son patógenos ya que la capacidad necesaria para iniciar una infección en el hombre y otros animales ocurre bajo raras circunstancias. Sin embargo, debido a los antecedentes conocidos fue de particular interés e inquietud experimentar con Aspergillus fumigatus debido a que organismos de esta especie frecuentemente son culpables de producir aspergillosis (una infección pulmonar), la cual puede sobrevenir después de la inhalación de un gran número de esporas procedentes de este tipo de hongos. Por esta razón se aisló un mutante esporogénico estable (irreversible) de Aspergillus fumigatus I-21, designado como I-21A, utilizando un tratamiento de irradiación gamma. El comportamiento de este mutante se encontró equivalente con el género I-21.

El valor nutricional de Aspergillosis fumigatus I-21 y otros tres hongos termofílicos fue determinado a través de experimentos en los que se alimentaron ratas.

Se usó urea como fuente de N_2 y para ajustar el pH a 3.5 se usó H_2SO_4 que además provee el azufre necesario y también se adicionó KH_2PO_4 como una fuente de K y P. No se requirieron otras adiciones ya que la yuca abastece todos los otros componentes requeridos para el crecimiento óptimo del cultivo I-21A.

Para hacer la evaluación toxicológica se efectuaron exámenes clínicos e histológicos sobre las ratas, y no se encontraron anomalías que pudieran atribuirse a la dieta.

En la Tabla 1, se encuentran los datos obtenidos en una de las fermentaciones hechas por Aspergillus fumigatus I-21A, don

de el medio contenía 150 gramos de yuca fresca por litro. La incubación fue por 20 horas a 45°C.

Los resultados de este estudio sugieren que este tipo de hongos, los cuales son capaces de crecer a elevada temperatura (mayor o igual que 45°C), y un bajo pH (menor o igual que 3.5), puedan ser usados con bastante éxito para la producción de proteína a partir de yuca.

Algunos aspectos económicos son de considerarse con el uso de tales organismos. Por ejemplo: a) no es necesario efectuar la hidrólisis del almidón de la yuca antes de la fermentación. b) La esterilización del sustrato ya no es indispensable puesto que las condiciones de cultivo son altamente selectivas (el bajo pH previene el crecimiento de bacterias y la elevada temperatura inhibe las levaduras y la mayoría de los otros hongos), la asepsia durante la fermentación no es necesaria por la misma razón. c) El metabolismo del cultivo genera el calor necesario para mantener elevada la temperatura de fermentación. d) Finalmente, con este tipo de cultivo es factible efectuar un procedimiento de filtración barato para recuperar la biomasa.

Asumiendo que los requerimientos de alimentación para un puerco de 20 Kg son de 1.5 Kg de materia seca por día con un 16 % de proteína cruda, se puede calcular a partir de los rendimientos de las fermentaciones de 50 litros, que cien puercos necesitarían una capacidad diaria de fermentación aproximadamente de 2 700 litros, si todas las proteínas para su dieta procedieran de la yuca fermentada. De tal modo que sólo habría que calcular la capacidad adicional de fermentación para el tiempo en que la planta esté inactiva para efectos de

limpieza y de mantenimiento.

No se hizo un análisis económico sobre el proceso a gran escala.

Otro trabajo más, hecho por los investigadores Reade y H. Smith (14), y en el cual utilizaron grano de cebada como la fuente de carbohidratos, fue efectuado en el año de 1974.

Se efectuó una fermentación aeróbica sumergida, simple, no aséptica, en la cual pudiera sintetizarse proteína microbiana a partir de fuentes de nitrógeno y del sustrato ya mencionado, para suplementar el contenido proteico del grano de cebada para la alimentación de animales no rumiantes. Observaciones hechas sobre 23 tipos de hongos cultivados en pequeños matraces demostraron que la proteína microbiana podía ser producida exitosamente por un número de especies diferentes en un medio conteniendo cebada como fuente de carbohidratos. La síntesis de proteína fue afectada notablemente por la presencia de diferentes fuentes de nitrógeno en la fermentación; en este aspecto el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y la urea probaron ser buenas fuentes de nitrógeno. El organismo Aspergillus oryzae fue seleccionado como la especie más apropiada para la síntesis de proteína, basándose en su comportamiento al ser suplementado con varias fuentes de nitrógeno. La velocidad de crecimiento de Aspergillus oryzae en los cultivos con agitación fue tal, que altos rendimientos de proteína de micelio fueron obtenidos en 24 horas de un cultivo inoculado con una suspensión de esporas. Bajo las condiciones de crecimiento usadas en estos experimentos se pudo apreciar una pequeña ventaja en la adición del 2 % de cebada en exceso. Pero éste último se podía lograr sólo si se extendía el perio-

do de incubación. La tolerancia de Aspergillus oryzae a bajos valores de pH fue aprovechada para facilitar el cultivo de los hongos bajo condiciones no asépticas. Buenos rendimientos de proteína fueron obtenidos en cultivos de 40 litros a un pH de 3.5, en una máquina de lavar doméstica modificada. Aún cuando los rendimientos de proteína fueron pobres, el crecimiento no aséptico también fué exitoso a pH de 3.5 en cultivos de 1 000 litros desarrollado en un envase agrícola mezclador de alimentos.

La cebada es el cereal que más se cosecha en el Reino Unido en la era actual. En la década pasada su producción anual se dobló y en 1969-70 se cuantificó en 8.5 toneladas métricas. Aproximadamente tres cuartas partes de esta cebada (6.7 toneladas métricas) se vendieron para la alimentación animal y casi la mitad de esta cantidad (2.9 toneladas métricas) se usó para los puercos. El grano de cebada contiene en promedio cerca del 10 % de proteína cruda y cerca del 4 % de lisina, y así por sí mismo, no cumple con los requerimientos estimados para la alimentación de los puercos, los cuales son, de acuerdo a la edad, de 15-20 % de proteína y 4.2-4.8% de lisina. En la práctica agrícola estas deficiencias en la cebada como un alimento para los no rumiantes se alivian adicionando cantidades apropiadas de concentrados proteicos tales como harina de pescado o harina de frijol de soya. Debido a que estos concentrados son costosos y frecuentemente tienen que ser importados, es claramente ventajoso buscar métodos alternativos para incrementar el contenido proteico de las dietas basadas en la cebada.

Los microorganismos son una fuente potencial de proteína

para la dieta tanto de los humanos como de los animales. Son cultivados comunmente en productos de desecho industrial que bien pudieran ser hidrocarburos o carbohidratos, en procesos que combinaran el recurso disponible para sintetizar proteínas útiles. Sin embargo, en tiempos de sobre-producción, las cosechas de cereales pudieran ser igualmente consideradas como un sustrato de carbono para la síntesis de proteína microbiana. En 1968, la entonces considerable sobre-producción de cebada dió lugar a la idea de usar el grano sobrante para la producción de proteína de hongos.

De esta forma, se probó que era posible poner cebada en pequeñas cantidades e incubarla con un hongo para convertir una parte del carbohidrato a proteína, así el total de la cosecha de cebada podría usarse para la alimentación del ganado porcino y por lo tanto no se necesitaría importar los concentrados proteicos.

Se optó por un proceso en el cual la cebada era fermentada en la granja en un proceso aeróbico simple y no aséptico en el cual se adicionaban cereales no fermentados a la proteína microbiana, resultando una mezcla total que ya podía darse a los puercos como alimento. Debido a que el producto no puede ser almacenado, cada alimentación diaria demanda un "batch" de fermentación fresco. Así, para evitar el duplicar el número de tanques fermentadores, la duración de la fermentación deberá ser menor a las 24 horas. También es de desearse tener un proceso de no muy larga duración para reducir la oportunidad de contaminación debido al crecimiento de organismos que son indeseables.

En este trabajo se estudió un número de hongos para obser-

var su habilidad para producir proteína microbiana en fermentaciones sumergidas usando cebada como fuente de energía metabolizable. Los efectos sobre la fermentación de diferentes fuentes de nitrógeno, valores de pH y concentraciones de cebada fueron investigados, así como la factibilidad de un proceso no aséptico a gran escala.

Los organismos usados en este estudio fueron los siguientes: Aspergillus oryzae, Aspergillus tamarisii, Endomycopsis capsularis, Endomycopsis chodatii, Endomycopsis fibuligera, Geotrichum candidum, Penicillium chrysogenum, Penicillium citrinum, Penicillium notatum, Rhizopus arrhizus, Rhizopus oligosporus, Rhizopus oryzae. De estos organismos se estudiaron varios géneros de algunos de ellos.

Todos los cultivos se mantuvieron sobre agar de papa-dextrosa y conservados a 4°C.

Los cultivos agitados de 4 y 7 litros fueron inoculados con 10^7 conidia/100 ml de sustrato. El inóculo para las fermentaciones de 40, 1000 y 2700 litros consistió de un cultivo micelial desarrollado en un medio de composición similar al "batch" principal. El volumen del inóculo fue del 10 % (v/v) del volumen final del "batch".

En los cultivos de 40 litros las cantidades requeridas de cebada y de sales fueron adicionadas a casi 30 litros de agua en el envase fermentador, el volumen se completó a 40 litros y se mezcló hasta uniformidad. Con agitación continua se aplicó calor por medio de un serpentín utilizando vapor.

En los cultivos de 1 000 litros la cebada fue calentada y se adicionó al agua en el envase, junto con los minerales

requeridos, y la mezcla agitada durante 30 minutos. Vapor, inyectado en la base del envase, elevó la temperatura del medio a 100°C en 150-180 minutos. El envase se selló y se dejó que subiera la presión durante 60 minutos, después de lo cual la temperatura del medio fue de 112°C . Después de 120 minutos a esta temperatura, se dejó de alimentar vapor y se enfrió a temperatura ambiente durante toda la noche a 30°C .

El medio de fermentación de 2 700 litros contenía cebada cruda. Después de mezclar la cebada con agua con agua durante 15 minutos se calentó el medio durante 30 minutos a 100°C y se adicionaron las sales.

Polipropilenglicol se adicionó al medio de todas las fermentaciones con agitación a una concentración de 0.1 ml/lt para que actuara como antiespumante. No se requirió antiespumante en los cultivos hechos en matraces.

Los cultivos agitados de cuatro litros fueron desarrollados bajo condiciones asépticas en un matraz de 5 litros. Se controló la temperatura poniendo el envase en un baño de agua ("baño maría") a 30°C .

Los cultivos agitados de siete litros fueron desarrollados bajo condiciones asépticas en un fermentador de 10 litros. La temperatura se controló a 30°C .

Cultivos de 40 litros se desarrollaron bajo condiciones no asépticas en una lavadora modificada. Se controló la temperatura entre $30-40^{\circ}\text{C}$.

En estos tres cultivos se controló el pH por vía electromagnética a través de válvulas, con HCl y NaOH 2N.

La fermentación aséptica de 2 700 litros se efectuó en una planta piloto de fermentación. Se mantuvo agitación constante y un exceso del 20 % de concentración del oxígeno disuelto en el medio.

Las pruebas de operación no aséptica en gran escala se efectuaron en un envase comercial mezclador de alimentos de 2 700 litros. El volumen de prueba fue de 1 000 litros. La aereación y la agitación se tuvieron al inyectar aire en la base del envase a una velocidad de 1 000 litros/min. Excepto en el ajuste inicial a 30°C antes de la inoculación, no se ejerció control sobre la temperatura durante la fermentación. Se siguieron las variaciones de la temperatura por medio de cuatro termocoples distribuidos en el envase.

Se hicieron los siguientes análisis:

- a) Pesos secos de micelio fueron determinados por el secado de muestras lavadas a 105°C durante 18 horas. El micelio se recuperó por el filtrado de muestras sobre tela que contenía una apertura de malla de 102 μ m; fue lavado entonces con agua destilada y transferido a tubos de vidrio tarados previamente para efectuar el secado.
- b) El nitrógeno fue determinado por el método de Kjeldahl y el factor 6.25 se usó para calcular la proteína cruda.
- c) Los carbohidratos totales fueron determinados por el método de antrona.
- d) Los azúcares reductores fueron determinados por el método de Somogyi (15) usando el reactivo de Nelson de arsenomolibdato (16). Las muestras fueron deproteinizadas por el método de Somogyi (17).
- e) Los números de bacterias viables fueron determinados por

medio de la técnica de conteo en placas usando agar nutritivo.

Los resultados de la inspección hecha en los 23 organismos cultivados en matraces utilizando cebada como fuente de carbohidratos se encuentran en la Tabla 2, en la cual se anotan sólo los organismos tomados como referencia. Cada litro de medio contenía 50 gramos de cebada, 1 gramo de urea y 2 gramos de KH_2PO_4 . Los cultivos fueron incubados durante tres días y el contenido de cada uno de ellos fue liofilizado. El contenido total de carbohidratos de la biomasa fue determinado y el contenido de proteínas fue calculado como nitrógeno insoluble en ácido tricloroacético.

El incremento neto en el contenido de proteínas de los cultivos, es decir, el contenido final de proteínas menos la proteína presente en la cebada al principio, tuvo un rango de 5.7 mg/20 ml con Geotrichum candidum, a 42.9 mg/20 ml con Aspergillus oryzae. El alto incremento neto de proteínas no fue necesariamente correlacionado con una concentración alta de proteínas en la biomasa. Por ejemplo, en cultivos de Penicillium citrinum, el incremento neto de proteínas de la biomasa fue casi el mismo que con Aspergillus oryzae pero la concentración de la proteína en la biomasa fue menor. Esto fue el resultado de los niveles relativamente altos de carbohidratos remanentes en los cultivos de Penicillium citrinum al final de la fermentación. El organismo Rhizopus arrhizus mostró el efecto opuesto donde un incremento neto de proteínas relativamente bajo fue compensado por un nivel bajo de carbohidrato residual en una concentración alta de proteínas en la biomasa.

