

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCION DE
PROTEINAS HIDROLIZADAS VEGETALES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

OMAR J. GONZALEZ AYUB
FERNANDO URRUTIA MONCADA



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
ADQ. 1975
FECHA H. 2. 138
PROC.

Jurado Asignado :

Presidente : Ing. Enrique García Galeano

Vocal : Q.F.B. Angela Sotelo López

Secretario : Ing. Mario Ramírez Otero

1er. Suplente : Q.F.B. Alfredo Echegaray Alemán

2do. Suplente : Q.F.B. Jorge Soto Soria

Sitio donde se desarrolló el tema :

INTERQUIM, S. A.

Sustentantes :

Omar J. González Ayub

Fernando Urrutia Moncada

Asesor:

Ing. Enrique García Galeano

A mis Padres

OCTAVIO URRUTIA PEREZ
ANA E. MONCADA DE URRUTIA

A quienes les debo todo.

A mis Hermanos

OCTAVIO, VICTOR MANUEL, JOSE LUIS,
JAVIER, JULIO SERGIO, YOLANDA y
NELY.

Con fraternal cariño.

A mis Maestros

A mis Amigos

A mi Escuela

"Guardar fidelidad y dar por ella el honor y la sangre aún por las causas malvadas y peligrosas": con ésta enseñanza se dominó a sí mismo un Pueblo y dominándose de éste modo, quedó pesadamente grávido de grandes esperanzas.

Con eterno agradecimiento a mis padres

A mis hermanos

A María Eugenia y Eugenia Azzise

A mis maestros y libros

Omar J. González Ayub

I N D I C E

	Pág.
<u>CAPITULO</u>	
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- ESTUDIO DEL MERCADO.....	19
III.- ANALISIS DEL PROCESO.....	28
IV.- OPTIMIZACION DE LA MEZCLA PROTEICA.....	51
V.- DISEÑO DEL EQUIPO.....	58
VI.- ESTUDIO ECONOMICO.....	88
VII.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	105
VIII.- BIBLIOGRAFIA.....	108

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

GENERALIDADES

En la naturaleza existen numerosas proteínas que difieren entre sí. Las diferencias químicas son, en algunos casos evidentes.

Químicamente las proteínas son grandes polímeros. Las proteínas son poliamidas, y los monómeros que las forman son los amino-ácidos. Una sola molécula de proteína contiene cientos ó hasta miles de unidades de amino-ácidos, estas unidades pueden ser de más de veinte tipos diferentes. El número de combinaciones diferentes, es decir, el número de diferentes moléculas de proteínas que son posibles, es casi infinito.

Para mantener y mover un cuerpo animal son requeridas probablemente diez mil diferentes proteínas; y este conjunto de proteínas no es idéntico con el conjunto requerido para otro animal de tipo diferente.

Dentro de todos los amino-ácidos que forman una proteína, se encuentran los llamados amino-ácidos esenciales, los cuales son nombrados de esta forma por ser aquellos amino-ácidos que el organismo animal no puede sintetizar de las sustancias que contiene su dieta. Estos amino-ácidos esenciales son los siguientes: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

CLASIFICACION DE LAS PROTEINAS

Las proteínas están divididas en dos amplias clases:

- a) Proteínas fibrosas
- b) Proteínas globulares

Las proteínas fibrosas son insolubles en agua y las proteínas globulares son solubles en agua o soluciones acuosas de ácidos, bases o sales. La diferencia en solubilidad entre las dos clases es resultado de una diferencia en la forma molecular.

Las moléculas de las proteínas fibrosas son como hilos largos y --
tienden a entrelazarse para formar fibras; en algunos casos, están
unidas en muchos puntos por enlaces de hidrógeno. Como resultado, -
las fuerzas intermoleculares que deben ser vencidas por un solven-
te son muy fuertes.

Las moléculas de las proteínas globulares están agrupadas en unida-
des compactas y frecuentemente con formas esferoidales aproximadas.
Los enlaces de hidrógeno son internos, y las áreas de contacto en-
tre las moléculas son pequeñas. Las fuerzas intermoleculares son -
comparativamente débiles.

Las estructuras molecular e intermolecular determinan no sólo la -
solubilidad de una proteína, sino también el tipo de función gene-
ral que ésta desarrolla.

Las proteínas fibrosas sirven como el principal material estructu-
ral del tejido animal, una función para la cual su insolubilidad y
su tendencia a formar fibras son convenientes. Estas proteínas re-

ponen la Queratina en la piel, pelo, uñas, lana, cuernos y plumas; colágeno, en tendones, miosin, en músculos, fibrina, en piel.

Las proteínas globulares sirven para una variedad de funciones relacionadas con el mantenimiento y regulación de el proceso de la vida, funciones que requieren movilidad y por lo tanto, solubilidad. Estas proteínas reponen todas las enzimas y muchas hormonas como por ejemplo, la insulina (del páncreas) tiroglobulina, (de la glándula tiroides) ACTH (de la glándula pituitaria); anticuerpos que son los responsables de las defensas contra las alergias y organismos extraños; albumina en los huevos, hemoglobina, la cual -- transporta el oxígeno desde los pulmones a los tejidos; fibrinógeno, el cual es convertido a insoluble para formar la fibrina de -- las proteínas fibrosas y entonces causa la coagulación de la sangre.

ESTRUCTURA PROTEICA

Se admiten tres niveles en la estructura proteica; las llamadas es tructuras primaria, secundaria y terciaria. La estructura primaria es consecuencia del principal enlace covalente, el enlace amida o péptido (-CO-NH-), que mantiene a los aminoácidos unidos formando la cadena péptida. La longitud de estas cadenas polímeras oscila desde unos cuantos restos de aminoácidos (oligopéptidos) a más de 2,000 restos que contienen algunas moléculas protéicas. En cada mo lécula de proteína puede haber uno o más de los, aproximadamente, 20 aminoácidos naturales. La totalidad o algunos de los enlaces -- amida pueden ser separados por tratamiento con ácidos o bases fuer tes a temperaturas elevadas o por acción de determinados enzimas -- específicos a temperaturas ordinarias, con lo que se liberan los -- aminoácidos o péptidos constituidos.

La distinción entre las estructuras secundaria y terciaria de las proteínas se basa en las fuerzas que imparten una estructura tridi mensional específica a la cadena polipéptida. El estudio cristalo gráfico con rayos X de ciertas proteínas fibrosas (pelo, músculo y fibrina, por ejemplo) y otros estudios más recientes con otras téc nicas físicas de las proteínas globulares o solubles, indican que muchas proteínas contienen cadenas de polipéptidos enrolladas heli coidalmente, en las que los diversos restos de aminoácidos de cada espiral forman puentes de hidrógeno internos con los restos de las espirales adyacentes. Esta estructura helicoidal no es probablemen

te característica de la molécula proteica entera, pero aun así estabiliza una gran parte de la misma en virtud de los enlaces internos de hidrógeno. La forma helicoidal más corriente en las proteínas, la α -hélice, tiene 3'7 restos de aminoácido por vuelta. En algunas proteínas fibrosas, y en las proteínas modificadas (estiradas o comprimidas) se han observado conformaciones distintas de la α -hélice, pero estas formas exigen también una ordenación específica de las cadenas de polipéptidos mediante enlaces de hidrógeno. A estas formas estructurales (helicoidales o no) se les denominan estructuras secundarias de las proteínas.

La estructura terciaria de las proteínas, es decir, la distribución en el espacio de la hélice, o cadena, de una proteína determinada, es función fundamental de los grupos funcionales libres de los aminoácidos constituyentes y de la frecuencia con que la prolina e hidroxiprolina aparecen en su molécula. La presencia de uno o más de los componentes que a continuación se citan contribuyen a la estructura terciaria global de la proteína.

Enlaces disulfuro: Los grupos sulfhidrilo de la cisteína participan con frecuencia tanto en los enlaces disulfuro dentro de una cadena como en los constituídos entre cadenas distintas, contribuyendo así a proporcionar a las moléculas proteicas un caracter tridimensional fijo. Sería lógico considerar a los enlaces disulfuro parte de los enlaces covalentes primarios de la molécula proteica, pero es conveniente recordar que contribuyen al plegamiento de las cadenas.

Enlaces de hidrógeno: El grupo fenólico de la tirosina participa frecuentemente en enlaces de hidrógeno con los grupos carboxilo de los ácidos glutámico y aspártico y con el grupo carboxamida de la glutamina y asparagina.

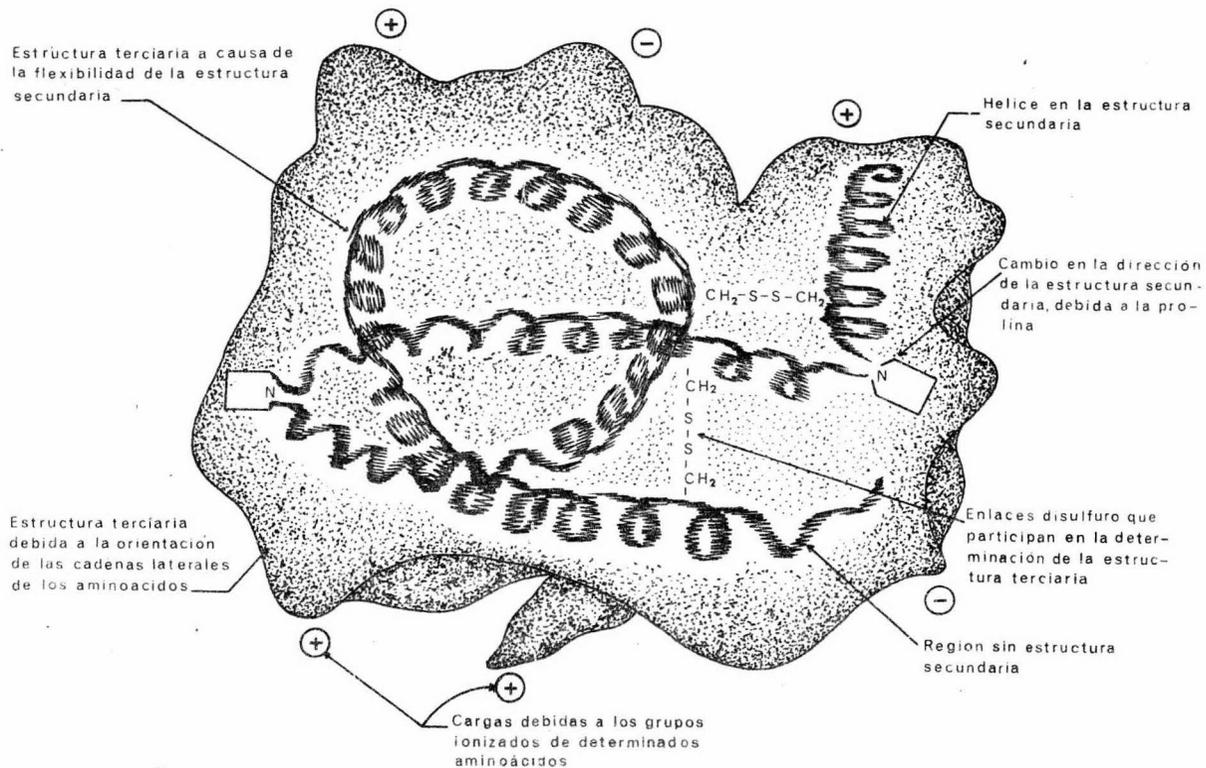
Puentes salinos: Los grupos funcionales ionizables de los aminoácidos constitutivos imparten ciertas características estructurales a determinadas proteínas. Así, por ejemplo, un componente esencial de la molécula de insulina parece ser un puente salino establecido entre dos aminoácidos situados en cadenas distintas.