Para poder observar el efecto de la fuente de nitrógeno, se comparó el desarrollo de seis organismos cultivados en matraces cuando fueron abastecidos con nitrógeno usando las siguientes sustancias: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, urea, NH_4NO_3 , NaNO_3 y una mezcla (50/50) de urea con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Cada litro de medio contenía; 50 gramos de cebada, 2.0 gramos de KH_2PO_4 y 1.2 g de nitrógeno según la fuente de nitrógeno adicionada. El pH en cada matraz fue ajustado a 4.0 antes de la inoculación. Después de tres días de incubación el contenido de cada matraz fue liofilizado y los carbohidratos totales y el contenido de proteínas fueron determinados de la biomasa obtenida. La mayor y mejor respuesta consistente fue obtenida con la mezcla de urea y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Las fuentes de nitrógeno pueden influenciar el curso de una fermentación indirectamente a través del efecto del pH.

También se estudió el efecto de las diferentes concentraciones de cebada, y se pudo observar que incrementando la concentración de cebada se incrementaba el rendimiento de la proteína de micelio, pero el incremento no era en proporción directa a la concentración de cebada sino que fue mejor al permitirse un tiempo suficiente para que se pudiera utilizar completamente la fuente de carbohidratos.

Del mismo modo, se estudió el efecto del pH en cultivos agitados de 4 litros en un rango de 3.0 a 7.0. Cambios en el pH de 3.5 a 7.0 tuvieron poco efecto sobre el cultivo. A pH de 3.0 el rendimiento del micelio después de 24 horas de incubación fue reducido a casi la mitad de aquel que se tuvo a más grandes valores de pH aún cuando la velocidad de crecimiento del micelio entre 16 y 24 horas no fue reducido. El

rendimiento de la proteína de micelio también fue mucho menor a pH de 3.0 y ésto puede ser atribuido al bajo rendimiento del micelio combinado con la reducida concentración de proteína en el micelio.

La factibilidad de un proceso no aséptico usando Aspergillus oryzae fue probada en cultivos de 40 litros. Se usó un medio conteniendo 20 g de cebada, 2.0 g de KH_2PO_4 y 1.0 g de urea o 2.8 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ por litro. También se probaron diferentes formas de calentamiento y valores de pH. Se notó que al ajustar el pH inicial en 3.5 ó menos se prevenía el desarrollo de bacterias.

Cuando se usó $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en lugar de urea como fuente de nitrógeno, el incremento neto en la proteína obtenida fue mayor pero fue necesario controlar el pH del medio por la adición de álcali. En comparación, al usar urea el pH fue relativamente estable y su control fue innecesario.

También se hizo un proceso no aséptico con un volumen de fermentación de 1 000 litros que contenía urea en 1.0 g/lit y 20 g de cebada y 2.0 g de KH_2PO_4 por litro. El pH se ajustó a 3.5 al iniciarse la fermentación. El medio usado en la fermentación de 2 700 litros contenía 30 g de cebada, 4.2 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y 2.0 g de KH_2PO_4 por litro; el pH se mantuvo en 4.5 pero en este caso fue un cultivo aséptico.

El desarrollo del micelio fue evidente en el cultivo de mil litros aún cuando sólo hubo un pequeño incremento en la proteína. El pH no varió más de 0.5 y la temperatura bajó desde 30°C en la inoculación hasta 20°C después de 24 horas.

Bajo condiciones controladas de temperatura, pH y aereación el rendimiento de proteínas del cultivo de 2 700 litros se

vió que era comparable en rendimientos con los cultivos de volumen mínimo. Esto se observa mejor en las Tablas 3 y 4.

Los resultados indican que este tipo de fermentaciones es técnicamente factible. La eficiencia de conversión del carbohidrato de cebada a micelio y proteína de hongos era completamente competitiva con las conversiones obtenidas por otros investigadores. Esta conversión se anota en la Tabla 5. Cálculos basados en los resultados de la fermentación de 2 700 litros muestran una obtención de 50.6 g de producto fermentado seco con 39.4 % de proteína cruda de una carga inicial de 100 g de grano de cebada conteniendo 9.9 % de proteína cruda, lo cual representa un incremento de aproximadamente el 100 % en la proteína originalmente presente en el grano de cebada. Estos cálculos no toman en cuenta el nitrógeno soluble presente al final de la fermentación, el cual por medio de un análisis de aminoácidos adicionaría 4.2 g al rendimiento de proteína cruda obtenido de los 100 g de grano de cebada.

El aspecto de la masa fermentada final, fue tal que probablemente sería necesario eliminarle bastante agua. La adición de sólidos para darle una mejor consistencia física usando por ejemplo cebada no fermentada ayudaría en este fin pero tal vez reduciría demasiado el contenido proteico.

El valor nutritivo del micelio de Aspergillus oryzae, desarrollado en la cebada se evaluó en puercos y ratas. En estos experimentos el micelio de los hongos, alimentado a estos animales como la única fuente de proteínas probó ser aceptable por los mismos. No se notó efecto alguno de pérdida de apetito durante el periodo experimental, aún cuando estos ex-

perimentos fueron de una duración tan corta como para poder ver posibles efectos tóxicos.

El éxito con la fermentación no aséptica fue visto como una contribución significativa a los costos potenciales de este tipo de fermentación. El hecho de que es posible restringir el calentamiento durante la preparación del medio a temperaturas de 100°C en lugar de los usuales 121°C requeridos para la esterilización representa un ahorro en la energía de entrada y elimina la necesidad de un envase de presión para la preparación del medio. El uso de condiciones de proceso para controlar la contaminación microbiana durante la fermentación también permite una reducción en el costo del equipo, así como también no va a ser requerido un fermentador diseñado para una fermentación aséptica. Aún y cuando la urea y el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ se consideraron como fuentes de nitrógeno satisfactorias para la fermentación, la urea parecería ser preferible en un sistema simple debido a que no tuvo un efecto notable sobre el pH.

Un aspecto de control de contaminación que no fue investigado fue la temperatura de fermentación. Una fermentación efectuada a una elevada temperatura, apropiada para el crecimiento de un organismo termofílico, ofrecería dos ventajas. Primero, se dispondría de un factor selectivo adicional para reducir la oportunidad de contaminación; y segundo, se evitaría el costo de un sistema de enfriamiento para remover el calor producido por el metabolismo microbiano ya que en este caso no sería necesario. Es decir que no se va a requerir un equipo especial para este tipo de procesos. No se hizo una evaluación económica.

Un trabajo más fue el elaborado por Rogers en 1972 (18), en el que establecía que la tecnología desarrollada para utilizar los desechos celulósicos como un sustrato de fermentación para producir proteína, podría servir para un propósito dual; reducir la cantidad de basura disponible y aliviar el problema de la alimentación mundial.

Se hicieron esfuerzos para desarrollar un proceso de fermentación de la celulosa para la producción de una proteína de alta calidad con el uso de hongos como los agentes de biosíntesis.

La proteína de hongos, comparable al grano de cereal en su composición química, conteniendo todos los aminoácidos esenciales, fue producida por la fermentación de sustratos de desechos celulósicos.

Además de su contenido proteico de alta calidad, el organismo Aspergillus funigatus degradó rápidamente la celulosa. Varios procesos para incrementar la susceptibilidad de la celulosa para la biodegradación fueron estudiados, tales como el tratamiento con álcali, irradiación de electrones, tratamiento fotoquímico y la hidrólisis. Sólo el proceso de tratamiento fotoquímico probó ser significativo.

Diferentes materiales celulósicos fueron probados en este estudio de biodegradación. Sustratos con y sin un contenido de lignina fueron usados: los dos sustratos celulósicos puros utilizados fueron papel filtro y Solca Floc de 200 mallas: los sustratos de desecho celulósico fueron materiales ya de basura, la pulpa de madera y fracción celulósica de la pulpa del material de desecho lavada con agua y cribada a tamaños de partículas de aproximadamente 60 mallas.

Los hongos usados en este estudio fueron obtenidos de la exposición al aire de placas de agar papa-dextrosa.

Un medio especial conteniendo celulosa finamente dividida en agar mineral fue preparado para determinar si los hongos eran celulolíticos.

Cuando los hongos fueron inoculados sobre este medio, aquellos hongos con actividad celulolítica formaron un halo alrededor de las colonias. La zona clara ayudó en el reconocimiento y aislamiento de los degradadores de la celulosa.

La degradación de los sustratos no tratados de celulosa pura y de la basura celulósica fue comparada con la de los sustratos celulósicos previamente tratados por la oxidación del álcali, hidrólisis a elevada temperatura, radiación de electrones y el proceso fotoquímico de nitrito. El medio para estos estudios contenía 1.0 g de cada uno de los siguientes reactivos; NH_4Cl , KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , MgSO_4 , extracto de levadura, CaCl_2 y 40.0 mg de tiamina combinado todo con agua estéril hasta un volumen final de un litro. Este medio de sal mineral fue ajustado a un pH de 5 y porciones de 100 ml fueron colocadas en envases con agitación de 500 ml cada uno conteniendo 1.0 g de celulosa. Los envases se esterilizaron en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Se hizo la inoculación, después de enfriar el medio, con los hongos seleccionados previamente, se procedió a incubarlos a $\pm 35^\circ\text{C}$ en una sala de desarrollo con agitación y se observó la desaparición de celulosa y el crecimiento de la masa de hongos. Los inóculos para estos experimentos procedían de cultivos "madre" de 48 horas de hongos desarrollados en un medio de sales minerales conteniendo glucosa, celobiosa

y celulosa en concentraciones de 0.1 %.

El peso seco de cada sustancia inoculada fue aproximadamente un 10 % del peso del sustrato. Después de establecer la tasa de velocidades de biodegradación en 100 ml de medio, el proceso fue escalado hasta un fermentador de 25 litros y se reprodujeron velocidades similares.

Cuando toda la celulosa había sido utilizada, el micelio de los hongos fue eliminado del medio y lavado varias veces con agua destilada. Después, este material se secó en un horno de aire caliente a 75°C por 24 horas y se enfrió, obteniéndose así las muestras necesarias para los análisis subsiguientes, en los que se utilizaron técnicas cromatográficas de intercambio de iones y un bioanalizador para determinar los aminoácidos.

Se pesaron 20 mg del micelio en una balanza microanalítica y se transfirieron a un tubo de hidrólisis de vacío. Se pipetearon dentro del tubo 10 ml de HCl 6N. Este se cerró y se puso a una presión de 50 a 100 μ de Hg.

El tubo cerrado fue colocado en un horno a 110°C durante 22 horas. Después de la hidrólisis, el tubo se sacó del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se destapó el tubo cuidadosamente para que llegara a la presión ambiente, y el fondo fue separado después de que el tapón fue removido. El contenido del tubo fue filtrado a través de un filtro de vidrio al vacío, y el filtrado reducido a polvo por liofilización.

Después de que la muestra fue secada completamente, fue diluída volumétricamente a 5 ml con citrato de sodio 0.2 M como buffer, pH 2.2. Medio mililitro de esta solución se pipeteó

teó sobre la columna cromatográfica del bioanalizador para la determinación de los aminoácidos.

Este estudio, comparando las velocidades de biodegradación de celulosa no tratada y celulosa sí tratada, provee de un camino para seleccionar aquellos hongos altamente celulóliticos capaces de degradar la celulosa sin un pretratamiento.

Debido a un factor importante que es el de que grandes cantidades de celulosa son producidas, un proceso que no necesitara un pretratamiento ahorraría tiempo y dinero.

Comparando el tiempo requerido para la biodegradación de celulosa no tratada con la celulosa tratada en el tratamiento fotoquímico de nitrito, se vió que se ocupaba la mitad del tiempo que en el caso de la celulosa no tratada.

El uso de hongos como alimento no es nuevo. Pringsheim y Lichtenstein en 1920 (19) reportaron la alimentación de animales con Aspergillus fumigatus cultivados sobre paja suplementados con nitrógeno inorgánico.

En la Tabla 6 se muestran los contenidos de aminoácidos expresados en gramos de aminoácido por cada 100 gramos de proteína de los hongos seleccionados; así como los de harina de cacahuate; de harina de frijol de soya y también los valores de la F.A.O.

Puede observarse en estos valores que todos los hongos presentan una deficiencia en metionina y triptofano con respecto al patrón de F.A.O., excepción hecha de Trichoderma viridae (número 9) para metionina. Con respecto a los otros aminoácidos se tiene un exceso sobre los valores de la F.A.O.

En base a ésto puede decirse que el cultivo de hongos termófilos plantea la posibilidad de tener una fuente adecuada

de proteína unicelular.

II.3. Planeación del diseño.

Se trata de obtener proteína de hongos a partir de las mieles incristalizables (que serán la fuente de carbohidratos), mediante la acción de hongos termófilos, a través de una fermentación que se efectuará en un proceso "batch" o intermitente.

II.3.1. Materia prima.

En la fabricación del azúcar de caña o de remolacha, las melazas comerciales son el principal subproducto, residuo de color oscuro que resulta después de extraer la mayor cantidad posible de azúcar cristalizabile (20). La Tabla 7 presenta la composición química de las melazas negras de caña. Las sustancias que en las melazas impiden la cristalización del azúcar son sales inorgánicas e impurezas orgánicas distintas del azúcar existentes en la solución saturada de sacarosa. También se acepta que las impurezas que impiden la cristalización del azúcar en las melazas son coloides y también cristaloides. La cantidad y las propiedades de los coloides dependen de la variedad de la caña o de remolacha y de los métodos de extracción y clarificación. Las materias colorantes son melanoidinas y tanatos de hierro formados con el ácido tánico y de iones férricos existentes en la remolacha o en la caña o que han sido recogidos en el curso de las operaciones de fabricación.

Aunque algunas melazas contienen un elevado porcentaje de vitaminas, éstas suelen ser destruidas en el proceso de fabricación, especialmente en la defecación y en la filtración por carbón de huesos.

Los ácidos orgánicos volátiles y no volátiles existen en la caña o se forman durante el proceso. Los aminoácidos se forman por la hidrólisis de las proteínas. Los ácidos acético y fórmico resultan de la acción de los álcalis sobre la sacarosa y especialmente sobre los azúcares reductores.

Se obtienen estos jarabes oscuros, de olor a azúcar quemada, en la fabricación del azúcar en bruto y en el proceso

de su refinación. También se obtienen melazas invertidas o de alta presión, melazas mixtas y melazas de desecho. Se da también la denominación de melaza a productos de otros orígenes que contienen carbohidratos y son semejantes a las melazas de caña y de remolacha, como las melazas cítricas, de maíz, de madera y de sorgo.

Las melazas comerciales de caña y de remolacha son las llamadas melazas negras o prietas. Se da particularmente esta denominación a las melazas finales de la producción de azúcar de caña. La melaza contiene la mayor parte de los no azúcares contenidos en el jugo del cual se obtiene, además de una parte de la sacarosa y los azúcares reductores; consecuentemente su composición tiene que variar, según el tipo y madurez de la caña, las condiciones climatológicas y agrícolas, la eficiencia de la molienda, la naturaleza del proceso utilizado para su clarificación y otros factores.

Hoy las melazas son un importante artículo de consumo. Su mayor utilización está en productos alimenticios para el hombre y los animales y en la fermentación para la fabricación de alcohol etílico, ron, acetona, 1-butanol, ciertos ácidos orgánicos, etc.

La composición de las melazas procedentes de la caña de azúcar varía según las localidades, la clase de caña, las condiciones del suelo, el clima y los métodos de fabricación; las de caña son ligeramente ácidas con un pH de 5.5-6.5 y las de remolacha son ligeramente alcalinas con un pH de 7.5-8.5.

El bajo pH de las melazas de caña de azúcar es atribuible a la presencia de ácidos alifáticos y al bajo pH en que se

hace la clarificación.

Las melazas de remolacha (21) contienen más sacarosa que las de caña, alguna rafinosa y casi carecen de azúcar invertido (levulosa y glucosa), mientras que las de caña tienen de 14 a 25 % de carbohidratos como azúcar invertido, pero carecen de rafinosa.

No se puede formular un análisis típico, pero ciertas cifras generales resultan interesantes. La gama amplia de las melazas que salen de las centrífugas es de 85° a 92° BRIX (45° a 48° BAUME), o sea, aproximadamente de 77 a 84 sólidos por desecación. La sacarosa varía entre 25 y 40 %, y los azúcares reductores entre 12 y 35 %, y la suma de los dos (azúcares totales), es de un 50 % o más. Las cañas inmaduras tales como las que se encuentran en países subtropicales suelen rendir melazas con menos sacarosa y más azúcares reductores que las cañas plenamente desarrolladas de los trópicos.

El contenido de sales minerales o ceniza ha aumentado con la molienda más eficiente y la mayor cantidad de extracción y también debido a ciertas variedades de caña y a las mejoras en los métodos de agotamiento de melazas.

El nitrógeno total que contienen las melazas llega desde 0.4 % hasta 1.5 %, y de esta cifra frecuentemente se calcula la "proteína cruda", como $N \times 6.25$, es decir, del 2.5 al 9.0 % aproximadamente. La proteína digerible puede ser la mitad o menos de la proteína cruda, y este punto es importante en la melaza que se usa para la alimentación.

El contenido de cenizas (principalmente K_2O) es más bajo en las melazas de caña que en las de remolacha, pero es más elevado el P_2O_5 . El potasio se presenta como cloruro, como

sulfato o combinado con sustancias orgánicas que no son azúcares; en las melazas de remolacha existe un elevado porcentaje de potasio en forma de carbonato.

Organismos utilizados para la fermentación:

Con respecto a los agentes fermentadores, se utilizarán Hongos termófilos, las ventajas principales con este tipo de hongos son las siguientes:

- a) debido a la temperatura a la cual se efectuará la fermentación (que es de $+45^{\circ}\text{C}$) se reducirán los riesgos de contaminación con otros microorganismos, aunado al pH de 3.5, y
- b) no será necesario eliminar el calor generado por la reacción de fermentación misma, y además
- c) se facilitará la recuperación de los organismos por filtración, aprovechando el carácter filamentosos de los mismos, lo cual es de un menor costo que otros procesos de separación.

Habrà que probar con microorganismos tales como:

Aspergillus fumigatus, Aspergillus oryzae, Aspergillus tamarisii, Rhizopus oryzae, Actinomucor elegans, Aspergillus rugulosus, Dactylomyces thermophilus, Hemicola insolens; es decir microorganismos que han funcionado bien en este tipo de procesos (3, 13, 18).

Aún cuando no se puede hablar de un sustrato universal, en este caso bien pudiera usarse agar nutritivo para obtener las cepas deseadas de los microorganismos ya apuntados.

Como punto de partida para la evaluación de la fermentación de las mieles incristalizables como sustrato, se utilizará un volumen de un litro.

Entre las fuentes de N_2 a usar para hacer la selección se

pueden apuntar: urea, NH_4NO_3 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, NaNO_3 y KNO_3 .

Será necesario probar todos los microorganismos con todas las fuentes de nitrógeno para observar los diferentes comportamientos y rendimientos de conversión.

Además de buscar la fuente de N_2 que resulte menos cara y que dé mejor rendimiento de conversión, habrá que determinar cuál es la que menos influencia tiene sobre el pH, es decir aquella que contenga características o propiedades que mantengan más o menos constantes las condiciones de reacción del medio de fermentación.

En este primer medio de fermentación de un litro, se ejercerá un control en el pH y en la temperatura, manteniendo el pH a 3.5 y la temperatura a 45°C .

Será necesario probar a varias concentraciones de carbohidratos sobre un mismo volumen de fermentación para observar los rendimientos de conversión y escoger así la concentración que mejor haya funcionado.

En caso de obtener buenos rendimientos de conversión con el volumen de fermentación de un litro, y que sean estos rendimientos comparables con los rendimientos obtenidos en aquellos trabajos de los cuales ya se hizo mención, podrá seguir se adelante.

Se procederá a hacer una eliminación de aquellos microorganismos que no tuvieron buen rendimiento de conversión en este primer medio de fermentación.

El siguiente volumen de fermentación a probar será el de diez litros.

Se utilizarán los microorganismos seleccionados en el pr

mer medio de fermentación.

Con este medio de fermentación de diez litros se verá si no hay cambio en cuanto a los rendimientos de conversión, con respecto a los resultados obtenidos cuando el volumen fue de un litro, y en caso de que no los haya en forma negativa, podrá pasarse a un volumen de fermentación mayor.

Es necesario decir que ya con el volumen de fermentación de diez litros se debe hacer otra selección más de microorganismos ya que ahora sólo al iniciarse la fermentación se ajustará el pH a 3.5 y la temperatura a 45°C, y siguiendo la fermentación durante todo su desarrollo, se verá con qué microorganismos ya no varían mucho estas condiciones, para que en caso de que así sea, eliminarlos.

Ya con esta segunda selección se puede decir que se cuenta con los microorganismos casi ideales, porque van a dar buenos rendimientos de conversión, no van a variar mucho las condiciones de fermentación y probablemente usen la fuente de nitrógeno más barata.

Como fuentes de nitrógeno habrá que balancear entre aquellas que den buen rendimiento de conversión y sean baratas.

Habiendo obtenido todo lo anterior se puede ya trabajar sobre un volumen de fermentación de cien litros. Con este volumen de fermentación se podrá ver, de acuerdo con los resultados que se obtengan (que deberán ser muy semejantes a aquellos de los dos primeros medios de fermentación), si es factible seguir aumentando el volumen.

Hasta ahora en estos tres primeros medios de fermentación las condiciones han sido asépticas, de tal modo que hasta el siguiente volumen de medio de fermentación que será de 200 l

se tratará con condiciones no asépticas, puesto que ya con los microorganismos con que se cuenta se puede pensar en que habrán de obtenerse buenos resultados, es decir que sólo al principio nuevamente se pondrán las condiciones de temperatura de 45°C y pH de 3.5 y ya se dejará que la fermentación siga por sí sola, por el tiempo que se tiene proyectado.

Se puede pensar con respecto a los costos de la fermentación que deben ser bajos por las siguientes razones:

- a) materia prima barata y
- b) no es necesario un reactor automatizado para la fermentación.

En cuanto a la materia prima, ésta será agua, mieles incristalizables, fuentes de nitrógeno (urea) y anti-espumante.

En caso de que haya formación de espumas, será suficiente el agregar una pequeña cantidad de aceite vegetal, tal como aceite de maíz o de aceite de algodón, e inclusive se podría usar polipropilenglicol, con lo cual las espumas serán eliminadas.

Observando los reportes sobre trabajos ya elaborados, se puede notar que es muy raro que haya formación de espumas y que en caso de que éstas se presenten, será en muy pequeña cantidad, de todos modos, más bien como un medio de prevención, habrá que utilizar los antiespumantes ya mencionados.

Un último volumen a probar será el de 500 litros, donde se usará lo siguiente: concentración de carbohidratos que mejor resultado dió, microorganismo que mejor funcionó, fuente de nitrógeno seleccionada y antiespumante; sólo inicialmente se pondrá el sistema en pH de 3.5 y a una temperatura de 45°C

y se dejará que siga la reacción bajo condiciones no asépticas, durante un tiempo de 24 horas, procediendo entonces a hacer los análisis adecuados.

Se hará una evaluación de la biomasa para conocer el contenido total de proteína cruda, de carbohidratos, de cenizas, de grasa y de humedad.

La evaluación nutritiva deberá hacerse con un grupo de ratas a las cuales se les suministrará la biomasa obtenida como único alimento, procediendo a hacer su observación durante cierto tiempo.

II.4. Proceso propuesto.

De acuerdo a lo observado en la bibliografía (3, 6, 13, 14, 22), se puede deducir que realmente no es necesario un equipo muy sofisticado para efectuar este tipo de fermentaciones debido primordialmente a la clase de microorganismos con que se va a trabajar. De aquí que comparando la Fig. 1 (22), puede notarse que sólo se necesita un equipo común.

Es decir que se van a aprovechar básicamente las condiciones de operación a las cuales sólo este tipo de microorganismos termófilos puede desarrollarse, como son el pH y la temperatura, lo que traerá como consecuencia que se tenga la ventaja de poder efectuar un proceso no aséptico.

Por lo tanto, el equipo principal será: el fermentador, sistema de agitación, tanque de almacenamiento de materia prima (melaza), fermentador del inóculo y equipo que suministre vapor y aire.

Tratándose de un proceso que se efectuará por lotes se propone lo siguiente:

La Fig. 2 presenta un diagrama de bloques del proceso propuesto.

II.4.1. Ventajas del proceso propuesto.

a) Ahorro de agua.

La concentración de carbohidratos en la melaza es de 62.0% de azúcares (Tabla 7), lo que hace necesario que tenga que diluirse hasta obtener una concentración tal que haya sido aquella que se encontró era la que mejor funcionaba. Esto hace necesario que se ocupe una gran cantidad de agua.

Al término del proceso se recuperará el producto principal por una operación de filtrado aprovechando el carácter filamentosos de los microorganismos utilizados.

Al recircular el caldo de cultivo filtrado usándolo para diluir la melaza, el agua de dilución necesaria se verá reducida.

b) Ahorro de energía.

El caldo de cultivo recirculado y las melazas pueden ser "pasteurizadas" inyectando vapor vivo al fermentador. El medio producido ya con la concentración adecuada de carbohidratos es adicionado con las sales y la urea y dejado enfriar a la temperatura de 45°C, después de lo cual se hace la inoculación. Esto representa un ahorro de energía para la "pasteurización" del medio ya que se realiza "in situ" y no requiere de vapor adicional para calentar el agua de dilución.

II.4.2. Descripción del equipo.

La Fig. 3 presenta un diagrama de flujo detallado de todo el proceso.

El principal equipo con que se debe contar es el siguiente:

- a) Fermentador (tanque de dilución principal).
- b) Agitador y motor.
- c) Tanque de almacenamiento de materia prima (melaza)
- d) Sistema de bombeo.
- e) Tubería y válvulas.
- f) Tanque de almacenamiento para la PUC o SCP.
- g) Filtro para recuperar el producto principal.
- h) Fermentador del inóculo.
- i) Filtro para esterilizar el aire.
- j) Caldera.
- k) Compresor.

a) Fermentador.-

El fermentador es el corazón de cualquier proceso de fermentación y su diseño dependerá del tipo de proceso y para el caso presente deberá ser un diseño simple ya que se trata solamente de un tanque de dilución, el cual deberá estar construido en su parte interna de acero inoxidable, siendo la parte externa de acero ordinario. Con respecto a las dimensiones del fermentador, dependiendo de la capacidad proyectada se ha encontrado que generalmente las relaciones nivel de líquido/diámetro del tanque con valores de 0.5 a 1.0 son las más efectivas (23).

b) Agitador y motor.-

La selección del agitador se basa principalmente en las propiedades de la solución y en las dimensiones del reactor. Su

diseño debe proporcionar: buena distribución de temperatura, evitando sobrecalentamientos de algunas zonas y suficiente potencia para mezclar líquidos viscosos sin salpicar. En el diseño del agitador debe tomarse en cuenta que es indispensable tener una buena transferencia de calor y por consiguiente un mejor control en la velocidad de reacción.