Fuerzas de Van der Waals: Los grupos alquilo hidrófobos de los aminoácidos alifáticos y otros sustituyentes, están asociados por fuerzas de Van der Waals débiles. Es difícil establecer la importancia de estas fuerzas en las proteínas.

Restos de prolina e hidroxiprolina: La prolina e hidroxiprolina son aminas secundarias (a diferencia del resto de los aminoácidos, que son aminas primarias) y no tienen un hidrógeno en el enlace péptido que pueda formar parte de un enlace de hidrógeno. La conformación de la prolina e hidroxiprolina no es adecuada además para formar una hélice- α . La estructura helicoidal de una proteína se interrumpe, por lo tanto, en cada resto de prolina e hidroxiprolina.

Una representación tridimensional completa del esqueleto de una proteína típica supondría una cadena polipeptídica larga parcialmente enrollada en hélice- α - cuyos tubos en forma de muelles se hayan plegados y entrelazados de un modo que le da una forma espe-

ESQUEMA DE UNA MOLECULA PROTEICA



cífica. Este esqueleto sirve de base a las diversas cadenas laterales de los aminoácidos constitutivos.

Todos los aminoácidos que son comúnmente componentes de las proteínas son sólidos blancos cristalinos, los cuales son estables en la forma sólida a temperatura ordinaria (25°C) cuando se calientan -- los aminoácidos tienden a descomponerse (usualmente sobre rango de varios grados) a temperaturas relativamente altas. Ellos no presentan una forma de punto de fusión o descomposición y este comportamiento es por tanto un medio limitado en su caracterización. En general, los aminoácidos son estables en solución acuosa, y tales soluciones pueden ser autoclaveadas a 100-120°C por períodos cortos (de 1/2 a 2 horas sin una descomposición apreciable).

La glutamina es una excepción a esta regla; autoclaveando a pH neutro resulta en casi una completa ciclización a Pirrolidona Carboxilato de amonio. El ácido glutámico también tiende a la ciclización cuando se calienta en solución acuosa, pero mucho menos rápido que la glutamina. Es interesante hacer notar que el triptófano es oxidado durante la hidrólisis ácida de la proteína, pero el triptófano en estado puro es relativamente estable en solución ácida.

La solubilidad en agua de los aminoácidos varía considerablemente entre ellos. La cisteína y la treonina son los menos solubles de los aminoácidos que son comunes en las proteínas, mientras la hidroxiprolina es extremadamente soluble, la treonina es bastante soluble en etanol (cerca de 1.6 g. por 100 ml. a 20°C). La mayoría -

de los aminoácidos son solubles sólo en una muy pequeña proporción en etanol absoluto; sin embargo, a estas bajas concentraciones, -- ciertos aminoácidos pueden ser detectados en soluciones de etanol -- por alta sensibilidad de la reacción de la ninhidrina. En general, los hidroclozuros de los aminoácidos neutros y los dihidroclozuros de los aminoácidos básicos son más solubles que los correspondientes aminoácidos libres; la mayoría de los cloruros de los aminoácidos son también muy solubles en etanol. Las sales de sodio de los aminoácidos se disuelven más fácilmente en agua que los aminoácidos libres; similarmente las sales de sodio de los aminoácidos -- (las sales disódicas de los aminoácidos dicarboxílicos) son más solubles en etanol que los correspondientes aminoácidos libres. Consistentes con estas consideraciones en la observación de la treonina y la cisteína son extremadamente insolubles en agua a valores de pH que van desde 2,5 a 9, estas se hacen más solubles a valores de PH más bajos o más altos. La presencia de sales puede afectar la solubilidad de un aminoácido en solución acuosa. Ciertos aminoácidos, como las proteínas, pueden formar la sal dentro de la solución. Por ejemplo, la presencia de sulfato de amonio incrementa la solubilidad de la cisteína; porque incrementa la fuerza iónica de la misma.

DESNATURALIZACION PROTEICA

A las proteínas, en su forma natural, se les llama proteínas nativas. A cualquier cambio en la estructura proteica de las formas nativas se denomina desnaturalización. Se supone que estas modificaciones tienen lugar en las estructuras secundaria y terciaria.

Estudiaremos a continuación algunos de los numerosos agentes de desnaturalización proteica. El grado de desnaturalización, en un momento determinado y bajo condiciones definidas, es función de varios (si no de todos) de estos factores. Al trabajar con proteínas es preciso prestar atención a todos estos parámetros.

Agentes que forman puentes de hidrógeno.

La urea, y la guanidina, forman puentes de hidrógeno y son, a concentraciones elevadas (4-6N), agentes desnaturalizantes. Se admite que este tipo de desnaturalización es consecuencia de la competencia establecida para formar puentes de hidrógeno entre estas sustancias y los restos de aminoácido de las proteínas. La estructura secundaria de una proteína se destruye cuando las cadenas péptidas helicoidales forman puentes de hidrógeno con el agente adicionado en lugar de formarlos entre sí. Esta hipótesis se halla refrendada por el incremento en la viscosidad y por la naturaleza de la reacción de la urea con las proteínas. Las desnaturalizaciones de este tipo son parcial o casi totalmente reversibles, disminuyendo la concentración del agente que compete en la formación de puentes de hidrógeno, por diálisis o dilución.

Calor

Salvo unas cuantas excepciones, las proteínas se desnaturalizan al calentar sus soluciones a temperaturas superiores a 50°C. Este tratamiento térmico altera las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas. La razón fundamental de la precipitación es, probablemente, la formación al azar de agregados resultantes de la -- destrucción de las estructuras secundarias.

Acidos o álcalis

Las proteínas son polielectrolitos anfóteros. Los cambios de pH -- afectan, por tanto, a los puentes salinos que refuerzan la estructura terciaria de las proteínas. Cuando determinadas áreas de una proteína, adquieren una carga neta, positiva o negativa, elevada, -- los grupos ionizables implicados se repelen, lo que coloca a la mo lécula en tensión. La pepsina, un enzima proteolítica se desnaturaliza a pH alcalino. Esta desnaturalización se atribuye a la tensión interna originada por la repulsión mutua de los carboxilos -- ionizados de los ácidos aspártico y glutámico.

Concentraciones moderadas de ciertos ácidos (tricloroacético, fosfotungstico o perclórico) producen una desnaturalización y precipitación completa. Estos ácidos se utilizan con frecuencia para dete ner las reacciones enzimáticas.

Oxidación o reducción de grupos sulfuro

Numerosas, aunque no todas, las proteínas, son sensibles a alteraciones del potencial de óxido-reducción de su entorno. Este efecto

se debe, en parte, con toda probabilidad, a la oxidación de los -- grupos sulfhidrilo o a la reducción de los enlaces disulfuro. Las proteínas no son igualmente sensibles a estas alteraciones en virtud de las diferencias existentes en la estructura de cada una. Es ta circunstancia ofrece con frecuencia un gran interés. Algunas -- proteínas sólo pueden ser purificadas o analizadas en un medio reductor. (SH-glutación, cisteína libre o mercaptoetanol).

Actividad enzimática

Las proteínasas de las preparaciones proteicas brutas o impurificadas (catepsinas) catalizan con frecuencia la degradación proteica, hidrolizando los enlaces péptidos de las proteínas. Su acción es -- más lenta cuanto menor sea la temperatura, por lo que las soluciones proteicas se conservan con frecuencia frías (0-2°C) durante las primeras etapas de purificación.

Ataque químico de puntos específicos

El estudio de la actividad catalítica, tras el tratamiento con determinados agentes químicos que alteran aminoácidos específicos, -- proporciona una información valiosa acerca de los aminoácidos situados en, o cerca de, los --puntos activos--. El iodoacetato o p-clo--romercurobenzoato, reaccionan con los grupos SH libres de las proteínas, mientras que el diisopropilfluorofosfato y compuestos similares adicionan fosfatos de alquilo a los restos de serina de determinados enzimas. Con frecuencia se utilizan también otras reacciones específicas (tales como la fotooxidación de la histidina, --

el ataque de la histidina con el ácido bromoacético y la adición - de restos orgánicos a la lisina).

RESUMEN DE LOS AGENTES DESNATURALIZANTES

<u>AGENTE</u>	<u>CAUSA PROBABLE DE DESNATURALIZACION.</u>
Calor	Ruptura térmica de los puentes de -- sal, "fusión del agua retenida como-cristal de hielo".
Acidos minerales y álcalis	Ruptura de los puentes de sal.
Acetona	Ruptura de los enlaces de hidrógeno.
Alcoholes	Ruptura de los enlaces de hidrógeno.
Urea	Ruptura de los enlaces de hidrógeno.
Acidos túngstico, pícrico, tricloroacético	Ruptura de los puentes de sal.
Trituración	Desconocida.
Batido o agitación	Desplazamiento de las cadenas peptí-dicas (la proteína de monocapas se - forma en la superficie y en la espuma)
Luz visible + sensibilizador	Desconocida
Ondas ultrasónicas	Agitación mecánica, efectos térmicos liberación de (O) del agua.
Luz ultravioleta; también rayos X	Absorción de energía, ruptura de los enlaces.

ANÁLISIS DE LA HIDROLISIS ACIDA, BASICA Y ENZIMATICA

Un buen procedimiento para estudiar la composición de las proteínas, consiste en hidrolizarlas y determinar luego los productos de la hidrólisis. La hidrólisis puede llevarse a cabo con un ácido o un alcali o bien con enzimas proteolíticas, la hidrólisis ácida se efectúa con ácido clorhídrico o sulfúrico a temperaturas elevadas (100°C).

A veces se prefiere el ácido sulfúrico porque los iones sulfato -- pueden eliminarse con facilidad mediante la dicción de iones de bario. También se utiliza con frecuencia el hidróxido bórico para la hidrólisis alcalina, porque el bario puede eliminarse fácilmente -- tras la hidrólisis (en forma de sulfato de bario). La hidrólisis -- enzimática de las proteínas tiene lugar incubando las proteínas -- con cantidades catalíticas de una o más enzimas proteolíticas y -- los caracteres enzimáticos. Controlando las condiciones en que se -- efectúan los tres tipos de hidrólisis (ácida, alcalina y enzimáti- ca) dan aminoácidos libres al término de la misma. Cada uno de los métodos tiene sus inconvenientes. Durante la hidrólisis ácida cierto número de aminoácidos en especial el triptófano, y en menor extensión la serina y treonina se destruyen si el tratamiento es largo. Si hay carbohidratos presentes se destruyen además otros aminoácidos y los hidrolizados contienen una substancia negra (humina) -- que dificulta las separaciones y análisis subsiguientes, La hidrólisis alcalina determina una destrucción parcial o total de la ar-

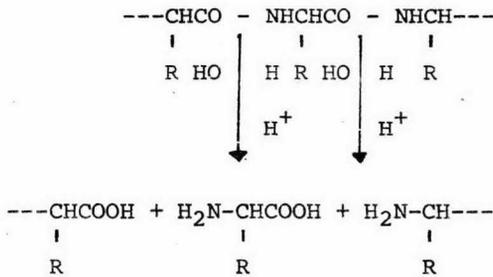
ginina, cistina, cisteína, serina, treonina.

Racemiza el resto de los aminoácidos. Por estas razones, apenas se usa la hidrólisis alcalina. La hidrólisis enzimática la más satisfactoria en si misma tiene también graves desventajas, las enzimas proteolíticas catalizan la hidrólisis de enlaces peptídicos específicos.

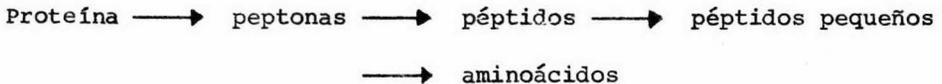
Para hidrolizar totalmente una proteína en sus aminoácidos deben usarse, por lo tanto, una mezcla de enzimas proteolíticas. Algunas proteínas presentan problemas especiales a este respecto. Las hay, por ejemplo: totalmente resistentes al ataque enzimático, y que deben ser tratadas químicamente antes de proceder a la hidrólisis -- por la enzima. Las enzimas proteolíticas alteran además el resultado del análisis de aminoácidos de una proteína, en virtud de su -- autohidrólisis.

Resumen de los métodos de hidrólisis

<u>Hidrólisis por</u>	<u>Cambios en los aminoácidos e inconvenientes del método.</u>
Acido	Destrucción del triptófano Serina y treonina parcialmente destruidas. Formación de humina a partir del triptófano y aldehídos producidos en la hidrólisis.
Alcali	Racemización Algo de desaminación Arginina transformada en ornitina y -- urea. Cistina y cisteína destruidas.
Enzimas	Requieren mucho tiempo Hidrólisis generalmente incompleta Se contaminan con los productos de <u>escisión enzimática.</u>



La hidrólisis de todos los enlaces péptidos no es simultánea formándose durante este proceso una serie de peptonas (subunidades -- proteicas) y pequeños péptidos intermedios:



La velocidad de la hidrólisis puede determinarse por titulación de los grupos α amino o carboxilo liberados, o por determinación directa de los propios aminoácidos (cromatografía, enzimas, etc.)

C A P I T U L O I I

E S T U D I O D E L M E R C A D O

II.- REFERENCIAS DEL MERCADO

1.- CONSUMOS

La utilización de las proteínas vegetales en México durante los años 1940 a 1958 fue muy escasa, las importaciones correspondían a 108 — 120 toneladas por año y eran destinadas como sazonadores para productos de poca demanda.

A partir de 1960, los consumos empezaron a ir en aumento, debido a la introducción masiva de los consomés de pollo. Así para 1965-ya se contaba con tres diferentes marcas de consomés de pollo, -- con un consumo de 420 toneladas al año.

La disposición de productos terminados, cuyas características requerían o soportaban cargas de proteínas vegetales hidrolizadas, -- como carnes frías y salchichas, permitió un consumo mayor y en -- 1968 se alcanzó la cifra de 482.4 toneladas por año.

En la actualidad el consumo de dichas proteínas se ha diversifica do mucho, quedando aún campos por cubrir, tanto como aditivos pa- ra levantar el nivel alimenticio, como sazonadores, faltando aún- de cubrir la demanda de proteínas hidrolizadas requeridas en el - extranjero, en especial Latinoamérica. ✓

A continuación se muestra una tabla con los consumos de proteíña- hidrolizada a partir de 1968 a la fecha.

<u>AÑO</u>	<u>TONS. DE CONSUMO</u>
1968	482.4
1969	525.6
1970	553.2

<u>AÑO</u>	<u>TONS. DE CONSUMO</u>
1971	572.4
1972	591.6
1973	621.6
1974	650.4

La presentación del producto es en 3 formas, de acuerdo al porcentaje de sólidos que es como sigue:

POLVO	-	98% SOLIDOS
PASTA	-	82% SOLIDOS
LIQUIDO	-	40% SOLIDOS

Los consumos en volumen de ventas para cada uno de los productos - del 100% producido es:

POLVO	-	80% DEL CONSUMO
PASTA	-	5% DEL CONSUMO
LIQUIDO	-	15% DEL CONSUMO

Como se podrá observar, el mayor volumen de consumo corresponde al polvo, pero se estima que en lo futuro la pasta adquiera mayor importancia, ya que no soportará costos altos por secado en aspersión.

ESPECIFICACIONES COMERCIALES DEL PRODUCTO (P.V.H.)

DEFINICION:

Producto obtenido básicamente de la hidrólisis de gluten de trigo y maíz pirolizado parcialmente.

DESCRIPCION:

Polvo fino, color café homogéneo, libre de materiales extraños.

PROPIEDADES:

Sólidos $96\% \pm 2\%$

Cenizas 42% máx.

Sólidos orgánicos $48 \pm 2\%$

Glutamato de Sodio $6 \pm 1\%$

Cloruro de amonio $1.7\% \pm$

Proteínas 38-42%

Humedad 4%

Cloruro de Sodio 36-40%

Color (transmisión en 73% sol. el 0.32%, 420 mu)

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Cuenta total gérmenes/g: 100,000 máx.

Grupo Coliforme/g 10/g máximo

E. coli Neg.

Hongos y levaduras 100 máx.

Streptococos neg.

Stafilococos Coag (+) Neg.

Salmonella y cualquier otro gérmen patógeno Neg.

2. -- PRODUCCION

La producción nacional de proteínas hidrolizadas nació a raíz de los requerimientos del mercado, y por los años de 1960 la producción era insuficiente al consumo, además de calidad inferior a la de importación. Sólo existía un productor que no logró satisfacer las necesidades del país sino hasta 1968 en que cubrió el volumen del consumo, pero no la calidad requerida, esto implicó la importación de otros "saborizantes para carnes" que vendrían a reforzar el sabor como hidrolizados de harina de soya, glutamato monosódico y mezclas de otros cereales. Las principales variables para producir un buen P.V.H. dentro de especificaciones son tecnológicas y la utilización de una buena mezcla proteica, esto puede ocasionar que un producto resulte bajo en los requerimientos mínimos de proteína y con costos un tanto elevados.

Actualmente la producción nacional fácilmente rebasa la demanda, pero sigue con las deficiencias antes anotadas y en ocasiones se permite la importación de grandes volúmenes de dichos saborizantes, cuyas especificaciones podrían ser cubiertas por un producto bien elaborado con sabor intenso y definido.

3. -- PROYECCION DE LA DEMANDA

En la actualidad la disposición de carne como alimento para humanos ha ido decreciendo, y esto ha originado el introducir productos cuyas formulaciones cuentan con carne y cargas de proteínas de cereales como soya y trigo en sus diferentes formas de ser pro

cesadas y presentadas, dando un sabor característico al cereal de origen y, por lo tanto, requiriendo de un donador de sabor como es el P.V.H. Esto aunado a una gran variedad de productos que se requieren de dicho sabor a carne como son:

A.- DONADORES DE SABOR DE CARNE DE RES Y POLLO

- Botanas a base de cereales.
- Carnes curadas.
- Carnes frías y embutidos.
- Consomé de res - cubitos.
- Consomé de pollo - cubitos.
- Hamburguesas.
- Salsas y sazonadores.
- Sopas (Granulados).
- Salchichas.

B.- COMO SAZCNADORES POR SU CONTENIDO DE ACIDO GLUTAMICO Y 17 AMINOACIDOS.

- Quesos para untar.
- Mayonesa.
- Salsa Catsup.
- Pasteles de carne y pizzas.
- Entremeses.
- Empanadas.
- Mariscos.
- Alimento para perros y gatos.

C.- COMO CARGAS PARA OBTENER MAYORES RENDIMIENTOS Y LEVANTAR EL % DE PROTEINAS EN LOS ALIMENTOS.

Para sustituir las actuales importaciones esporádicas utilizadas - como refuerzo para el producto nacional, se requerirá aumentar el porcentaje de proteína y hacer mejores mezclas proteicas de una calidad constante, ya que aquí estriba la diferencia.

De acuerdo a los datos de consumo se proyectó la demanda en toneladas por año hasta 1980, por el método de mínimos cuadrados, ya que tiene proyección simple.

PRONOSTICO DE CONSUMO DE PROTEINAS VEGETALES
HIDROLIZADAS

AÑO	Y TONS/AÑO	x	yx	x ²	yc PRONOSTICO
1968	482.4	-3	-1447.2	9	
1969	525.6	-2	-1051.2	4	
1970	553.2	-1	- 553.2	1	
1971	572.4	0	0	0	
1972	591.6	+1	591.6	1	
1973	621.6	+2	1243.2	4	
1974	650.4	+3	1951.2	9	

$$n=7 \quad \Sigma y=3997.2 \quad \Sigma x=0 \quad \Sigma yx=734.4 \quad \Sigma x^2 =28$$

1975	+4	704.54
1976	+5	737.92
1977	+6	771.30
1978	+7	804.68
1979	+8	838.06
1980	+9	871.44

ECUACIONES:

$$\Sigma y = a n + b \Sigma x$$

$$\Sigma xy = a \Sigma x + b \Sigma x^2$$

$$yc = a + b (x)$$

$$\text{Como } \sum x = 0 \quad \sum y = a N + \underbrace{b \sum x}_0$$

$$\sum y = aN \quad a = \frac{\sum y}{N} = \frac{3997.2}{7} = 571.02$$

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 \quad \sum x = 0$$

$$\sum xy = b \sum x^2 \quad b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = \frac{734.4}{28} = 26.23$$

$$y_c = a + b (x)$$

$$y_c = 571.02 + 26.23 (x) \quad \text{donde } x = 4, 5, 6, 7, 8, 9,$$

Por lo que respecta a la demanda en el extranjero por países como Argentina, Brasil, Uruguay, Venezuela, Guatemala, Perú, Colombia, etc., obtienen proteína hidrolizada vegetal en el mercado internacional a precios altos (más de un 18% del nacional). Además de escasa o poco adquirible se estima el consumo para Latinoamérica en 900 toneladas anuales, siendo atractivo el recurrir a este mercado en expansión de consumo debido a las necesidades alimenticias y poder establecer relaciones comerciales directas.

Por lo tanto, es económicamente atractivo elaborar el producto para la demanda de la zona a partir de una demanda de línea de productos de empresas y del mercado, y a plazo intermedio (2 a 3 años) proyectar una demanda para exportaciones.

C A P I T U L O I I I

A N A L I S I S D E L P R O C E S O

ANALISIS DE MATERIAS PRIMAS:

Dada la gran diversidad de tipos de maíz que se cultivan en México, así como la calidad y tipos de suelos, dan por resultado un grano con calidades poco constantes. Aunado a lo anterior los procesos para la industrialización del maíz de las compañías que actualmente operan, no proporcionan un producto uniforme por lo que se refiere al contenido de proteínas, así nos dan un porcentaje muy bajo mientras otra es alto pero inconstante.

En ocasiones el "forraje" tiene un olor y sabor desagradable debido a que durante el proceso se elevó demasiado la temperatura al secar la pasta, esto da a la proteína hidrolizada un olor desagradable.

Dado que el área de contacto de reacción entre el sólido (forraje) y el ácido clorhídrico es importante, algunos fabricantes, proporcionan un forraje muy grueso y otros un polvo extremadamente fino ocasionando con ello un reajuste en la concentración del ácido, es importante notar que uno de los métodos de desnaturizar proteínas es por la acción mecánica al triturar el grano, por lo que contar con un polvo bien molido facilitará la hidrólisis, aunque más tarde se tengan problemas de filtrado.

Además la hidrólisis ácida será mayor por permitir al ácido diluido penetrar más, dentro de las partículas sólidas.