Cálculo de la potencia del agitador: (24)

$$HP = \alpha (L)^{4.7} (N)^{2.85} (D)^{0.85} (\mu)^{0.15}$$

donde

HP = potencia del motor.

α = constante que varía de acuerdo al tipo de agitador.

L = diámetro de las aspas del agitador (ft).

N = velocidad del agitador (rps).

D = densidad de la mezcla (lb/ft³).

μ = viscosidad de la mezcla (lb/ft-seg).

c) Tanque de almacenamiento de materia prima (melaza).-

En este caso también deberá de construirse en su parte interna de acero inoxidable y la parte externa de acero ordinario, y el volumen dependerá de la capacidad proyectada.

d) Sistema de bombeo.-

Los tres factores principales para determinar si se usará una bomba de desplazamiento positivo son; presión, gasto y las siguientes características de los líquidos:

1.- Índice de acidez-alcalinidad (pH).

2.- Condiciones de viscosidad.

3.- Temperatura.

4.- Presión de vaporización del líquido a la temperatura de

bombeo.

- 5.- Densidad.
- 6.- Materiales en suspensión, tamaño, naturaleza, etc.
- 7.- Condiciones de abrasión.
- 8.- Contenido de impurezas.

Las bombas de desplazamiento positivo reciprocantes son a
plicables para:

- 1.- Gastos pequeños.
- 2.- Presiones altas.
- 3.- Líquidos limpios.

Las de desplazamiento positivo rotatorias para:

- 1.- Gastos pequeños y medianos.
- 2.- Presiones altas.
- 3.- Líquidos viscosos.

Las bombas "dinámicas" del tipo centrífugo:

- 1.- Gastos grandes.
- 2.- Presiones reducidas o medianas.
- 3.- Líquidos de todos tipos, excepto viscosos.

e) Tubería y válvulas.-

La tubería transportadora de aire estéril y de los materiales requeridos para un uso aséptico, deberá ser esterilizada con vapor (120°C por 20-30 minutos). La línea deberá de construirse tan simple como sea posible (25).

Las válvulas deberán ser fáciles de limpiar y de mantener.

f) Tanque de almacenamiento para la PUC o SCP.-

El tanque de almacenamiento (recolección) del producto prin
cipal debe estar construido de acero inoxidable en toda la par
te interna y de acero ordinario en su parte externa, evitando
el peligro de cualquier contaminación.

g) Filtro para recuperar el producto principal.-

La velocidad de filtrado puede predecirse a partir de la teoría general de flujo de fluidos en un medio poroso. Matemáticamente, la velocidad de filtrado puede expresarse como: (26).

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{G_c e^3 \rho_s A^2}{K (1-e) S_o^2 \mu_2 c} \left(\frac{dP_z}{dV_2} \right)$$

donde

A = área del filtro.

c = concentración de sólido.

$\frac{dP_z}{dV_2}$ = gradiente de presión en la masa filtrada.

e = espacios libres en la masa filtrada.

G_c = aceleración de la gravedad.

K = constante de Kozeny.

S_o = área superficial específica de la masa filtrada.

t = tiempo.

V_2 = volumen filtrado.

μ_2 = viscosidad de la fase continua.

ρ_s = densidad del sólido.

h) Fermentador del inóculo.-

Este deberá ser un tanque cilíndrico de volumen pequeño hecho de acero inoxidable, provisto de un agitador mecánico y que se encuentre libre de todo riesgo de contaminación.

i) Filtro para esterilizar el aire.-

Los propósitos de la aereación y la agitación en los fer-

mentadores son, en primer lugar abastecer a los microorganismos de oxígeno y en segundo lugar mezclar los elementos de la fermentación en una forma tal que se obtenga una suspensión uniforme de microorganismos y que la velocidad de transferencia de masa del producto metabólico sea acelerada.

El aire que ha de ser utilizado en la industria de la fermentación deberá estar limpio y contener un muy bajo número de microorganismos aerobios.

Un filtro para esterilizar aire puede hacerse acetilando alcohol polivinílico y recubriéndolo con una resina resistente al calor. Tales filtros se han designado como PVA (Poly-Vinyl Alcohol) y se han usado ampliamente para esterilizar aire en la industria de la fermentación, particularmente en Japón (25).

Debido a que los filtros PVA pueden ser sometidos a esterilizaciones repetidas con vapor, la instalación de este tipo de filtros en las plantas de fermentación es promisoria desde el punto de vista del ahorro de espacio y de lograr una reducción en los costos de operación relativamente altos.

Haciendo la comparación con un filtro de fibra, algunas de las ventajas que sobresalen en estos filtros PVA son que la caída de presión del flujo de aire es menor y la eficiencia de colección es mayor.

j) Caldera.-

El vapor de agua es el fluido más común e importante de los usados para generar energía y para la distribución del calor en condiciones reguladas de temperatura.

Gran ventaja del calor obtenido por medio de vapor es que el calor latente de vaporización, que por condensación es ce

dido al cuerpo frío, es más elevado que el de cualquiera otra sustancia. El vapor se emplea mezclándolo con el fluido que se ha de calentar y condensándolo en él o en intercambiadores de calor.

El vapor se genera en calderas denominadas generadores de vapor.

Las calderas, según su diseño físico, se clasifican en fijas y móviles; por el combustible, en calderas de aceite o de carbón; por el tipo de la superficie de calefacción, en calderas de tubos de humo o de tubos de agua.

Hoy se construyen calderas que resisten la presión de 4500 lb_f (man.) por pulgada cuadrada (316 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ man.) y para temperaturas superiores a 650°C.

La antigua caldera de tubos de humo ha sido gradualmente desplazada en la industria hasta el punto que hoy representa una muy pequeña fracción del total de los generadores de vapor.

Más modernas son las calderas acuotubulares en las que el agua circula por tubos calentados por calor radiante o por convección de gases calientes que proporcionan el calor necesario para transformar el agua en vapor. Esta caldera produce vapor sin pasar por el acostumbrado estado de ebullición o de evaporación instantánea, puesto que la presión del agua es tan elevada que su transición a vapor se realiza a la presión crítica o por encima de ella, y por consiguiente, no provoca cambio brusco de volumen (20).

k) Compresor.-

El compresor de émbolo, de vaivén o de movimiento alternativo es una máquina de desplazamiento positivo que aumenta

la presión de un volumen determinado de gas mediante la reducción de su volumen inicial. La compresión se verifica por el movimiento de vaivén de un émbolo encerrado en un cilindro. Generalmente, el cilindro es de doble efecto y está accionado por un mecanismo de biela y manivela. La compresión tiene lugar en ambos extremos del cilindro, el cual suele tener una camisa de agua para disipar el calor engendrado por la fricción de los anillos del émbolo y por la empaquetadura del vástago y parte del calor de compresión. La salida del vástago en el cilindro es con una empaquetadura sin escapes. Se regula la oportuna salida y entrada del gas en el cilindro mediante válvulas que se abren según cambia la presión diferencial entre el interior del cilindro y el sistema gaseoso (20).

II.4.3. Desarrollo del proceso propuesto.

El proceso se desarrollaría de la siguiente forma:

Este proceso se efectuará por lotes que tendrán una duración de 22-24 horas, tiempo que será medido desde el momento en que se inicie la carga de toda la materia prima hasta el momento de obtener el producto principal.

Las cepas se mantendrían liofilizadas en un laboratorio de control. Estas se pasarían a tubos de ensayo, a un matraz Er lenmeyer, a un fermentador de laboratorio y finalmente al "semillero" o fermentador del inóculo, donde se conservarán hasta el momento de su utilización.

El fermentador deberá estar perfectamente limpio y lo primero que se alimentará será el agua de dilución. Habiendo ter minado la carga de agua y ya con agitación constante se efec tuará la adición de la melaza, procediendo entonces a inyec tar el vapor vivo hasta alcanzar la temperatura de "pasteurización", dejándose enfriar entonces hasta la temperatura de operación que es de 45°C. Se procederá entonces a ajustar el pH y adicionar las fuentes de nitrógeno seleccionadas junto con las trazas de antiespumante. Se hará la inoculación, comenzando a accionar el sistema de aereación, iniciándose en ese instante la reacción de fermentación. De aquí en adelante se dejará que la fermentación continúe por sí sola bajo con diciones no asépticas durante el tiempo proyectado.

Se checarán muestras en control de calidad cada 4 horas pa ra ir registrando las variaciones que haya en el medio tanto a nivel de producto como a nivel de sistema y de esta manera seguir el curso del proceso.

Habiéndose efectuado la fermentación, el último paso será

la recuperación de la biomasa, lo cual como ya se ha mencionado, será por medio de un proceso de filtración.

Con ésto se dará por terminado el proceso.

Inclusive, antes de efectuar este último proceso de filtración y dependiendo de la consistencia física del producto final obtenido, tal vez pudiera darse en una forma directa a los animales, claro que de acuerdo al contenido final de proteínas, o bien, en caso de estar muy diluído el producto obtenido cabría la posibilidad de mezclarlo con otro alimento de manera que se tuviera una consistencia tal en el producto final que haga que éste sea aceptado por los animales, pero cuidando a la vez que no se reduzca demasiado el contenido proteico en este producto final.

III. Análisis de la viabilidad del proceso.

En un período de 50 años nuestro ha incrementado su población en un porcentaje superior al 300 %, lo que ha hecho que en los últimos años en varias entidades la población tenga una alimentación deficiente en lo que a proteínas se refiere (28).

Y puesto que día con día se encarecen más los alimentos, cada vez se irá haciendo más crítica esta situación alimenticia para la mayoría de la población.

Por lo tanto, es necesario elaborar procesos de este tipo aprovechando ese 80 % de la producción total de mieles incristalizables que se han estado exportando, ya que se puede ver que es factible obtener productos proteicos con un precio menor que otro tipo de productos obtenidos mediante un proceso que haya utilizado otro tipo de materia prima.

Este tipo de procesos deberán llevarse a cabo en plantas que se edificarían en lugares anexos a los ingenios para que de ese modo se eviten los gastos de transporte de materia prima.

III.1. Datos estadísticos.

Las cifras estadísticas son la base para el análisis, expresión y medida de cualquier fenómeno y problema que se de see conocer con profundidad y propiedad.

Una vez que las cifras se han recopilado, depurado, ordenado y dado a conocer a los estudiosos a través de su publicación, se constituyen éstas en los materiales de labor, las que mediante su uso apropiado, conducen a resultados y conclusiones, que a su vez permiten establecer soluciones y me tas a alcanzar.

En esta sección se anotarán los siguientes datos:

a) Tasa de porcentaje anual de crecimiento de la población mundial en donde las regiones menos desarrolladas son; Ex--tremo Oriente, Cercano Oriente, Africa y América Latina: las regiones desarrolladas son; Europa, Canadá y EE.UU. (TABLA 8)

Es de observarse que hay una diferencia muy grande en los ritmos de crecimiento entre los países que pertenecen a las regiones menos desarrolladas con aquellos de las regiones de sar rolladas, diferencia que es superior al 100 %.

b) Población mundial a partir del año de 1938. (TABLA 9)

Aún cuando las regiones desarrolladas en un período de 62 años (1938-2000) no incrementarán su población en un 100 %, las regiones menos desarrolladas en ese mismo período inc re men tarán su población en más de un 300 %, lo que provocará que en promedio la población mundial se incremente en un por centaje ligeramente superior al 200 %.

c) Ritmo de crecimiento demográfico de nuestro país. (TABLA 10)

Es muy notable cómo nuestro país en un período de 50 años (1921-1970) incrementó su población en un porcentaje ligera-

mente superior al 300 %. Para que pueda apreciarse mejor ésto, se anota este ritmo de crecimiento en forma gráfica en la Fig. 4.

d) Entidades del país que cuentan con uno o más ingenios.

(TABLA 11).

Se hace la anotación del número total de ingenios en el país y por Entidad Federativa, así como el porcentaje, sin querer ésto decir que sea el porcentaje con el cual cada entidad contribuye en la producción total de mieles incristalizables, ya que es claro que no todos los ingenios son de la misma capacidad.

e) Número de habitantes por Entidades Federativas. (TABLA 12)

Resulta muy interesante notar que exceptuando al Distrito Federal, Guanajuato y al Estado de México, por lo regular las Entidades con el mayor número de habitantes, cuentan con uno o más ingenios.

f) Número de viviendas y de ocupantes de las mismas, con el tipo de alimentación que éstos llevan, por cada Entidad Federativa que cuenta con uno o más ingenios. (TABLA 13)

Se toman cinco alimentos para hacer este análisis: carne, huevos, leche, pescado y pan de trigo. Usando a Campeche como ejemplo se puede ver que de un total de 250 000 individuos, no consumen carne un 12 %, huevos un 14 %, leche un 44 %, pescado un 26 % y pan de trigo un 15 %. Los porcentajes anotados no consumen esos alimentos ningún día de la semana, lo que demuestra una deficiente alimentación.

g) Cantidad de mieles incristalizables producidas en los años de 1972 y 1973. (TABLA 14).