Otra de las situaciones que se encuentra, es que las compañías industrializadoras de maíz están orientadas a fabricar productos ta

les como almidón y glucosa que en última instancia son los productos principales destinados a la industria CERVECERA, DE ADHESIVOS- y APRESTOS, además del amplio uso de la glucosa concentrada 40° Be o deshidratada.

Como subproductos son pues el forraje, gluten de maíz y una pasta que contiene grasas destinadas para la extracción de aceite de - - maíz, el forraje y el gluten de maíz son destinados para la elaboración de alimentos balanceados para animales, donde el control microbiológico, contenido de proteínas y sabor son deficientes, esto obstaculiza el contar con un producto destinado a la alimentación humana.

El producto ideal sería contar con un derivado del producto de - - maíz libre de almidón, carbohidratos (glucosa) e impurezas, conservando la parte proteica del forraje, gluten y pasta grasosa, pues estos ácidos grasos dan también un sabor agradable y adicionan todas las proteínas solubilizadas durante el proceso.

Como la hidrólisis ácida no tiene una eficiencia de reacción del - 100% y las materias primas derivadas del maíz no son lo suficientemente confiables por su bajo contenido de proteínas se optó, después de haber realizado varias pruebas, por adicionar productos -- con mayor contenido de proteínas derivados del trigo y soya, así - como caseína láctica.

La utilización en una mezcla o puros de estos productos se ve grandemente influenciado por el costo de ellos ya que en el aspecto -- económico se busca obtener un producto que cubra las especificacio

nes y además que compita con un bajo costo.

Más adelante se detallará como fueron aplicados estos productos -- más ricos en proteínas, así como los problemas por la disponibilidad de la materia prima que en el caso de la soya su producción es bastante insuficiente fluctuando constantemente de precio y la caseína láctica que siendo un producto de importación tiene épocas -- no sólo de precios elevados sino que escasea por la época de In- - vierno.

A continuación mencionamos los fabricantes consultados que elaboran derivados de maíz, así como el contenido de proteínas y su costo hasta abril de 1975.

. INDUSTRIALIZADORA DE MAIZ, S.A.

a) Gluten de maíz.....	40% proteína	\$ 3.00 kg.
b) Germen de maíz (pasta).....	12% "	\$ 2.25 kg.

. GLUCOSA Y FECULAS DE MEXICO, S.A.

a) Forraje-maíz (nutrimex).....	30% proteína	\$ 2.30 kg.
---------------------------------	--------------	-------------

. GLUTEN Y ALMIDONES INDUSTRIALES, S.A.

a) Gluten de trigo.....	80% proteína	\$16.50 kg.
-------------------------	--------------	-------------

. PROTEINA SOYA, S.A.

a) Harina de soya estándar.....	50% proteína	\$ 8.50 kg.
---------------------------------	--------------	-------------

El objetivo fijado fue obtener una proteína hidrolizada con la materia prima más disponible, es decir, que fuera elaborada constantemente, que contara con recursos y abastecimiento superiores a la capacidad proyectada del proveedor, con control del proceso definido y además de bajo precio.

Inicialmente se empezó por tratar de hacer una hidrólisis lo más simple posible, así tomamos la materia prima más pobre en proteínas y fue sometida a una hidrólisis con baja temperatura, con tiempo de reacción corto y sin presión, conforme se fueron obteniendo los resultados fue cambiando el proceso hasta establecer una mezcla que opera con temperaturas altas y bajo presión con tiempos cortos de reacción. De tal manera que nos limitaremos a mencionar únicamente aquellas corridas, cuyos resultados merecen mención así como los resultados obtenidos en ellos.

ANALISIS DEL PROCESO:

La técnica desarrollada para llevar a cabo este proceso ha sido -- simplificada de acuerdo al equipo y materiales con que se cuentan. Dado que el reactor es vidriado todos los movimientos que en el se lleven a cabo deberán ser muy cuidadosos.

Revisión del Equipo antes de empezar a cargar.

- a) Debe revisarse periodicamente y cuidadosamente el vidriado del reactor.
- b) Enjuagar la válvula del fondo del reactor para que no queden - residuos que contaminen el producto y que eviten cerrar bien - el reactor (Fugas).
- c) Limpiar bien la mirilla y el foco de luz interior.
- d) Revisar que tanto el termómetro como el Manómetro se encuentre en buen estado ya que en cierta forma de su funcionamiento dependerá el tener una reacción estándar y confiable.
- e) Cerrar las válvulas de la línea de agua de enfriamiento que va a la torre para que no pase el vapor ya que están conectadas a la chaqueta del reactor.
- f) Revisar el nivel de aceite en la caja del reductor al quitar - el tapón debe estar el aceite al nivel.

OPERACION.

- 1.- Se carga primero el agua indicada por la fórmula con el fin de precisar la concentración del ácido.

- 2.- Se carga el ácido clorhídrico de acuerdo a la fórmula.
 - 3.- Inmediatamente después se abre la válvula de entrada de vapor a la chaqueta del reactor para calentar la solución y se arranca el agitador.
 - 4.- Se carga el cereal ó forraje con la agitación trabajando y la temperatura entre 50/60° C.
- Cerrar la entrada de hombre, con cuidado sin golpearla apretando cuidadosamente y uniformemente todos los tornillos. Se abre un poco la válvula de la purga para que salga el aire frío antes de empezar a hervir y el manómetro no vaya a indicar presiones falsas.
 - Abrir toda la válvula de vapor, cuando la temperatura del termómetro llegue a 88°C cerrar totalmente la válvula de purga y cerrar un poco la entrada de vapor a la chaqueta del reactor.
 - Cerrar la válvula de vapor cuando la temperatura esté de 15 a 20°C menos que la temperatura de control indicada porque el termómetro tarda mucho en marcar.
 - Esperar a que la temperatura se estabilice, al mismo tiempo va a subir la presión, hay que cuidar que ésta nunca pase de lo que se indica para este proceso.
- Si la presión ó la temperatura suben demasiado se pueden reducir en tres formas que son:
- a) Pugar algo de presión poco a poco por la válvula del reactor.

- b) Metiendo un poco de agua de enfriamiento a la chaqueta con la bomba, abriendo las válvulas correspondientes, la cantidad de agua no debe ser muy grande y será bombeada, poco a poco y nunca meter agua con temperaturas menores a 45°C.
- c) Purgando el agua y vapor de la chaqueta, abriendo la válvula de purga o condensados, pasando el agua a la cisterna.

- 9.- Mantener las condiciones del proceso especialmente la presión, esta no debe bajarse mucho al principio porque se queda así durante el proceso.
- 10.- La agitación debe aplicarse cada hora durante 20 minutos.
- 11.- Cuando se haya completado el tiempo de proceso indicado, se em pieza a enfriar el reactor usando la bomba de enfriamiento, -- abriendo las llaves correspondientes y checando que salga el agua por la válvula superior del reactor. Nunca se debe meter agua fría porque el vidriado puede resentirse.

Quando la presión baja a cero se para la bomba y se abre hasta la mitad la válvula de purga del reactor.

NEUTRALIZACION

Este es uno de los pasos donde debe de tenerse más cuidado.

Se pone en el tambor de sosa la cantidad indicada para la reacción. La dosificación de la sosa se puede controlar por medio de las vál vulas y siempre con el movimiento de agitación funcionando.

La reacción al agregar la sosa es muy violenta y la temperatura su be mucho por lo que se debe tener mucho cuidado.

Al agregar la sosa la temperatura nunca debe pasar de 80°C porque se puede tirar el producto por la entrada de hombre.

Si se desea decolorar la solución con carbón activado a una temperatura de ^{90°C}40°C y por una hora.

Para ajustar el pH se agrega la cantidad de sosa necesaria para tener el pH=5.4 con el mismo cuidado con que se hizo la neutralización primaria.

Se toma una muestra y se mide el pH que debe ser ajustado a 5.4 -- 5.6 de acuerdo con las indicaciones dadas.

FILTRACION:

En el filtro prensa después de que esté limpio y sus ductos libres de impurezas se colocan las lonas de algodón entre los marcos, y se da presión con el tornillo sinfín.

Previamente se preparó agua con filtro ayuda para formar una cama y se bombea al filtro-prensa.

El líquido del reactor es bombeado a un tanque y de ahí se bombea el filtro a presión.

Se checa continuamente que el filtrado pase transparente, en caso de que no pase transparente quiere decir que alguna lona está perforada ó mal colocada y entonces se localiza esa lona y se cierra su llave.

Al terminar de filtrar como queda mucho producto retenido en el -- filtro es necesario agregar agua para desalojarlo, se agrega más o menos un tambor de agua para el filtro.

Esta última porción de líquido se recoge en un tambor y se mide el % de sólidos al refractómetro si el por % de sólidos totales al refractómetro en el líquido de lavado no son menores a un 32% se mezcla el líquido del tambor al tanque donde se almacenó el filtrado. Inmediatamente después de haber terminado la filtración se lava el filtro pues el producto puede dañarlo.

Se revisa que las válvulas no estén tapadas y se lavan las lonas.

EVAPORACION.

La evaporación se llevará a cabo en un evaporador equipado para -- trabajar a temperaturas no mayores de 50°C.

Se carga el líquido al evaporador por la llave de alimentación a -- la Calandria y el vapor se alimenta a la base. Se abre también la válvula de vacío antes de empezar a trabajar.

La evaporación se hará a una temperatura nunca superior a 50°C por que el producto se empieza a descomponer bajando la calidad y tomando un olor y un sabor muy desagradables.

La evaporación se termina cuando los sólidos totales están a 48%-- 50% al refractómetro.

Después se pasa el líquido concentrado a un tanque de almacenamiento.

1er. BATCH.

MATERIALES:

150 Kg. Gluten de maíz nutrimex con 32% proteínas.

191 Kg. de HCL al 32% de conc.

12.73 Kg. de H₂O

121.3 Kg. de NaOH al 50% conc. grado Rayón

CONDICIONES DE OPERACION:

- . Agitación continua.
- . Temperatura- 80°C
- . Tiempo de operación - 3.42 Hrs.
- . Presión 0.8 kg/cm², presión atmosférica.
- . PH - 6.0

PROCEDIMIENTO:

Se cargó el reactor con 191 Kg. de HCL al 32% de Conc. y se adicio nó además 12.73 Kg. de H₂O para tener una concentración de ácido - del 30%.

Se empezó a pasar vapor a la chaqueta del reactor y cuando se al-- canzó una temperatura de 60°C, con agitación se vació el gluten al reactor.

A partir de que se alcanzara la temperatura de 80°C, se tomó el -- tiempo de reacción fijándolo en 2.42 horas al cabo de las cuales - se dejó de calentar, y empezamos a enfriar el reactor con agua pre calentada a 60°C, hasta alcanzar una temperatura de 28°C en el - - reactor, conforme se metió agua más fría, inmediatamente se proce-- dió a neutralizar adicionándole sosa evitando que la temperatura - se elevara más de 50°C. Así la cantidad de sosa empleada fue de -- 121.3 kg. hasta obtener una pH de 6.

Más tarde se procedió a filtrar obteniendo en el filtrado una concentración de sólidos del 23%, secándolo posteriormente.

RESULTADOS:

En sus propiedades organolépticas resultó más bajo en sabor que el tipo, es decir, no tiene un sabor fuerte y limpio ni perdurable de P.V.H. como los presenta el tipo.

El polvo es completamente soluble cuando agregamos 5 g. en cada -- 250 ml. de agua caliente dando la solución un color café translúcido.

Tiene un contenido de proteínas de 8.3%
 contenido de sal53.0%
 pH..... 6.0

2o. BATCH

MATERIALES:

300 kg. de gluten de maíz de Ind. de maíz
 con un contenido de proteínas de 40%
 377.7 kg. de HCL a 32% conc.
 24.3 kg. de H₂O.
 219.0 kg. de NaOH al 50% de conc.

CONDICIONES DE OPERACION

- . Agitación intermitente de 20 minutos cada hora.
- . Temperatura 80°C.

- . Tiempo de operación - 3.25 hrs.
- . Presión 0.8 kg/cm² (presión atmosférica)
- . pH - 5.8

PROCEDIMIENTO

Esta prueba se realizó utilizando el mismo método anterior con la diferencia de agitar únicamente 20 minutos cada hora para evitar las pérdidas de calor de la sustancia y la evaporación de agua y ácido.

Así el reactor ya cargado con ácido y agua se comenzó a calentar y con agitación a cargar el gluten de maíz y una vez hecho esto se elevó la temperatura de la mezcla hasta alcanzar una temperatura de 80°C reaccionando así hasta cumplir 3.25 hrs.

Se neutralizó procurando no levantar la temperatura más de 50°C y la cantidad de sosa empleada fue de 219 kg. al 50% de conc. hasta obtener una pH de 5.8 pasando la solución más tarde a filtrarse y secarse.

RESULTADOS

Propiedades organolépticas

No tiene el sabor fuerte y tampoco es lo suficientemente claro para compararlo con la muestra tipo, pero si presenta un sabor más perdurable y menos salado que el anterior, es bastante higroscópico y es soluble en la proporción de 5 g. en 250 ml. de agua.

Tiene un contenido de proteínas.....	10.7%
contenido de sal.....	58.4%
pH.....	5.9

El incremento de pH es debido al secado.

3er. BATCH

MATERIALES:

175.0 kg. gluten de maíz Nutrimex con un contenido de proteínas de 32%.

175.0 kg. gluten de maíz Ind. de Maíz con un contenido de proteínas de 40%.

440.6 kg. de HCL con una conc. de 32%

29.4 kg. de H₂O

234.0 kg. de Sosa grado rayón con 50% conc.,

CONDICIONES DE OPERACION:

- . Sin agitación.
- . Temperatura (de completa ebullición) 92°C.
- . Tiempo de reacción 4:00 hrs.
- . Presión - de 0.8 kg/cm² (presión atmosférica).
- . pH - 5.3

PROCEDIMIENTO

Se procedió a cargar el material en la misma forma indicada con anterioridad y cuando se alcanzó la temperatura de 80°C se paró la agitación con el fin de observar si al decantarse el gluten se

lograba un incremento en la hidrólisis de las proteínas al formarse una pasta en el fondo del reactor, esperando con esto no quemar el producto.

Aumentamos el tiempo de reacción a 4.00 hrs. y se mantuvo la máxima temperatura posible a presión atmosférica. Más tarde cuando ya transcurrió el tiempo de reacción, se procedió a neutralizar la solución adicionando 234 kg. de sosa al 50% de conc., evitando que se levantara más la temperatura de 50°C, se neutralizó hasta un pH de 5.3.

RESULTADOS

Propiedades organolépticas. Adquirió un sabor más fuerte que los anteriores pero no alcanza a la muestra tipo, presenta además un sabor algo desagradable a quemado posiblemente, por la falta de agitación intermitente, también perdura más su sabor y el pH obtenido final de 5.5 lo hace más agradable al gusto.

Tiene: un contenido de proteínas.....	12.3%
contenido de sal.....	53.2%
pH.....	5.5

4o. BATCH

Como notamos que había una deficiencia en el porcentaje de proteínas tratamos de reforzar un producto económico como el gluten Nutrimex de 32% de proteínas y un derivado vegetal con alto porcentaje de proteínas y de fácil acceso como la soya, ésta varía, va de

50% a 83% de proteína así como también varía el precio, se determinó incrementar el contenido proteico de la mezcla con harina de soya del 50% de proteínas.

MATERIALES

270.0 kg. de gluten de maíz Nutrimex con 32% proteínas

30.0 kg. de harina de soya con 50% de proteínas.

377.7 kg. de HCL al 32% de conc.

24.3 kg. de H₂O

219.0 kg. de NaOH al 50% de conc.

CONDICIONES DE OPERACION

- . Agitación intermitente 25 min. cada hora.
- . Temperatura 90°C
- . Tiempo de operación 3.50 hrs.
- . Presión - 0.8 kg/cm² (presión atmosférica)
- . pH - 5.6

PROCEDIMIENTO

Se cargó el ácido y agua al reactor y con agitación adicionamos el forraje y la soya, se dió vapor a la chaqueta del reactor y cuando alcanzó la temperatura de 90°C se mantuvieron las condiciones de trabajo por 3.50 horas al término de las cuales se procedió a enfriar hasta una temperatura de 34°C, neutralizando con 219 kg. de sosa hasta un pH de 5.3 para que al secar aumentara a 5.4.

RESULTADOS

Se obtuvo un sabor más intenso pero poco perdurable, no tiene sabores secundarios ni presenta un sabor a quemado, el aspecto del polvo es más claro.

Tiene un: contenido de proteínas.....	9.6%
contenido de sal.....	56.0%
pH.....	5.4

5o. BATCH

En esta prueba tratamos de balancear y encontrar una mezcla de mayor contenido proteico, conservando las mismas condiciones de operación anteriores, es decir, sin trabajar a presión ni a alta temperatura. Así pues, los ingredientes fueron: gluten de trigo, y gluten de maíz.

MATERIALES

22.5 kg. de gluten de trigo con 80% de proteínas
 127.5 kg. de gluten de maíz con 40% de proteínas.
 191.0 kg. de HCL al 32% de concentración.
 12.7 kg. de H₂O.
 121.3 kg NaOH grado rayón al 50% de concentración.

CONDICIONES DE OPERACION

- . Con agitación intermitente de 20 minutos de duración cada hora.
- . Temperatura 92°C (temperatura reacción).
- . Tiempo de reacción 3.50 hrs.
- . pH -5.3

PROCEDIMIENTO

Se sigue la misma técnica aplicada con anterioridad y después de haber cargado los materiales al reactor se alcanzó la temperatura de 92°C, se trabajó bajo estas condiciones durante 3.50 hrs., más tarde se enfrió y se neutralizó hasta alcanzar un pH de 5.3 con -- 121 kg NaOH.

RESULTADOSPropiedades Organolépticas

Debido a que se mejoró la mezcla proteica adquirió el P.V.H. un mayor sabor, tiene aún deficiencia en el contenido proteico así como de ácido glutámico, por lo que su sabor no es intenso ni perdurable, da un polvo de aspecto fluído con un color café muy claro.

Tiene un: porcentaje de proteínas.....	13.3%
contenido de sal.....	52.0%
pH.....	5.3

60. BATCH

Dado que los porcentajes de proteína encontrados en las experiencias pasadas no son satisfactorias, optamos por incrementar el grado de hidrólisis variando las condiciones de operación, es decir, trabajando bajo presión y, por lo tanto, con una temperatura más alta, con ello evitaríamos también fugas de evaporaciones y tener que reajustar el pH, también aumentando el tiempo de reacción.

MATERIALES

- 9.28 kg. de gluten de trigo con un contenido de 80% de proteínas
- 19.49 kg. de soya con un 50% de proteínas
- 169.36 kg. de gluten de maíz Nutrimex con 32% de proteínas
- 33.87 kg. de germen de maíz con un 12% de proteínas
- 232.00 kg. de mezcla proteica
- 293.00 kg. de ácido clorhídrico al 32% de concentración.
- 19.00 kg. de agua.
- 188.00 kg. de NaOH al 50% grado rayón.

CONDICIONES DE OPERACION

- . Agitación intermitente de 20 min. cada hora.
- . Temperatura 115.5°C
- . Presión 1 kg/cm². (manométrica)
- . pH - 6.7
- . Tiempo de reacción 3.5 hrs.

PROCEDIMIENTO

Después de haber checado todos los sellos y válvulas del reactor - para trabajar a presión, se cargó con 293 kg. de ácido clorhídrico y 19 kg. de agua, se empezó a calentar y con agitación se cargaron los ingredientes proteicos, así se cerró la entrada de hombre del reactor y después se purgaron los gases fríos y cuando alcanzó la presión de 1 kg/cm² y la temperatura de 115.5°C se mantuvieron estas condiciones de operación por un tiempo de 3.5 horas para después enfriar y cuando alcanzamos la temperatura de 28°C se proce--

dió a neutralizar hasta alcanzar un pH de 6.7 se filtró y más tarde fué secado.

RESULTADOS

Propiedades Organolépticas.

Se obtuvo un sabor más claro, intenso y perdurable que todas las muestras anteriores, aún sin alcanzar el porcentaje de proteínas adecuado, se observó que el trabajar con presión facilitaba grandemente la hidrólisis.

Tiene un contenido de proteínas de..... 18.1%
 contenido de Cloruro de sodio..... 59.0%
 pH..... 6.7

7o. BATCH

Para observar si era posible obtener un hidrolizado de materiales ricos en proteínas, probamos con gluten y germen de maíz que presentan porcentajes ideales en el contenido de proteínas y que además son más baratos.

MATERIALES

175.08 kg. de gluten de maíz con 40% de proteínas.
 46.04 kg. de germen de maíz con 12% de proteínas.
 293.00 kg. de ácido clorhídrico al 32% conc.
 19.00 kg. de agua.
 223.00 kg. de Hidróxido de Sodio al 50% conc.

CONDICIONES DE OPERACION

- . Agitación intermitente de 20 min. cada hora.
- . Temperatura 115.5°C
- . Presión 1 kg/cm² (manométrica)
- . pH - 7.2
- . Tiempo de reacción - 3.5 horas

PROCEDIMIENTO

Se cargó el ácido y agua, y con agitación se cargaron los ingredientes proteicos, cerrando el reactor y purgando los gases fríos, se calentó hasta alcanzar una temperatura de 115.5°C y una presión de 1 kg/cm² dentro del reactor. Al transcurrir las 3.50 horas se empezó a enfriar hasta 28°C y agregamos sosa hasta neutralizar a un pH de 7.2.

RESULTADOS

Propiedades organolépticas.- Sabor muy semejante al anterior sin alcanzar a la muestra tipo, tiene un sabor fuerte salado y su porcentaje de proteínas no es todavía el apropiado. Con esto observamos que al aumentar el tiempo de reacción, la presión y la temperatura mejora el hidrolizado.

Tiene un contenido de proteínas de 16.1%
 contenido de Cloruro de sodio 62.1%
 pH..... 7.2

A continuación agrupamos los datos obtenidos por vía experimental para - hacer más objetivo los resultados y poder compararlos.

BATCH	% Prot.	% NaCl	pH	T.r. Hrs.	kg/cm ² (abs.)	T °C	Porcentaje de Ingredientes
1er.	8.3	53.0	6.0	3.4	0.8	80°	100% A.
2o.	10.7	58.4	5.9	3.25	0.8	80°	100% B.
3o.	12.3	53.2	5.5	4.0	0.8	92°	50% A. + 50% B
4o.	9.6	56.0	5.4	3.5	0.8	90°	90% A. + 10% E
5o.	13.3	52.0	5.3	3.5	0.8	82°	85% B. + 15% D
6o.	18.1	59.0	6.7	3.5	1.8	115.5°	73% A. + 14.6 C + 4% D + 3.4 E
7o.	16.1	62.1	7.1	3.5	1.8	115.5°	80% B. + 20% C

A - Gluten de maíz Nutrimex con 32% proteínas.