Como es de notarse, comparando ambos años se nota un au-

mento en la producción del año de 1973 con respecto a 1972 motivado ésto a que día con día se mejoran los procesos de cultivo de la caña de azúcar. Por otro lado, comparando el destino que se le da a estas mieles se observará que el mayor porcentaje es ocupado como alimento para ganadería. En esta tabla sólo se anotan las mieles incristalizables para consumo interno ya que en lo referente a las exportaciones en el año de 1972 la cantidad total fue de 903 857 toneladas. Esto indica que de la producción total en el país sólo se utiliza un porcentaje que fluctúa entre el 20 % y el 25 %.

h) Estructura del precio de liquidación de mieles para el año de 1973. (TABLA 15)

Con los datos que se presentan en esta tabla va a obtenerse un valor al cual se denominará "precio final de venta" para las mieles incristalizables, dato que más tarde va a ser utilizado como punto de referencia.

i) Fabricación de productos alimenticios (forraje), así como su precio. (TABLA 16)

Se anota el precio de diversos productos usados como forraje y el precio de alimentos concentrados, para poderlos usar como punto de comparación con el posible precio del producto final obtenido mediante el proceso de fermentación y así poder ver la factibilidad de este tipo de procesos.

j) Existencia de ganado porcino. (TABLA 17)

Es de notarse que los Estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Veracruz cuentan con uno o más ingenios, y tienen la mayor existencia de este tipo de ganado.

k) Existencia de ganado lanar. (TABLA 18)

Hay que notar que los Estados de Oaxaca, Puebla y San Luis Potosí se encuentran entre las Entidades con mayor existencia de este tipo de ganado y que son entidades que cuentan con uno o más ingenios.

l) Existencia de ganado vacuno. (TABLA 19)

No hay que perder de vista el hecho de que los Estados de Chiapas, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz son de las Entidades con mayor existencia de este tipo de ganado y que también cuentan con uno o más ingenios.

III.2. Análisis económico de procesos existentes.

El desafío de ingeniería realmente interesante para un desarrollo afortunado de la SCP o PUC se levanta en el área del problema de costos (22). La Tabla 20 da un análisis económico generalizado de los costos de producción de microorganismos en varios materiales de carbohidratos. Es muy notable que un factor importante son los costos de materia prima.

Levaduras para alimento han sido cultivadas sobre una variedad de sustratos a partir de desechos, tales como el licor de sulfito de desecho y las basuras diarias, cereales de paja hidrolizados, melazas, cáscaras de papa y aún el bagazo. En general, el rendimiento del peso celular es aproximadamente del 50 % del carbohidrato fermentable. Dado que muchos desechos cuestan alrededor de \$ 0.55/Kg a \$ 1.10/Kg, ésto significa que los costos del sustrato de carga son de \$ 1.10/Kg hasta \$ 2.20/Kg, para levadura usada como alimento, resultando en un costo de producto de aproximadamente \$ 2.20 a \$ 3.30 por kilogramo.

Para que se tomen como punto de comparación, en la Tabla 21 se muestran los costos de diferentes sustratos de carbono.

Con el fin de hacer el análisis económico del proceso en el cual se utilizó cebada como sustrato (14), se hará referencia a la Tabla 4, en la cual se tienen los siguientes datos:

- a) Volumen de 2 700 litros.
- b) Peso de cebada en el medio, 72.0 Kg.
- c) Materia seca recuperada por filtración, 36.4 Kg.
- d) Proteína cruda en la materia seca, 39.4 %.
- e) Rendimiento de proteína cruda, 14.4 Kg.
- f) Incremento en la proteína cruda, 7.2 Kg.

- g) Incremento en proteína/100 g carbohidrato abastecido, 14.5 %.
- h) Contenido de N₂ en el filtrado⁺⁺, 0.49 Kg.
- i) Contenido de N₂ en el filtrado⁺⁺ x 6.25, 3.04 Kg.
- j) Fue un cultivo aséptico.
- k) Duración de la fermentación, 12 horas.

++ En la Tabla 22 se muestra el análisis de aminoácidos (g aminoácido/16 g N₂), donde los aminoácidos totales recobrados son iguales a 66.5 g.

Se cuenta con el dato de que la cebada contiene el 9.9 % de proteína cruda.

Por lo tanto el único dato que se va a utilizar es el que dice que hay un incremento en la proteína cruda de 7.2 Kg, que a su vez será el que sirva como base para hacer una evaluación auxiliándose con la Tabla 20.

Además hay que apoyarse en la Tabla 23, en la que se tienen los precios de productos ricos en proteínas adecuados como alimento.

Para realizar el análisis económico del proceso fermentativo, tomando el valor de la cebada como \$ 1.10/Kg y usando los datos de la Tabla 20, se obtienen los datos de la Tabla 24. De los datos presentados en la Tabla 24 resulta un costo de producción de \$ 1.76/Kg.

Si la carga original fue de 72.0 Kg de cebada, se tendría lo siguiente:

$$\text{Costo carga procesada} = \$ 1.76/\text{Kg} \times 72.0 \text{ Kg} = \$ 126.72$$

Se obtuvieron 7.2 Kg de proteína cruda (incremento), por lo que

$$\text{Costo proteína cruda} = \$ 126.72/7.2 \text{ Kg de proteína cruda.}$$

O sea que queda un precio final de \$ 17.6/Kg.

Costo proteína = \$ 17.6/Kg
cruda

Si se compara este costo con aquel que aparece en la Tabla 23 para otro microorganismo que es la levadura, resulta menor.

III.3. Predicción de la viabilidad del proceso.

Para poder ver qué tan viable puede ser que se efectúe este proceso, lo mejor será hablar de todo aquello que interviene directa e indirectamente para su realización.

De acuerdo a los datos que se tienen (Tablas 14 y 15), durante los años 1972 y 1973 el precio de las mieles incristalizables fue de \$ 0.23/Kg. El precio de los granos de cereal usados como sustrato (20), es de \$ 0.55/Kg (0.02 Dlr/lb).

La cantidad de horas-hombre es mínima para efectuar la operación ya que sólo se usarán al momento de preparar el lote y al momento de recuperar el producto principal puesto que no será necesario vigilar la operación durante todo su curso.

No será necesario mantener condiciones asépticas durante la reacción.

Como ya se ha analizado, tal parece que precisamente en los lugares en que hay ingenios es en donde este tipo de fermentaciones (procesos) tendrían mejor cabida debido a sus existencias de ganado porcino, lanar y vacuno, así como de acuerdo a su cantidad de población y al tipo de alimentación.

Es decir que siempre hay que buscar que las fermentaciones se efectúen precisamente en el lugar en el que la materia prima es obtenida para evitar así gastos en el transporte.

Además, habrá que procurar que en cuanto se obtenga el producto, sea utilizado en una forma inmediata para evitar los riesgos de contaminación, aparte de los gastos de almacenamiento.

Siempre se podrá contar con la materia prima.

Como ya se apuntó, sólo al principio de la reacción se gas

tará energía para llevar el sistema a la temperatura requerida para efectuar la "pasteurización", ya que el sistema generará su propio calor de reacción.

Por lo tanto, de todo lo que se ha expuesto a grandes rasgos, que no ha sido otra cosa que ventajas económicas (reducción de costos), se puede deducir que procesos de este tipo son factibles de hacer.

De aquí que, dependiendo de los resultados experimentales que se obtengan en cuanto a los rendimientos de conversión, este proceso pueda ser llevado a cabo inmediatamente a gran escala y así poder unir en una forma favorable todos los puntos que en este escrito se han desarrollado, tales como bajo precio de la materia prima así como su existencia garantizada, horas-hombre necesarias en forma mínima; tipo de fermentación que no requiere de un reactor con todos los accesorios necesarios para una fermentación que necesita un control durante todo su proceso, ya que en el presente caso sólo es necesario un tanque de dilución y un medio de agitación como equipo principal.

Además de que hay recuperación fácil y económica de los microorganismos por filtración, necesidad de productos alimenticios de alto contenido proteico y bajo precio, y lo que pudiera ser muy importante al menos en este caso, aprovechar en su totalidad las mieles incristalizables que se producen en el país, evitando así que continúen siendo exportadas como ocurre hoy en día.

IV. Conclusiones.

Definitivamente se puede decir para efectos teóricos, que se cuenta con todos los factores a favor para que procesos de este tipo sean llevados a cabo lo más pronto posible, de tal manera que se pueda aliviar la situación en cuanto a la crisis que se comienza a padecer con respecto a los alimentos con un elevado porcentaje de proteínas y que además sean de un bajo costo.

Pero, igual que con otros productos industriales nuevos, no sólo hay que demostrar que las PUC son útiles y de buena calidad, sino también que resultan competitivas y económicamente viables (30). A este respecto, las violentas fluctuaciones de los costos de referencia de las proteínas convencionales y de las inversiones correspondientes hacen imposible un pronóstico a corto plazo; en la actualidad, no se puede determinar con precisión lo que cuesta la producción de PUC.

Por lo tanto la industria de las PUC se vé obligada a permanecer en un compás de espera, hasta que pueda determinarse bien su lucratividad.

A manera de conclusión vaya una comparación entre dos métodos de obtención de proteínas que se diferencian por el tipo de sustrato que utilizan respectivamente: en un método se utilizan hidrocarburos y en el otro, éste que ha sido discutido, se utilizan carbohidratos.

Esta comparación será a nivel de producto final, es decir que mientras el producto proteico que utilizó hidrocarburos como sustrato mantiene al final un olor y un sabor algo desagradables (5), el producto proteico obtenido a partir de carbohidratos no cuenta con esas características, todo esto de

acuerdo a los reportes que se tienen. Esto indica que es más factible que sean los productos proteicos obtenidos a partir de carbohidratos los que encuentren una más pronta aceptación en la resolución del problema de la alimentación en un futuro no muy lejano, porque es bien sabido que un alimento por muy bueno que sea en lo que a contenido proteico se refiere, si tiene un mal olor y un mal sabor, será rechazado, lo que no sucederá con aquellos alimentos que no cuenten con esas desventajas.

Con respecto a las PUC como producto nuevo, cada vez resulta más evidente que cualquier evaluación de la toxicología implica un conocimiento detallado de la dieta en que se basa, pues el más ligero error o desequilibrio puede hacer que el analista saque aún saberlo conclusiones equivocadas (31). Esta observación es aún más pertinente cuando se trata de de terminar las virtudes y defectos de alimentos nuevos, tales como los alimentos ricos en proteínas derivados de diversos microorganismos; en estos productos, las características buenas y malas pueden estar íntimamente asociadas, y enmascarar recíprocamente el efecto de la otra. Así, un exceso puede aumentar un desequilibrio, efecto que pudiera tomarse erróneamente como una propiedad perjudicial intrínseca del alimento que se está examinando. Si se emplea un alimento nuevo en un volumen que no guarda proporción con el equilibrio nutricional de la ración diseñada para una especie determinada, sobre todo cuando se está evaluando el coeficiente de rendimiento de una proteína nueva, puede haber una reducción considerable de la eficiencia de la proteína.

Durante el proceso para saber qué tan tóxica o qué nutritiu

va puede ser una nueva fuente proteica, hay que tener presente que en la práctica existen tres limitaciones en el uso de tales fuentes proteínicas nuevas para las raciones alimentarias del ganado:

- 1.- Los requisitos para la seguridad del animal, y después de los consumidores de los productos ganaderos derivados. Además, las nuevas fuentes proteínicas pudieran utilizarse después para alimentar al ser humano;
2. El requisito de que debe tenerse un conocimiento exacto del valor biológico de estas proteínas, y
3. El requisito económico, es decir, el costo unitario de la proteína comparado con el de las proteínas de fuentes tradicionales. El precio podrá reducirse o aumentarse según el valor suplementario del producto pertinente en la ración normalizada de alimento.

Es muy probable que la información acerca del substrato, el microorganismo utilizado y la técnica empleada para preparar la proteína, así como el análisis detallado del producto cuando esté listo para usarlo en el alimento, sirvan de guía para organizar las pruebas. El requisito económico, que depende del valor biológico, determina el porcentaje del nuevo alimento que se utilizará y, en consecuencia, influye en el aspecto seguridad.

Ahora bien, comparando otro aspecto importante como lo es el sustrato en sí mismo, por un lado es obvio que en el caso de los hidrocarburos, éstos son recursos naturales no renovables por lo que se agotan día tras día, mientras que en el caso de los carbohidratos se trata de recursos naturales renovables, por lo que siempre existirán.

Todo lo anterior sin contar que como sustrato resulta de ma
yor costo un hidrocarburo que un carbohidrato.

V. Lista de Tablas y Figuras.

a) Lista de Tablas.

1. Datos obtenidos de la fermentación de yuca con Aspergillus fumigatus (13).
2. Contenido de proteína cruda y de carbohidratos de hongos incubados durante tres días, en un medio de cultivo basado en la cebada (14).
3. Datos obtenidos de la fermentación a escala planta piloto (1000 l) para Aspergillus oryzae (14).
4. Datos obtenidos de la fermentación a escala planta piloto (2700 l) para Aspergillus oryzae (14).
5. Eficiencia de conversión de carbohidrato a proteína por Aspergillus oryzae (14).
6. Contenido de aminoácidos de los hongos seleccionados, harina de cacahuete, harina de frijol de soya y valores de la F.A.O. (18).
7. Composición química de las melazas negras de caña (20).
8. Población mundial. Tasa de porcentaje anual de crecimiento (5).
9. Población mundial en millones (5).
10. Ritmo de crecimiento demográfico en México (5).
11. Entidades federativas y número de ingenios presentes en cada una de las mismas (27).
12. Habitantes por entidades federativas en el año de 1970 (28).
13. Número de viviendas y de ocupantes según el número de días que en las viviendas se consumieron diversos alimentos que son fuente de proteínas, para los

diferentes estados de la República Mexicana en los cuales se ubican ingenios (28).