B - Gluten de maíz con 40% proteínas.

C - Germen de maíz con 12% proteínas.

D - Gluten de Trigo con 80% proteínas.

E - Harina de Soya con 50% proteínas.

BATCH	% Prot. en la Mezcla	% Prot. Produc.	% Hidro- lisis.	pH	\$/kg Prodc.	Propiedades Orga- nolépticas.
1o.	32	8.3	25.9	6.0		Bajo de sabor
2o.	40	10.7	26.8	5.8		Sabor suave no Perdurable
3o.	42	12.3	29.2	5.5		Sabor no acepta- ble.
4o.	34.8	9.6	30.3	5.4		Sabor suave claro
5o.	45.9	13.3	29.0	5.3		Sabor suave P.V.H.
6o.	32.4	18.1	56.6	6.7		Sabor más intenso no perdurable.
7o.	34.2	16.1	47.1	7.2		Sabor suave perdurable.

COMO CONCLUSIONES ESTABLECEMOS QUE:

- 1o. Las condiciones de operación no son las adecuadas pues se logra un mayor hidrolizado al operar con presión y mayor tiempo de reacción.
- 2o. Es necesario optimizar la mezcla de materias primas para obtener el porcentaje de proteínas requerido, a un costo más bajo.

C A P I T U L O I V

OPTIMIZACION DE LA MEZCLA PROTEICA

OPTIMIZACION DE LA MEZCLA PROTEICA

Como se mencionó anteriormente, una de las variables más importantes para la obtención de un buen producto (P.V.H.); es la fuente de proteínas de la cual se parte; por lo cual, lo primero que se debe de buscar es el partir de una o varias materias primas, las cuales llenen todos los requerimientos para dar como resultado un producto dentro de especificaciones, antes de atacar el problema de las condiciones de operación.

Ya que aunque las condiciones de operación sean las óptimas, si la fuente de proteínas es deficiente es imposible obtener el producto deseado.

Por lo tanto, trataremos de optimizar la mezcla proteica y para ésto hemos seleccionado el METODO SIMPLEX, usado en la Programación-Lineal para aplicarlo a la optimización de mezclas.

Este método consiste en optimizar una función - objetivo (representa nuestro problema) estableciendo restricciones (ecuaciones que incluyen las variables de la función - objetivo) las cuales han sido fijadas en forma experimental ó empírica.

Este método permite el establecer el número de restricciones deseadas o necesarias, las cuales serán satisfechas por el resultado obtenido y éste resultado será el punto óptimo requerido.

A continuación mostraremos la aplicación analítica del método a la obtención de una mezcla óptima de acuerdo a las restricciones que se establecen, las cuales han sido seleccionadas tomando en cuenta

los factores: económico, experimental, empírico, etc.

	% PROTEINAS	\$/KG.
A Gluten Maíz (Ind. Maíz)	40%	3.00
C Gluten Trigo	80%	14.50
D Soya	50%	7.50
E Germen de Maíz	12%	2.00

Ecuación función-objetivo

$$(MIN) \quad C = 3 X_A + 14.5 X_C + 7.5 X_D + 2 X_E$$

Restricciones:

- $X_A + X_C + X_D + X_E = 1000$ Kgs. (Mezcla total)
- $.4 X_A + .8 X_C + .5 X_D + .12 X_E \geq 400$ (Contenido de Proteínas)
- $X_C + X_D \leq 300$ (Restricción por costo)
- $50 \leq X_E \leq 150$ (Restricción por las características que adiciona al producto)

Igualando: Se agregan variables de holgura para pasar de desigualdades a igualdades:

$$a) \quad X_A + X_C + X_D + X_E = 1000$$

$$b) \quad .4X_A + .8X_C + .5X_D + .12X_E - X_1 = 400$$

$$c) \quad X_C + X_D + X_2 = 300$$

$$d) \quad X_E + X_3 = 150$$

Quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$(\text{MIN}) C = 3X_A + 14.5X_C + 7.5X_D + 2X_E - 0X_1 + 0X_2 + 0X_3$$

Agregando variables artificiales X_4 y X_5 las cuales son iguales a 0.

$$1000 = X_4 + X_A + X_C + X_D + X_E$$

$$400 = X_5 - X_1 + .4X_A + .8X_C + .5X_D + .12 X_E$$

$$300 = X_2 + X_C + X_D$$

$$150 = X_3 + X_E$$

$$(\text{MIN}) C = MX_4 + MX_5 + 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 3X_A + 14.5X_C + 7.5X_D + 2X_E$$

Esta es la función que se va a optimizar.

El mecanismo de la optimización que a continuación se presenta no es sino la formación de matrices y el pivoteo de ecuaciones que -- nos van a ir señalando que variables incluye la mezcla óptima y en que porcentaje; así como las variables que se deben deshechar por no estar comprendidas en dicha mezcla óptima, de acuerdo a las restricciones establecidas desde un principio.

Cj	→	 	M	M	0	0	0	3	14.5	7.5	2	
↓	 	B	x_4	x_5	x_2	x_3	x_1	x_A	x_C	x_D	x_E	
M	x_4	1000	1	0	0	0	0	1	1	1	1	
M	x_5	400	0	1	0	0	-1	.4	.8	.5	.12	
←	0	x_2	300	0	0	1	0	0	1	1	0	
0	x_3	150	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Zj		1400M	M	M	0	0	-M	1.4M	1.8M	1.5M	1.12M	
Zj - Cj	 	 	0	0	0	0	-M	1.4M	1.8M	1.5M	1.12M	
			0	0	0	0	0	-3	-14.5	-7.5	-2	
M	x_4	700	1	0	-1	0	0	1	0	0	1	
←	M	x_5	160	0	1	-.8	0	-1	.4	0	-.3	.12
→	14.5	x_C	300	0	0	1	0	0	1	1	0	
0	x_3	150	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Zj		860M	M	M	0	0	-M	1.4M	14.5		1.12M	
		+4350			-1.8M	0				-3M		
					+14.5					+14.5		
Zj - Cj	 	 	0	0	-1.8M	0	-M	1.4M	0	-3M	1.12M	
			0	0	+14.5	0	0	-3	0	+7	.2	
←	M	x_4	300	1	-2.5	1	0	2.5	0	0	.75	.7
→	3	x_A	400	0	2.5	-2	0	-2.5	1	0	-.75	.3
14.5	x_C	300	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
0	x_3	150	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Zj		300M	M	M	0	0	2.5M			.75M	.7M	
		+5550			-2.5M	0			3	14.5		
					+7.5	+8.5		-7.5		+12.25	+9	
Zj - Cj	 	 	0	-3.5M	M	0	2.5M	0	0	.75M	.7M	
			0	+7.5	+8.5	0	-7.5	0	0	+4.75	-1.1	

0	x_1	1.20	.4	-1	.4	0	1	0	0	.3	.28
3	x_A	700	1	0	-1	0	0	1	0	0	1
14.5	x_C	300	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	x_3	150	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Zj		6450	3	0	11.5	0	0	3	14.5	14.5	3
Zj - Cj			3	0	11.5	0	0	0	0	7	1
			-M	-M	0	0	0	0	0	0	0
0	x_1	30	.4	-1	.1	0	1	0	-.3	0	.28
3	x_A	700	1	0	-1	0	0	1	0	0	1
7.5	x_D	300	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	x_3	150	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Zj		4350	3	0	4.5	0	0	3	7.5	7.5	3
Zj - Cj			3	0	4.5	0	0	0	-7.5	0	1
			-M	-M	0	0	0	0	0	0	0
2	x_E	107.14	1.4	-3.5	.35	0	3.5	0	1	0	1
3	x_A	592.86	-.4	3.5	-1.35	0	-3.5	1	-1	0	0
7.5	x_D	300	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	x_3	42.86	-1.4	3.5	-3.5	1	-3.5	0	-1	0	0
Zj		4242.86	1.6	3.5	4.2	0	-3.5	3	6.5	7.5	2
Zj - Cj			1.6	3.5	4.2	0	-3.5	0	-8	0	0
			-M	-M	0	0	0	0	0	0	0

$X_E = 10.71\%$	GERMEN DE MAIZ
$X_A = 59.28\%$	GLUTEN DE MAIZ
$X_D = 30\%$	HARINA DE SOYA
$X_C = 0\%$	GLUTEN DE TRIGO

Comprobación de valores y restricciones

a) $592.86 + 0 + 300 + 107.14 = \underline{1000}$

b) $.4(592.86) + .8(0) + .5(300) + .12(107.14) =$
 $237.144 + 0 + 150 + 12.85 \geq \underline{400}$

c) $0 + 300 \leq \underline{300}$

d) $50 \leq 107.14 \leq 150$

Esta mezcla resultante es la mezcla óptima, la cual cumple con todas las restricciones planteadas y nos dá el mayor contenido de -- proteínas al mínimo costo posible, es decir que representa un equi libro entre el contenido proteico y el aspecto económico.

C A P I T U L O V

DISEÑO DEL EQUIPO

BALANCE DE MATERIADatos:

- a).- Capacidad de la planta. La planta se diseñará para una capacidad instalada de 900 Ton/año de producto terminado, que es la capacidad que, según el pronóstico de mercado se requerirá en los próximos 5 años.
- b).- El rendimiento Kg. a Kg. de este proceso es igual al 83.5%; - es decir por cada kilogramo de mezcla proteica reaccionado se obtiene 0.835 Kg. de producto (P.V.H.) en base seca.

Reactor

* Considerando 22 días hábiles por mes, la capacidad instalada de la planta por día será:

$$900 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} = \underline{3.41} \text{ Ton/día}$$

De acuerdo al rendimiento señalado, las ton/día de mezcla proteica que se tendrán que reaccionar serán:

$$\frac{3.41 \text{ ton/día}}{0.835} = 4.084 \text{ ton/día de mezcla proteica.}$$

La relación de HCl (al 30% conc.) y mezcla proteica es igual a - - 1.34. Por lo que la cantidad de HCl necesario para reaccionar las 4.084 ton/día de mezcla proteica será:

$$2) \quad 4.084 \times 1.34 = \underline{5.473} \text{ ton/día de HCl (30\% conc.)}$$

Por lo que la alimentación al reactor será:

$$3) \quad 4.084 \text{ (M.P.)} + 5.473 \text{ (HCL)} = 9.55 \text{ ton/día}$$

y es igual a la salida del reactor.

NEUTRALIZADOR

En el neutralizador se alimenta la corriente de salida del reactor (9.55 ton/día), más la cantidad de NaOH (50% conc.) necesaria para obtener un PH = (5.3 - 5.4).

La cantidad de NaOH (50% conc.) necesaria para obtener dicho PH, - es igual a 3.42 ton/día, por lo que la alimentación será igual.

$$9.55 \text{ (Hidrolizado)} + 3.42 \text{ (NaOH, 50\%)} = 12.97 \text{ ton/día}$$

y es igual a la salida del neutralizador.