14. Datos sobre la venta de mieles incristalizables para su consumo interno, así como el destino que se les dió para los años de 1972 y 1973 (29)
15. Datos de estructura del precio de liquidación de mieles (85°BRIX a 20°C), para la zafra efectuada en el año de 1973 (28).
16. Precio de productos usados como forraje y precios de alimentos concentrados (28).
17. Existencia de ganado porcino, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: marranos reproductores, marranos mayores de 1 año, marranas mayores de 1 año, marранos y marranas de 6 meses a 1 año, crías menores de 6 meses (28).
18. Existencia de ganado lanar, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: borregos mayores de 2 años, borregas mayores de 2 años, borregos y borregas de 6 meses a 2 años y crías menores de 6 meses (28).
19. Existencia de ganado vacuno, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: toros reproductores o sementales, vacas de vientre, toros o vacas destinados a la engorda mayores de 3 años, novillones y vaquillas de 2 a 3 años, novillos y toretes de 2 a 3 años, becerros y becerras de

1 a 2 años, crías menores de 1 año, bueyes de trabajo (28).

20. Análisis económico generalizado de costos de producción de microorganismos (22).

21. Costo de diferentes sustratos de carbono (22).

22. Análisis de aminoácidos ($\text{g AA}/16 \text{ g N}_2$)
= ($\text{g AA}/100 \text{ g proteína cruda}$).

Total de aminoácidos recuperados = 66.5 g (14).

23. Precio en pesos/Kg de productos ricos en proteínas adecuados como alimento (22).

24. Análisis económico usando la cebada como sustrato.

b) Lista de Figuras.

1. Proceso típico para producir SCP o PUC (19).

2. Diagrama de bloques del proceso propuesto.

3. Diagrama de flujo detallado del proceso propuesto.

4. Datos demográficos de México (20).

TABLA 1. Datos obtenidos de la fermentación de yuca con Aspergillus fumigatus (13).

Concentración inicial de carbohidratos (g/l)	Rendimiento de producto (g/l)	Contenido de proteína cruda en el producto (%)	Contenido de proteína en el producto (%)
43.8	27.6	35.5	26.3

TABLA 1. cont.

Rendimiento de proteína cruda (%)	Conversión de carbohidratos usados a proteína cruda (%)	Rango de pH
9.8	21.3	3.5-3.9

TABLA 2. Contenido de proteína cruda y de carbohidratos de hongos incubados durante tres días, en un medio de cultivo basado en la cebada (14).

-75-

Organismo		Proteína cruda en la biomasa (% base seca)	Incremento neto en el contenido de la proteína cruda (mg/20 ml)	Contenido de carbohidratos de la biomasa (% base seca)
Aspergillus oryzae	IMI 44242	21.8	42.9	10.8
Geotrichum candidum	IMI 23312	8.3	5.7	n.d.
Penicillium citrinum	IMI 61272	16.8	40.6	22.6
Rhizopus arrhizus	M 263	19.1	16.7	8.9

TABLA 3. Datos obtenidos de la fermentación a escala planta piloto (1000 l) para Aspergillus oryzae (14)

Peso de cebada en el medio (Kg)	Materia seca recuperada por filtración (Kg)	Proteína cruda en la materia seca (%)	Rendimiento de proteína cruda (Kg)	Incremento en proteína cruda (Kg)
20.0	9.3	23.2	2.16	0.16

TABLA 3. cont.

Incremento de proteína 100 g de carbohidrato abastecido (%)	Contenido de N ₂ del filtrado (Kg)	Contenido de N ₂ del filtrado x 6.25 (Kg)
1.16	n.d.	n.d.

TABLA 3. cont.

Contaminación bacteriana (bacterias/ml de cultivo) En la inoculación	Después de 24 hs	Duración de la fermentación (hs)
1.8×10^4	3.0×10^4	24

TABLA 4. Datos obtenidos de la fermentación a escala planta piloto (2 700 l) para Aspergillus oryzae (14).

Peso de cebada en el medio (Kg)	Materia seca recuperada por filtración (Kg)	Proteína cruda en la materia seca (%)	Rendimiento de proteína cruda (Kg)	Incremento en proteína cruda (Kg)
72.0	36.4	39.4	14.4	7.2

TABLA 4. cont.

Incremento de proteína 100 gr de carbohidrato abastecido (%)	Contenido de N de el filtrado (Kg)	Contenido de N de el filtrado x 6.25 (Kg)
14.5	0.49	3.04

TABLA 4. cont.

Contaminación bacteriana (bacterias/ml de cultivo) En la inoculación	Duración de la fermentación
Después de 24 hs	hs
Cultivo aséptico	12

TABLA 5. Eficiencia de conversión de carbohidrato a proteína por *Aspergillus oryzae* (14).

Período de incubación de cebada	Concentración		g micelio producido	g proteína producida
	hs	(%)	100 g carbohidrato abastecido	100 g carbohidrato abastecido
24		1.0	64.1	30.7

TABLA 6. Contenido de aminoácidos de los hongos seleccionados, harina de cacahuete, harina de frijol de soya y valores de la F.A.O. (18).

Aminoácido	A. fumigatus número 3	A. fumigatus número 6	Penicillium sp. número 7	Trichoderma viride n.º 9	Chaetomium sp. n.º 10	Geotrichium candidum n.º 11	Harina de cacahuete	Harina de frijol de soya	F.A.O. referencia
Alanina	5.90	5.60	5.90	5.10	6.60	6.00	4.20	3.30	----
Arginina	3.70	3.80	7.80	4.00	8.20	6.70	10.60	7.30	----
Ac. aspártico	8.80	8.30	8.90	7.70	10.70	6.40	15.10	3.70	----
Cistina, mitad	----	0.40	----	----	----	----	1.60	1.90	1.20
Ac. glutámico	11.00	11.30	13.30	9.90	11.70	11.30	17.40	18.40	----
Glicina	5.30	3.80	5.70	5.90	5.00	4.20	5.00	4.00	----
Histidina	2.20	1.90	3.30	1.60	4.70	3.20	2.10	2.90	----
Isoleucina	7.30	7.20	4.50	4.00	5.60	3.90	4.00	6.00	4.20
Leucina	8.80	10.90	5.70	5.10	6.60	6.70	6.70	8.00	4.80
Lisina	4.40	5.60	5.70	4.40	5.60	5.30	3.00	6.90	4.20
Metionina	7.30	6.50	1.10	2.00	0.00	2.70	1.00	1.70	2.20
Fenilalanina	6.10	5.30	4.70	5.50	6.10	7.40	5.10	5.30	2.90
Prolina	2.90	3.40	3.60	3.70	2.80	3.20	5.20	5.00	----
Serina	5.50	4.10	4.50	2.60	4.20	5.00	6.60	4.20	----
Treonina	7.00	4.40	5.60	4.40	4.80	7.40	1.60	3.90	2.90
Triptofano	----	----	----	----	----	----	----	----	1.40
Tirosina	3.90	3.00	6.10	3.70	4.20	4.20	4.40	4.00	2.80
Valina	2.60	5.30	6.10	4.80	6.60	12.40	4.40	5.30	4.20

TABLA 7. Composición química de las melazas negras de caña (20).

Componentes	%
Agua	20.00
Total de sólidos	80.00
Azúcares	
sacarosa	32.00
glucosa	14.00
levulosa	16.00
Sustancias nitrogenadas⁺	
albuminoides	0.30
amidas (como asparagina)	0.30
aminoácidos (como ácido aspártico)	1.70
ácido nítrico	0.15
amoníaco	0.02
bases xánticas	0.30
otras sustancias nitrogenadas	0.23
Gomas solubles⁺⁺ (xilanas, arabanas, pectina, etc)	2.00
Ácidos libres⁺⁺	2.00
Ácidos combinados⁺⁺	3.00
Cenizas	
Sílice SiO ₂	0.50
Potasa K ₂ O	3.50
Cal CaO	1.50
Magnesia MgO	0.10
Acido fosfórico P ₂ O ₅	0.20
Acido sulfúrico SO ₃	1.60
Cloro Cl	0.40
Sosa Na ₂ O; Hierro Fe ₂ O ₃ ; etc	0.20

+ Nitrógeno total = 0.5 %

++ Incluye los ácidos aconítico (el más importante de las melazas), melásico, glutínico y sacarínico.



TABLA 8. Población mundial. Tasa de porcentaje anual de crecimiento (5).

Períodos. Años.	Regiones menos desarrolladas.
1938-1950	1.3
1965-1980	2.3
1980-2000	2.2
Períodos. Años.	Regiones desarrolladas.
1938-1950	0.4
1965-1980	1.0
1980-2000	1.0
Períodos. Años.	En todo el mundo.
1938-1950	1.0
1965-1980	2.0
1980-2000	1.0

TABLA 9. Población mundial en millones (5).

Años	Regiones menos desarrolladas.
1938	1478
1963	2329
1965	2452
1980	3459
2000	5356
Años	Regiones desarrolladas.
1938	717
1963	887
1965	907
1980	1049
2000	1274
Años	En todo el mundo.
1938	2185
1963	3216
1965	3359
1980	4508
2000	6630

Todos estos datos son de acuerdo a las Previsiones de la ONU, de 1963, hipótesis media, con China Continental y la India exceptuadas, para las cuales se utilizó la hipótesis máxima.

TABLA 10. Ritmo de crecimiento demográfico en México (5).

Año.	Población.
1921	14 834 780
1930	16 552 722
1940	19 653 552
1950	25 791 017
1960	34 923 129
1970	48 225 238

TABLA 11. Entidades federativas y número de ingenios presentes en cada una de las mismas (27).

Entidad.	Número de ingenios.	%
Totales de la República.	64	100.0
Campeche.	1	1.5
Colima.	1	1.5
Chiapas.	1	1.5
Guerrero.	1	1.5
Jalisco.	10	15.6
Michoacán.	5	7.8
Morelos.	3	4.6
Nayarit.	3	4.6
Oaxaca.	4	6.2
Puebla.	2	3.1
S.L.P.	2	3.1
Sinaloa.	4	6.2
Tabasco.	4	6.2
Tamaulipas.	2	3.1
Veracruz.	21	32.7

TABLA 12. Habitantes por entidades federativas en el año de 1970 (28).

Aguascalientes.	338 000
Baja California.	870 000
Baja California T.	128 000
Campeche. +	252 000
Coahuila.	1 115 000
Colima. +	241 000
Chiapas. +	1 569 000
Chihuahua.	1 613 000
Distrito Federal.	6 874 000
Durango.	939 000
Guanajuato.	2 270 000
Guerrero. +	1 597 000
Hidalgo.	1 194 000
Jalisco. +	3 297 000
Estado de México.	3 833 000
Michoacán. +	2 324 000
Morelos. +	616 000
Nayarit. +	544 000
Nuevo León.	1 695 000
Oaxaca. +	2 015 000
Puebla. +	2 508 000
Querétaro.	486 000
Quintana Roo T.	88 000
San Luis Potosí. +	1 282 000
Sinaloa. +	1 267 000
Sonora.	1 099 000
Tabasco. +	768 000
Tamaulipas. +	1 457 000
Tlaxcala.	421 000
Veracruz. +	3 815 000
Yucatán.	758 000
Zacatecas.	952 000

+ Entidades que cuentan con uno o más ingenios.

TABLA 13. Número de viviendas y de ocupantes según el número de días que en las viviendas se consumieron diversos alimentos que son fuente de proteínas, para los diferentes estados de la República Mexicana en los cuales se ubican ingenios (28).

CAMPECHE: cuenta con un ingenio.									
	<u>Carne</u>			<u>Huevos</u>			<u>Leche</u>		
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días		1-7 días	0 días	
Viviendas	37	136	5 160	36	116	6 180	23	364	18 932
Ocupantes	221	994	29 562	215	523	36 033	140	515	111 041
	<u>Pescado</u>			<u>Pan de trigo</u>					
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días				
Viviendas	30	879	11 417	35	503	6 793			
Ocupantes	186	296	65 260	212	817	38 739			
COLIMA: cuenta con un ingenio.									
	<u>Carne</u>			<u>Huevos</u>			<u>Leche</u>		
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días		1-7 días	0 días	
Viviendas	35	085	6 755	30	531	11 309	28	889	12 951
Ocupantes	204	769	36 384	178	635	62 518	167	561	73 592
	<u>Pescado</u>			<u>Pan de trigo</u>					
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días				
Viviendas	17	122	24 718	34	162	7 678			
Ocupantes	100	074	141 079	199	347	41 806			
CHIAPAS: cuenta con un ingenio.									
	<u>Carne</u>			<u>Huevos</u>			<u>Leche</u>		
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días		1-7 días	0 días	
Viviendas	227	142	48 295	222	367	53 070	114	165	161 272
Ocupantes	1301	655	267 398	1275	572	293 481	665	846	903 207
	<u>Pescado</u>			<u>Pan de trigo</u>					
	1-7 días	0 días		1-7 días	0 días				
Viviendas	112	071	163 366	186	763	88 764			
Ocupantes	646	846	922 207	1072	717	496 336			

(Se tomó como base una semana).

TABLA 13. cont.

GUERRERO: cuenta con un ingenio.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	197 700	78 254	197 942	78 012	132 360	143 594
Ocupantes	1158 195	439 165	1162 463	434 897	777 278	820 078

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	97 449	178 505	179 500	96 454
Ocupantes	575 259	1022 101	1050 690	546 670

JALISCO: cuenta con diez ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	418 645	117 489	381 650	154 484	395 901	140 233
Ocupantes	2618 195	678 391	2376 569	920 017	2485 901	814 685

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	98 387	437 747	375 479	140 655
Ocupantes	620 580	2676 006	2483 797	812 789

MICHOACÁN: cuenta con cinco ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	273 128	117 881	232 191	158 818	204 494	186 515
Ocupantes	1652 487	671 739	1402 940	921 286	1241 678	1082 551

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	73 247	317 762	256 172	134 837
Ocupantes	443 740	1880 489	1549 110	775 119

MORELOS: cuenta con tres ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	94 735	14 168	89 530	19 373	63 733	45 170
Ocupantes	540 655	75 464	512 329	103 790	355 222	260 897

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	27 252	81 651	96 008	12 895
Ocupantes	154 283	462 614	547 757	69 140

(Se tomó como base una semana).

TABLA 13. cont.

NAYARIT: cuenta con tres ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	77 856	18 588	75 249	21 195	57 902	38 542
Ocupantes	444 435	99 596	429 979	114 052	327 291	216 740

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	37 655	58 789	78 936	17 508
Ocupantes	216 563	327 468	449 353	94 678

OAXACA: cuenta con cuatro ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	281 734	93 660	271 793	103 601	115 289	260 105
Ocupantes	1524 163	491 261	1475 140	540 284	639 640	1375 784

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	132 409	242 985	277 056	98 338
Ocupantes	723 125	1292 299	1495 494	519 930

PUEBLA: cuenta con dos ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	347 483	95 838	322 662	120 659	169 767	273 554
Ocupantes	1994 423	513 803	1401 717	656 509	979 659	1528 567

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	74 426	368 895	330 354	113 067
Ocupantes	428 199	280 027	1883 432	624 794

SAN LUIS POTOSI: cuenta con dos ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	119 240	97 221	141 487	74 974	100 234	116 227
Ocupantes	722 801	559 195	853 439	428 557	612 283	669 713

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	23 124	193 337	128 727	87 734
Ocupantes	136 698	1143 298	771 618	510 378

(Se tomó como base una semana).

TABLA 13. cont.

SINALOA: cuenta con cuatro ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	168 125	38 625	177 827	28 923	144 737	62 013
Ocupantes	138 935	227 593	1102 180	164 348	893 092	373 436

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	84 734	122 016	140 703	66 047
Ocupantes	524 854	741 674	867 976	398 552

TABASCO: cuenta con cuatro ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	113 764	12 942	101 052	25 654	63 376	63 330
Ocupantes	692 368	75 959	612 279	156 048	383 259	385 068

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	77 850	48 856	91 086	35 620
Ocupantes	478 325	290 002	552 408	215 919

TAMAULIPAS: cuenta con dos ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	204 854	61 175	219 805	46 227	192 202	73 830
Ocupantes	1127 649	329 209	1215 544	241 314	1061 865	394 993

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	56 901	209 131	199 953	66 079
Ocupantes	310 154	1146 704	1105 743	351 115

VERACRUZ: cuenta con veintiún ingenios.

	<u>Carne</u>		<u>Huevos</u>		<u>Leche</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	553 226	135 572	540 145	148 653	396 231	292 567
Ocupantes	3089 599	725 823	3021 889	793 533	221 671	1593 751

	<u>Pescado</u>		<u>Pan de trigo</u>	
	1-7 días	0 días	1-7 días	0 días
Viviendas	277 874	410 924	554 212	134 586
Ocupantes	1562 131	2253 291	3091 462	723 960

TABLA 14. Datos sobre la venta de mieles incristalizables para su consumo interno, así como el destino que se les dió para los años de 1972 y 1973 (29).

	1972	1973
TOTAL -----	194 866 Tons.	293 062 Tons.
Alimento para ganadería -----	140 247 "	218 038 "
Alcohol especial -----	39 479 "	53 630 "
Levaduras -----	1 706 "	17 291 "
Otras industrias -----	- - -	4 103 "

TABLA 15. Datos de estructura del precio de liquidación de mieles (85°BRIX a 20°C), para la zafra efectuada en el año de 1973 (28).

CONCEPTO	Pesos por Tonelada
Ingresos por ventas	290, 000 000
MAS	
Ingresos adicionales por ventas país	896 245
Resultados de exportaciones	394, 124 299
Otros ingresos	433 473
Ingresos totales	685, 454 017
MENOS	
Gastos de distribución, ventas, administración y financiamiento.	051, 629 964
Precio final de liquidación.	611, 785 659

Tabla 16. Precio de productos usados como forraje y precios de alimentos concentrados (28).

	Consumo en miles de Tons.	Costo en Millones.	Costo/Kg prod. en pesos.
Maíz y sus productos.	130.709	\$ 123.249	0.94
Trigo y sus productos.	77.284	\$ 66.562	0.86
Ajonjolí y sus productos.	25.015	\$ 45.829	1.83
Sorgo y sus productos.	746.688	\$ 648.176	0.86
Harina de pescado.	94.365	\$ 251.593	2.66
Harina de carne.	39.796	\$ 69.359	1.74
Harinolina y otras harinas.	69.796	\$ 110.742	1.58
Concentrado vitamínico.	9.958	\$ 54.884	5.51
Alfalfa deshidratada.	54.816	\$ 52.339	0.95
Pastas de todas clases.	254.757	\$ 402.099	1.57
Productos químicos.	---	\$ 67.599	
Otras materias primas.	---	\$ 158.039	
Alimentos concentrados para:			
Aves de corral.	1 197.580	\$1179.226	
Ganado porcino.	271.852	\$ 473.708	
Ganado vacuno.	229.633	\$ 270.932	
Otros productos.	---	\$ 85.196	

TABLA 17. Existencia de ganado porcino, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: marranos reproductores, marranos mayores de 1 año, marranas mayores de 1 año, marranos y marranas de 6 meses a 1 año, crías menores de 6 meses (28).

<u>Entidad federativa</u>	<u>Total</u>
Aguascalientes.	50 021
Baja California.	25 335
Baja California T.	22 266
Campeche. +	76 381
Coahuila.	110 463
Colima. +	44 328
Chiapas. +	744 786
Chihuahua.	274 331
Distrito Federal.	100 009
Durango.	261 113
Guanajuato.	506 451
Guerrero. +	616 837
Hidalgo.	408 687
Jalisco. +	792 633
Estado de México.	582 134
Michoacán. +	775 078
Morelos. +	79 738
Nayarit. +	284 873
Nuevo León.	119 455
Oaxaca. +	513 174
Puebla. +	600 047
Querétaro.	106 891
Quintana Roo T.	27 848
S.L.P. +	200 734
Sinaloa. +	325 313
Sonora.	120 897
Tabasco. +	254 466
Tamaulipas. +	242 525
Tlaxcala.	106 130
Veracruz. +	1 015 896
Yucatán.	123 147
Zacatecas.	289 404

+ Entidades que cuentan con uno o más ingenios.

TABLA 18. Existencia de ganado lanar, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: borregos mayores de 2 años, borregas mayores de 2 años, borregos y borregas de 6 meses a 2 años y crías menores de 6 meses (28).

<u>Entidad federativa</u>	<u>Total</u>
Aguascalientes.	38 670
Baja California.	9 500
Baja California T.	4 667
Campeche. +	1 839
Coahuila.	157 259
Colima. +	1 068
Chiapas. +	286 092
Chihuahua.	97 509
Distrito Federal.	27 162
Durango.	172 768
Guanajuato.	185 586
Guerrero. +	35 511
Hidalgo.	599 752
Jalisco. +	37 625
Estado de México.	793 553
Michoacán. +	175 984
Morelos. +	9 982
Nayarit. +	5 198
Nuevo León.	115 697
Oaxaca. +	415 141
Puebla. +	585 327
Querétaro.	89 584
Quintana Roo T.	1 812
S.L.P. +	481 469
Sinaloa. +	17 033
Sonora.	15 415
Tabasco. +	7 954
Tamaulipas. +	84 001
Tlaxcala.	104 041
Veracruz. +	185 601
Yucatán.	8 540
Zacatecas.	564 657

+ Entidades que cuentan con uno o más ingenios.

TABLA 19. Existencia de ganado vacuno, por entidades federativas en un total en el que se incluyen: toros reproductores o sementales, vacas de vientre, toros o vacas destinados a la engorda mayores de 3 años, novillones y vaquillas de 2 a 3 años, novillos y toros de 2 a 3 años, becerros y becerras de 1 a 2 años, crías menores de 1 año, bueyes de trabajo (28).

<u>Entidad federativa</u>	<u>Total</u>
Aguascalientes.	172 762
Baja California.	118 510
Baja California T.	161 493
Campeche. +	132 842
Coahuila.	633 124
Colima. +	123 391
Chiapas. +	1 408 397
Chihuahua.	1 892 357
Distrito Federal.	111 353
Durango.	1 273 955
Guarajuato.	741 870
Guerrero. +	1 030 960
Hidalgo.	395 159
Jalisco. +	2 306 540
Estado de Mexico.	912 064
Michoacán. +	1 405 793
Morelos. +	130 924
Nayarit. +	459 712
Nuevo León.	657 981
Oaxaca. +	1 144 422
Puebla. +	628 303
Querétaro.	223 347
Quintana Roo T.	16 286
S.L.P. +	826 898
Sinaloa. +	846 639
Sonora.	1 531 029
Tabasco. +	1 163 199
Tamaulipas. +	1 214 275
Tlaxcala.	72 000
Veracruz. +	2 924 513
Yucatán.	318 623
Zacatecas.	1 073 817

TABLA 20. Análisis económico generalizado de costos de producción de microorganismos (22).

Costo materia prima	0.1375	-	2.75	\$/Kg
Otros costos de operación	0.2750	-	0.55	"
Costos fijos	0.5500	-	1.10	"
Costo total	0.9625	-	4.40	\$/Kg

(1 dólar = 23.0 pesos)

TABLA 21. Costo de diferentes sustratos de carbono (22).

Granos de cereal	0.82	-	1.37	\$/Kg
Desechos de grano de cereal	0.55	-	0.55	"
Petroleo crudo	0.55	-	0.55	"
Gas natural	0.1375			"
Hidrocarburos refinados	1.10	-	2.20	"

(1 dólar = 23.0 pesos)

TABLA 22. Análisis de aminoácidos (g AA/16 g N₂) =
= (g AA/100 g proteína cruda).
Total de aminoácidos recuperados = 66.5 g (14).

Lys	4.0
Met	1.3
Cys	1.3
Thr	1.4
iso Leu	2.2
Leu	3.4
Val	3.6
Phal	2.6
Tyr	1.3
His	1.5
Arg	2.7
Asp	5.6
Ser	1.0
Glu	16.9
Pro	6.4
Gly	4.2
Ala	7.4

TABLA 23. Precio en pesos/Kg de productos ricos en proteínas adecuados como alimento (22).

<u>Producto</u>	<u>\$/Kg</u>	<u>Cont. prot. %</u>	<u>\$/Kg prot. pura</u>
Harina de cacahuate.	3.85	59.0	6.60
Harina de soya.	2.75	43.0	6.60
Harina de semilla de algodón.	2.75	50.0	5.50
Leche descremada en polvo.	8.25	36.0	22.55
Levadura torula.	9.35	48.0	19.80
Caseína.	22.00	100.0	22.00

(1 dólar = 23.0 pesos)

TABLA 24. Análisis económico usando la cebada como sustrato.

Costo de materia prima	1.10 \$/Kg
Otros costos de operación	0.22 "
Costos fijos	0.44 "
Costo total	<u>1.76 \$/Kg</u>

(1 dólar = 23.0 pesos)

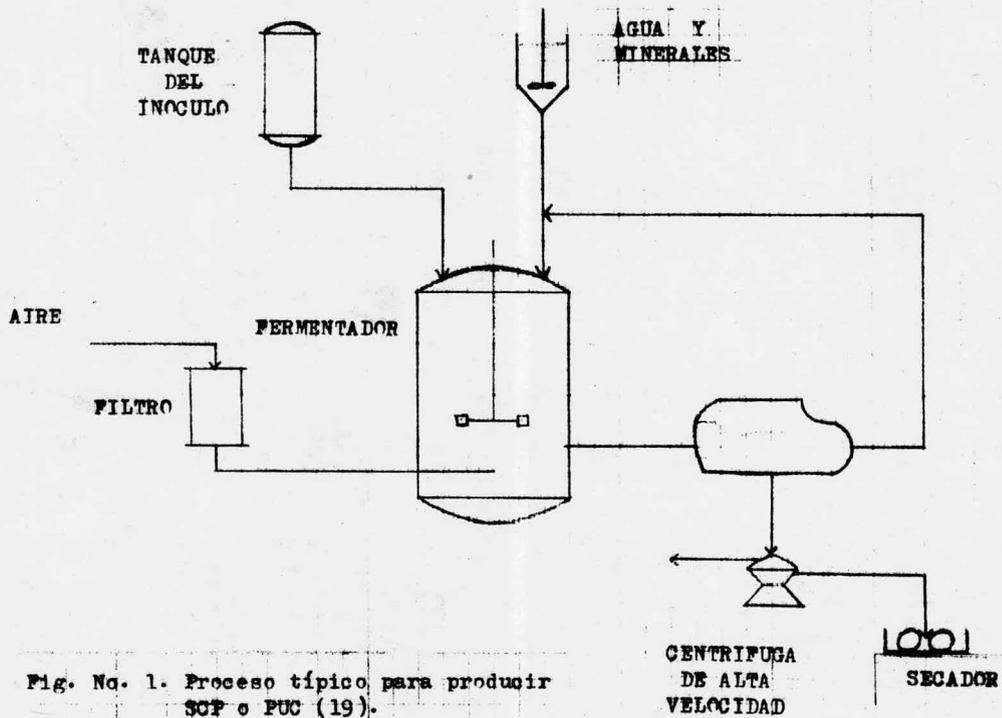


Fig. Nq. 1. Proceso típico para producir SCP o PUC (19).