ENFRIAMIENTO

Como su nombre lo indica, su función será únicamente bajar la temperatura de la corriente que sale del neutralizador, puesto que la reacción de neutralización es muy exotérmica. Por lo que su alimentación y descarga serán iguales a 12.97 ton/día.

la. Filtración

La corriente de alimentación al filtro está compuesta por dos corrientes:

- a).- La que sale del tanque de enfriamiento que es igual a 12.97 ton/día con una concentración de sólidos solubles del 28.7% (P.V.H.) y una concentración de sólidos suspendidos (Lodos) -

del 22.3% en peso.]

b).- Una corriente de agua, cuyo objeto es bajar la concentración de sólidos suspendidos para facilitar el filtrado. La cantidad de agua alimentada es la necesaria para bajar la concentración de los sólidos suspendidos de 22.3% a 15.4%, ya que con este porcentaje se facilita en gran parte la operación.]

La cantidad de agua alimentada será:

$$12.97 (0.223) = X (0.154) \quad X = \frac{12.97(0.223)}{0.154}$$

$$X = 18.80 \text{ ton/día}$$

$$7) \quad 18.80 - 12.97 = \underline{5.83} \text{ ton/día de H}_2\text{O}$$

Por lo que la corriente de alimentación al filtro será igual a 18.8 ton/día con una concentración de sólidos solubles igual a 19.8% (P.V.H.) y una concentración de sólidos suspendidos igual a 15.4%.

El filtro elimina el 78.0% de los sólidos suspendidos en la corriente y dichos sólidos llevan una humedad del 20% en peso.] Por lo que la corriente que se elimina es igual:

$$18.8 (0.154) (0.78) = 2.25 \text{ sólidos eliminados}$$

$$\frac{2.25}{0.8} = 2.81 \text{ ton/día} \quad \text{corriente eliminada con 80\% sólidos suspendidos y 20\% agua.}$$

La corriente que sale filtrada es igual a:

$$18.8 \text{ ton/día} - 2.81 = 15.99 \text{ ton/día.}$$

las concentraciones de sólidos son:

$$18.8 (0.198) = 15.99 (X)$$

$$X = \frac{18.8 (0.198)}{15.99} = 23.28 \% \text{ de sólidos solubles (P.V.H.)}$$

$$18.8 (0.154 - 2.81 (0.8)) = 0.64 \text{ ton/día sólidos suspendidos no eliminados}$$

$$\frac{0.64}{15.99} = 4\% \text{ de sólidos suspendidos en la corriente que sale del filtro}$$

La corriente de salida

Esta corriente es exactamente la que entra y sale del tanque de ALMACENAMIENTO EN PROCESO.

EVAPORADOR 1

La corriente que se alimenta a este evaporador es la saliente del Tanque de almacenamiento en proceso y es:

$$15.99 \text{ ton/día} \begin{cases} 23.28\% \text{ sólidos solubles (P.V.H.)} \\ 4\% \text{ sólidos suspendidos} \end{cases}$$

En este evaporador se concentra la corriente hasta alcanzar un porcentaje de sólidos solubles igual a 37.26% y 6.4% de sólidos suspendidos.

Por lo que el agua evaporada será igual a:

$$15.99 (0.2328) = X (0.3726) \quad \therefore X = \frac{15.99 (0.2328)}{(0.3726)}$$

$$X = 9.99 \text{ ton/día corriente que sale del evaporador}$$

$$\text{Alimentación} - \text{salida} = \text{H}_2\text{O evaporada}$$

$$15.99 - 9.99 = 6.0 \text{ ton/día}$$

2a. Filtración

La corriente que sale del evaporador 1 es la que se alimenta al segundo filtro y es igual:

$$9.99 \text{ ton/día} \text{ -----} \left\{ \begin{array}{l} 37.26\% \text{ sólidos solubles (P.V.H.)} \\ 6.4\% \text{ sólidos suspendidos} \end{array} \right.$$

En este filtro son eliminados todos los sólidos suspendidos restantes en la corriente, formando una torta con 20% de humedad; por lo que los sólidos eliminados serán:

$$9.99 (0.064) = 0.639 \text{ ton/día sólidos eliminados}$$

$$\frac{0.639}{0.8} = 0.799 \text{ ton/día corriente eliminada con el 20\% de humedad.}$$

La corriente filtrada será igual:

$$9.99 - 0.799 = 9.19 \text{ ton/día}$$

y su concentración de sólidos solubles será:

$$9.99 (0.3726) = 9.19 (X)$$

$$X = \frac{9.99 (0.3726)}{9.19} = 0.405$$

Esta corriente es almacenada en el tanque de Almacenamiento del Hidrolizado a 60° F.

La corriente que sale del tanque de almacenamiento de hidrolizado que es:

$$(9.19 \text{ ton/día al } 40.5\% \text{ de sólidos solubles (P.V.H.)})$$

se divide en dos corrientes de acuerdo con los requerimientos del mercado en sus tres diferentes formas.

La corriente hacia el evaporador será:

$$\text{Requerimientos del Mercado} \left\{ \begin{array}{l} 80\% \text{ de la producción Base seca (Polvo)} \\ 5\% \text{ de la producción Base seca (Pasta)} \end{array} \right.$$

Pasta:

$$3.41 \text{ ton/día} \times 0.05 = 0.17 \text{ ton/día}$$

al 82% conc. $\frac{0.17}{0.82} \text{ ton/día} = 0.208 \text{ ton/día}$ ---- corriente que llega a la caja de pasta.

Polvo:

$$3.41 \text{ ton/día} \times 0.8 = 2.72 \text{ ton/día}$$

al 98% conc. $\frac{2.72 \text{ ton/día}}{0.98} = 2.78 \text{ ton/día}$ ---- corriente que llega a la caja de polvos.

Corriente que entra al SPRAY - DRYER

Se considera una eficiencia en el secado de este producto del 90% en peso.

$\frac{2.78}{0.9} = 3.09 \text{ ton/día}$ Corriente que entraría al 98% de conc., - pero como entra al 82% la corriente será:

$$\frac{3.09 \times 0.98}{0.82} = 3.69 \text{ ton/día} \text{ Corriente que entra al 82\%}$$

La suma de las corrientes del polvo y la pasta serán igual a la corriente que sale del evaporador 2:

$$0.208 \text{ ton/día} + 3.69 \text{ ton/día} = 3.9 \text{ ton/día al 82\% conc.}$$

. . La corriente que entra al evaporador 2 será igual a:

$$\frac{3.9 \times 0.82}{0.405} = X \text{ . . . } X = 7.9 \text{ ton/día al 40.5\% de conc.}$$

Por lo que la corriente que se alimenta a los tanques de ALMACENAMIENTO EN PROCESO, será la diferencia entre la corriente que sale del TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL HIDROLIZADO y la corriente que se alimenta al evaporador 2:

$$9.19 - 7.9 = 1.29 \text{ ton/día al 40.5\% de concentración.}$$

Esta corriente es la misma que entra al tercer filtro. Este filtro tiene el objeto de eliminar todos aquellos cristales que durante el almacenamiento a 60° F se hayan precipitado; de acuerdo con los datos experimentales se ha estimado que el valor de estos cristales es alrededor de un 2% en peso de los sólidos totales.

Filtro 3:

La corriente que se alimenta es:

1.29 ton/día al 40.5%⁷⁰ de sólidos solubles (P.V.H.)

el filtro elimina el 2% de estos sólidos precipitados

1.29 (0.405) (0.02) = 0.0104 ton/día Sólidos eliminados

La corriente filtrada será igual a:

1.29 - 0.0104 = 1.279 ton/día

Con una concentración de P.V.H. igual a:

$$1.29 (0.595) = 1.279 (X) \quad \therefore X = \frac{1.29 (0.595)}{1.279} = 0.6$$

X = 0.6 Concentración de agua en la corriente filtrada.

Por lo que el porcentaje de sólidos (P.V.H.) en la corriente filtrada será:

$$X = 1 - 0.6 = 0.4 \quad \therefore \underline{40\% \text{ de sólidos totales}}$$

Resumen Global de las Corrientes del PROCESO

(En el diagrama de flujo contiguo se describe la nomenclatura de - las corrientes que a continuación se enlistan.)

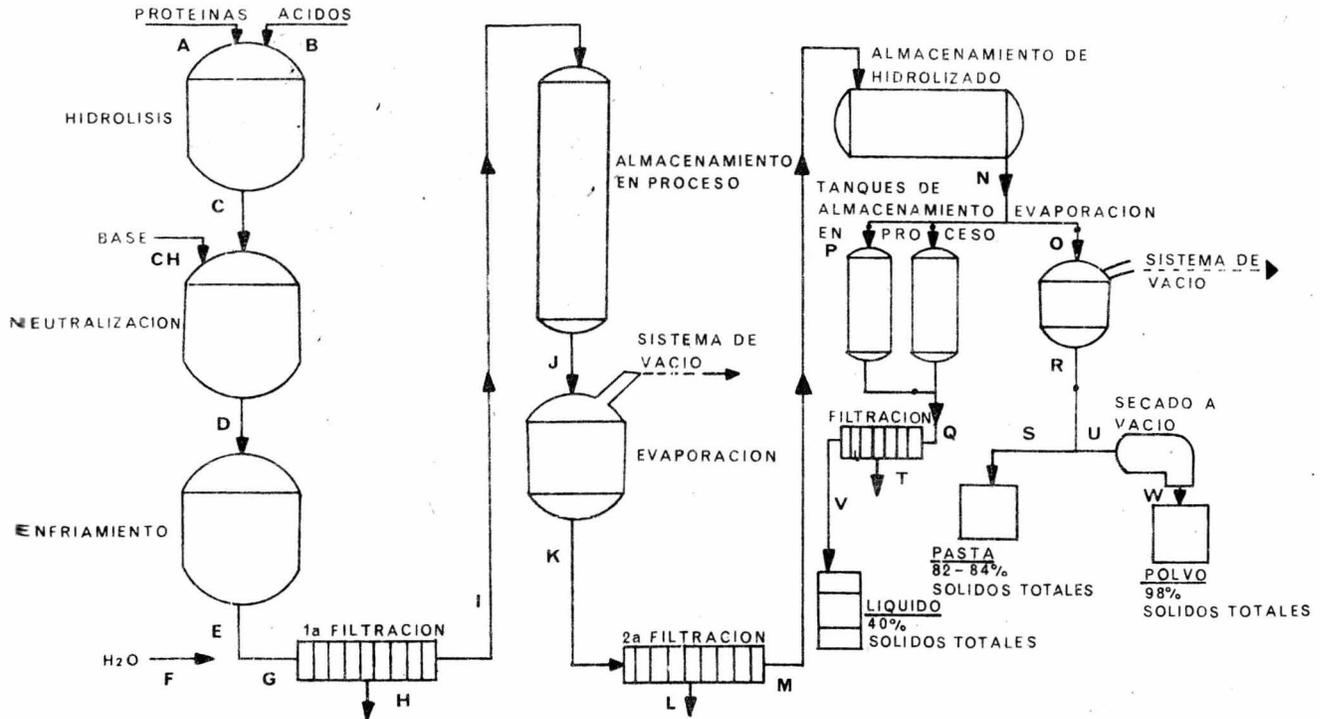
<u>Corriente</u>	<u>Flujo ton/día</u>	<u>Concentración %</u>
A	4.084	40 proteínas
B	5.473	30
C	9.55	42.7 Sólidos
CH	3.42	50
D	12.97	{ 28.7 S.D. 22.3 S.S.
E	12.97	{ 28.7 S.D. 22.3 S.S.
F	5.83	100
G	18.8	{ 19.8 S.D. 15.4 S.S.
H	2.81	{ 80 S.S. 20 H2O
I	15.99	{ 23.28 S.D. 4 S.S.
J	15.99	{ 23.28 S.D. 4 S.S.
K	9.99	{ 37.26 S.D. 6.4 S.S.
L	0.799	{ 80 S.S. 20 H2O
M	9.19	40.5 S.D.
N	9.19	40.5 S.D.
O	7.90	40.5 S.D.
P	1.29	40.5 S.D.
R	3.9	82 S.D.