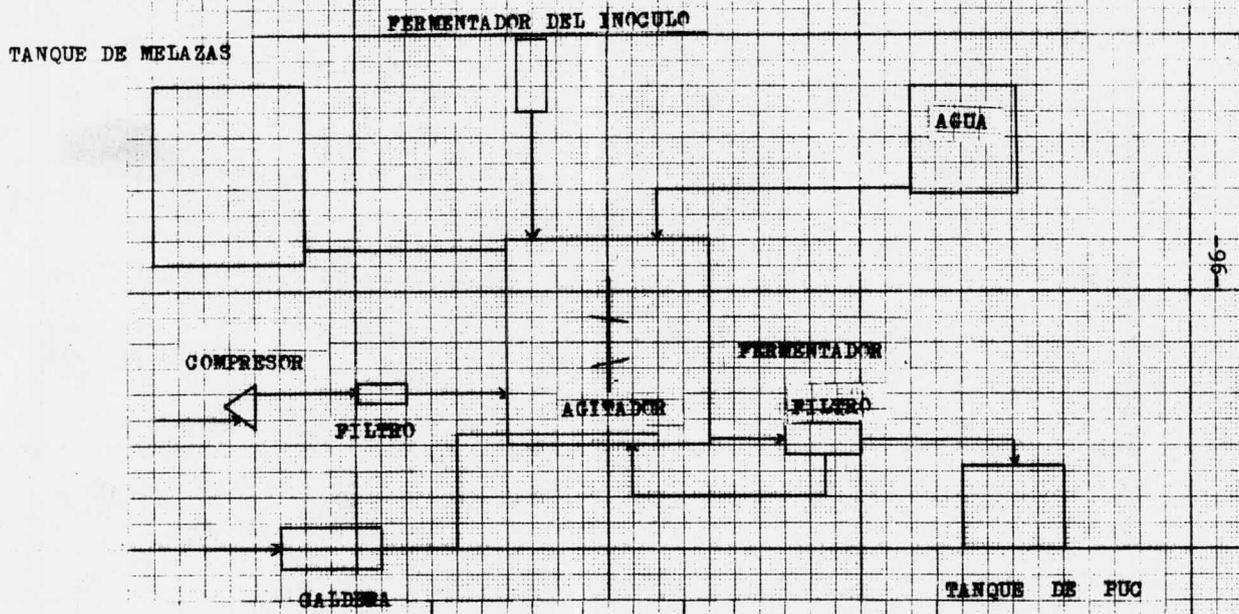


Fig. No. 2. Diagrama de bloques del proceso propuesto.

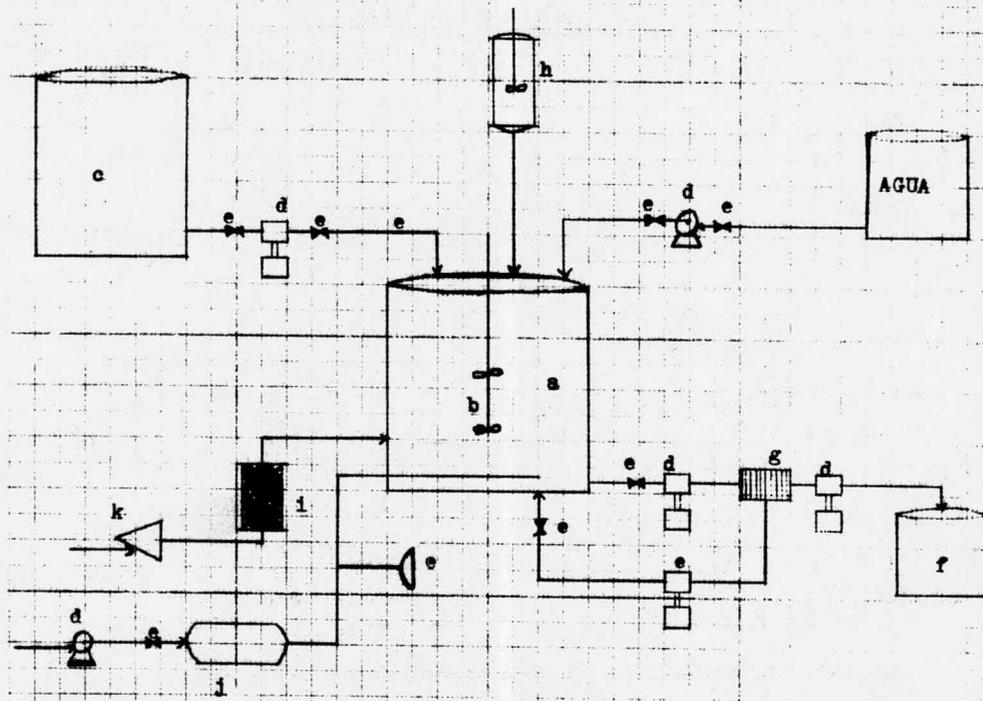


Fig. No. 3. Diagrama de flujo detallado del proceso propuesto.

Habitantes (10^7)
4.9

Fig. No. 4. Datos demográficos de México (20).

4

3

2

1

1920

1930

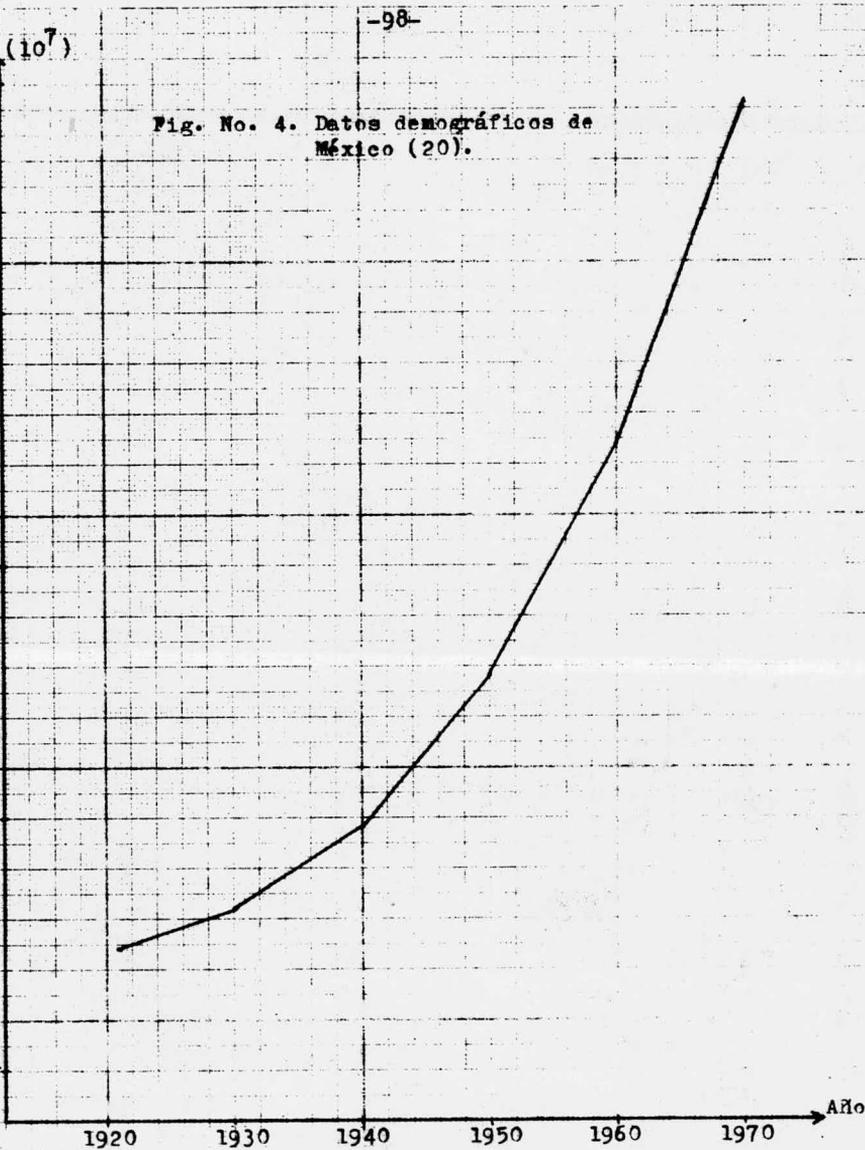
1940

1950

1960

1970

Año



VI.- Bibliografía.-

- 1.- Shenderei, E.R. 1976. "Evolución de la tecnología y la experiencia del uso de proteína unicelular para alimento de animales en la Unión Soviética". Boletín del GAP. VI (3): 22.
- 2.- Bazúa, C.D. 1974. "The effect of alcohol concentration on the kinetics of ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*". M.S. Thesis. University of California, Berkeley. EE.UU. de A.
- 3.- Gregory, K.F., Reade, A.E., Khor, G.L., Alexander, J.C., Lumsden, J.H. y Losos, G. 1976. "Conversion of carbohydrates to protein by high temperature fungi". Food Technol. 69(3):30-35.
- 4.- Humphrey, A.E. 1974. "Current developments in fermentation". Chem. Eng. 81(26):98-112.
- 5.- López, S.G. 1971. "Obtención de proteínas a partir de hidrocarburos por vía microbiológica". Monografía 1971. Facultad de Química. UNAM.
- 6.- Reade, A.E., Gregory, K.F., Khor, G.L. y Alexander, J.C. 1974. "Single cell protein production". Proceedings of the Tenth Annual University of Guelph Nutrition Conference for Feed Manufacturers.
- 7.- Nathan, S.S. y Murthy, S.K. 1970. "Organic Chemistry Made Simple". Doubleday & Company, Inc. Garden City, N.Y.
- 8.- Roberts, J.D., Stewart, R. y Caserio, M.C. 1971. "Organic Chemistry". W.A. Benjamin, Inc. Menlo Park, Calif.
- 9.- Conn, E.E. y Stumpf, P.K. 1976. "Bioquímica Fundamental". Editorial Limusa S.A. México.

- 10.- Altschul, A.M. 1974. "New Protein Foods". Tech. Vol. I. Academic Press. Nueva York, N.Y.
- 11.- Jorgensen, A.P. 1959. "Microbiología de las fermentaciones industriales". Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- 12.- Solomons, G.L. 1969. "Materials and Methods in Fermentation". Academic Press, London.
- 13.- Reade, A.E. y Gregory, K.F. 1975. "High-Temperature Production of Protein-Enriched Feed from Cassava by Fungi". Appl. Microb. 30(6):897-904.
- 14.- Reade, A.E. y Smith, R.H. 1975. "Barley Grain as Carbon Substrate for Fungal Protein Production in a Farm Process". J. Appl. Chem. Biotech. 25:785-799.
- 15.- Somogyi, M. 1952. J.Biol.Chem. 195:19.
- 16.- Nelson, N. 1944. J.Biol.Chem. 153:375.
- 17.- Somogyi, M. 1945. J.Biol.Chem. 160:69.
- 18.- Rogers, C.J. 1972. "Production of fungal protein from cellulose and waste cellulose". Environ. Science and Technology. 6:715-719.
- 19.- Pringsheim, H. y Lichtenstein, S. 1920. Cellul. Chem. 1:29-39.
- 20.- Kirk, R.E. y Othmer, D.F. 1967. "Encyclopedia of Chemical Technology". John Wiley & Sons, Inc. N.Y. Vol. 13.
- 21.- Spencer, E.F. y Meade, G.P. 1967. "Manual del azúcar de caña". Edit. Montaner y Simón, S.A. Barcelona, España.
- 22.- Humphrey, A.E. 1969. "Engineering of Single Cell Protein: State of the Art". Chemical Engineering Progress Symposium Series. AlChE Pub. 65(93):60-65.
- 23.- Oldshue, J.Y. 1969. "How to specify mixers". Hydrocarbon Processing. 48(10):73-80.

- 24.- Perry, H.J. 1950. "Chemical Engineers Handbook". Mc.Graw Hill. 3a. edición. New York, N.Y.
- 25.- Bailey, J.E. y Ollis, D.F. 1977. "Biochemical Engineering Fundamentals". Mc.Graw-Hill, Inc. New York, N.Y.
- 26.- Wang, D.I. 1969. "Protein Recovery Problems". Chemical Engineering Progress Symposium Series. Alche Pub. 65(93): 66-69.
- 27.- Olyzar, M. 1975-1976. "Guía de los mercados de México". Publicaciones Marinka. 8a. ed. México.
- 28.- Dirección General de Estadística. 1974. "Anuario estadístico compendiado". México. S.I.C.
- 29.- U.N.P.A.S.A. 1974. "El azúcar en números". Comisión Nacional de la Industria Azucarera.
- 30.- Senez, J.C. 1976. "El papel de las PUC cultivadas en hidrocarburos como alimento para animales". Boletín del GAP. VI (4): 12-13.
- 31.- Truhaut, R. y Ferrando, R. 1976. "Aspectos toxicológicos de las proteínas unicelulares en la alimentación de animales". Boletín del GAP. VI (4): 15-16.