<u>Corriente</u>	<u>Flujo ton/día</u>	<u>Concentración %</u>
Q	1.29	40.5 S.D.
S	0.208	82 P.V.H.
T	0.0104	100 •
U	3.69	82 P.V.H.
V	1.279	40 P.V.H.
W	2.784	98 P.V.H.

S.D.: Sólidos disueltos (P.V.H.)

S.S.: Sólidos suspendidos (Lodos)

DIAGRAMA DE FLUJO



Diseño de los Evaporadores

Existen muchos tipos de evaporadores, los cuales presentan ventajas y desventajas según el tipo de solución que se pretenda procesar y las condiciones de operación.

Hemos seleccionado para nuestro caso un evaporador del tipo: VERTICAL DE TUBOS CORTOS, por ser el que presenta mayores ventajas como son:

- 1.- Altos coeficientes de transferencia de calor a altas diferencias de temperaturas.
- 2.- Poco espacio libre.
- 3.- Fácil limpieza mecánica de las incrustaciones.
- 4.- Costo relativamente bajo.

Un evaporador típico de este tipo tiene tubos de 2 pulgadas de diámetro y de 5 pies de largo, aunque también existen tubos con diámetro de 1 a 4 pulgadas y de 3 a 6 pies de largo.

Evaporador 1 $P_s > P_{ev}$

Datos técnicos:

Tipo: Vertical de tubos cortos

Material: Acero inoxidable

Co: 27.28% (Sol.Tot)

Cf: 43.66% "

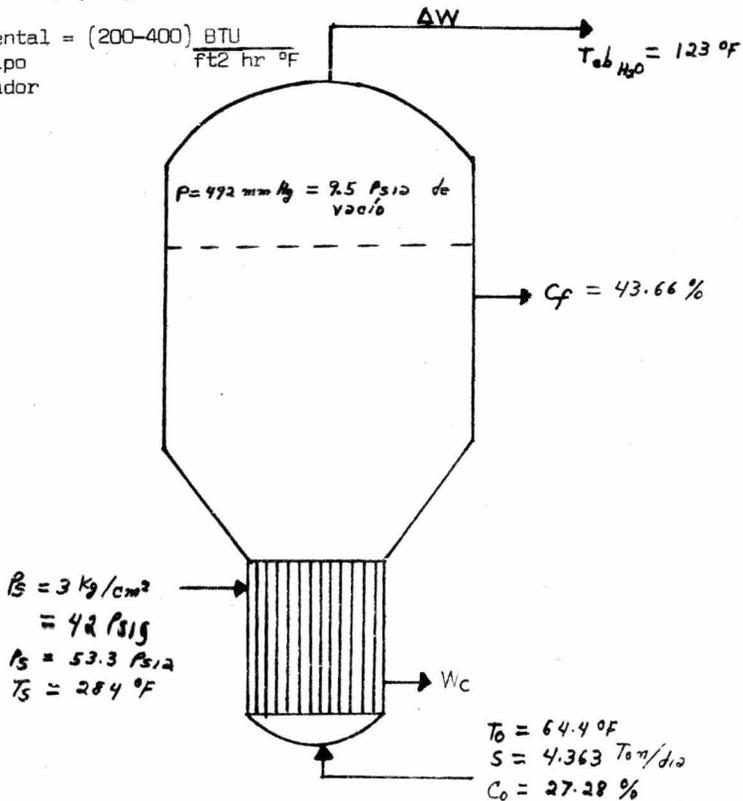
S: 4.363 ton/día

To: 64.4° F

Medio de Calentamiento: Vap. saturado

Ps: 3 kg/cm²P domo: 492 mmHg = 9.5 Psia
de vacío

Patm: 580 mm Hg (D.F)

U experimental = (200-400) $\frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}}$
para el tipo
de evaporador

Cálculos:

$$s = 4.363 \text{ ton/día} \times 91.7 = 400.0 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$S_o = W_o C_o \quad S_f = W_f C_f \quad \therefore W_o C_o = W_f C_f$$

$$S_f = S_o$$

$$\frac{W_o C_o}{C_f} = W_f \quad W_o = \frac{S_o}{C_o} = \frac{400}{0.2728} = 1466.3 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$W_f = \frac{400}{0.4366} = 916.17 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\Delta W = W_o - W_f \quad \Delta W = 1466.3 - 916.17 = 550.13 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\Delta W = 550.13 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{kg}}{2.2 \text{ lb}} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Balace de energía:

$$Q_T = \Delta W E_{\Delta W} + W_o C_{pO} (t_e - t_o)$$

$$\Delta W E_{\Delta W} = \Delta W (\lambda_e + C_{pv} \Delta T_e)$$

$$C_{p \text{ sol}} = C_{p \text{ liq}} - C_o \quad \therefore C_{p \text{ sol}} = 1 - 0.2728 = 0.727$$

$$C_{pO} = 0.727$$

Se considera generalmente para vapor $C_{pv} = 0.46$

$$T_{e \text{ H}_2\text{O}} = 123^\circ \text{ F a Pop.}$$

$$\Delta T_b = 12^\circ \text{ F}$$

$$T_{e \text{ sol}} = 135^\circ \text{ F}$$

$$\lambda_{e \text{ sol}} = 1017 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$\Delta W \epsilon_{\Delta W} = 550.13 (1017 + 0.46 \times 12)$$

$$\Delta W \epsilon_{\Delta W} = 562518.9 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_T = 562518.9 + 1466.3 \times 0.727 (135 - 64.4)$$

$$Q_T = 562518.9 + 75259.6 = 637778.5$$

$$Q_T = 6.38 \times 10^5 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \quad \therefore Q_T = 1.61 \times 10^5 \text{ Kcal/hr}$$

Gasto de Vapor

$$W_s \lambda_s = Q_T \quad \therefore W_s = \frac{Q_T}{\lambda_s}$$

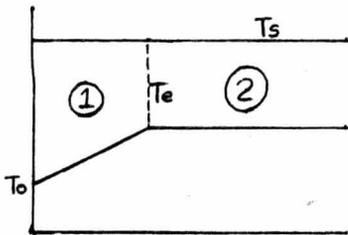
$$\lambda_s \rightarrow aTs = 284^\circ \text{ F}$$

$$\lambda_s = 921 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$W_s = \frac{6.38 \times 10^5}{921} = 692.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$W_s = 692.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} = 315 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Cálculo del Area de Transferencia.



$$\Delta T_2 = T_s - T_e = 284 - 135$$

$$\Delta T_2 = 149^\circ \text{ F}$$

$$Q_1 = W_o C_{po} (T_e - T_o)$$

$$Q_2 = \Delta W \epsilon_{\Delta W}$$

$$\Delta T_1 = \frac{(T_s - T_o) - (T_s - T_e)}{L \ln \frac{(T_s - T_o)}{(T_s - T_e)}}$$

$$\Delta T_1 = \frac{(284 - 64.4) - (284 - 135)}{L \ln \frac{(284 - 64.4)}{(284 - 135)}}$$

$$\Delta T_1 = \frac{219.6 - 149}{L \ln 1.47} = \frac{70.6}{2.3 \times 0.167}$$

$$\Delta T_1 = 183.8^\circ \text{ F}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = \frac{1}{\Delta T_1} \frac{Q_1}{Q_T} + \frac{1}{\Delta T_2} \frac{Q_2}{Q_T}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = \frac{1}{183.8} \frac{75259.6}{6.38 \times 10^5} + \frac{1}{149} \frac{562518.9}{6.28 \times 10^5}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = 0.00064 + 0.0059 = 0.00655$$

$$\Delta T_m = 152.6 \text{ } ^\circ\text{F} = 67.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_T = UA \Delta T_m \quad \therefore \quad A = \frac{Q_T}{u \Delta T_m} = \frac{6.28 \times 10^5}{300 \times 152.6}$$

$$A = 13.93 \text{ ft}^2 \approx 14 \text{ ft}^2$$

$$A = 1.3 \text{ m}^2$$

Economía del evaporador:

$$\text{Economía} = \frac{\Delta W}{W_s} = \frac{550.13}{692.7} = 0.794$$

$$\text{Economía} = 0.794$$

Evaporador 2

Datos Técnicos:

Tipo: Vertical de tubos cortos

Material: Acero inoxidable

Co: 40.5 %

Cf : 82%

S: 3.2 ton/día

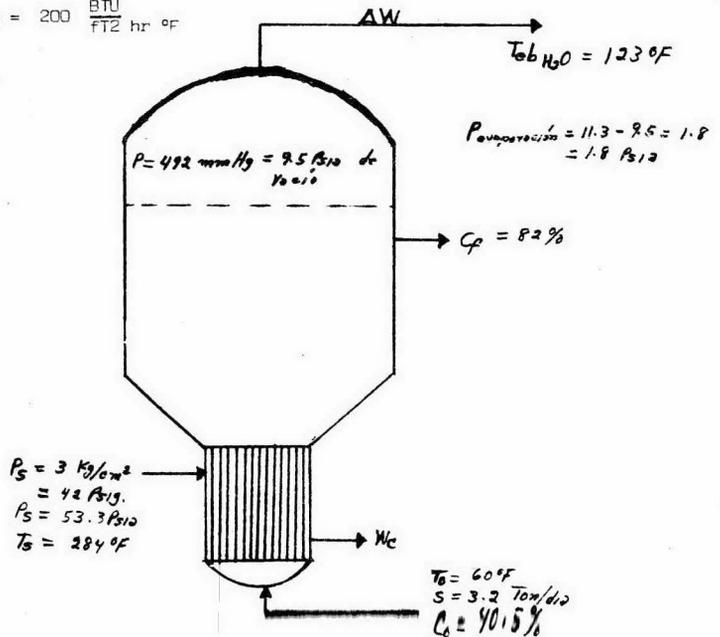
To :60° F

Medio de calentamiento : vapor saturado

Ps : 3 kg/cm²

Pdomo : 492 mm Hg de vacío = 9.5 Psia

Patm = 580 mm. de Hg (D.F.)

U experimental
para el tipo de = 200 $\frac{\text{BTU}}{\text{FT}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}}$
Evaporador

Cálculos:

$$S = 3.2 \text{ ton/día} \times 91.7 = 293.44 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$S_o = W_o C_o \quad S_f = W_f C_f \quad \therefore \quad W_o C_o = W_f C_f$$

$$S_f = S_o$$

$$\frac{W_o C_o}{C_f} = W_f \quad W_o = \frac{S_o}{C_o} = \frac{293.44}{0.405} = 724.54 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$W_f = \frac{293.44}{0.82} = 357.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\Delta W = W_o - W_f \quad \therefore \quad \Delta W = 724.54 - 357.85 = 366.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\Delta W = 366.7 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{kg}}{2.2 \text{ lb}} = 166.7 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Balance de Energía:

$$Q_T = \Delta W \epsilon_{\Delta W} + W_o C_p (t_e - t_o)$$

$$\Delta W \epsilon_{\Delta W} = \Delta W (\lambda_c + C_p \Delta T_e)$$

$$C_{p \text{ sol}} = C_{p \text{ liq}} - C_o \quad \therefore \quad C_p \text{ sol} = 1 - 0.405 = 0.595 \approx 0.6$$

$$C_{p_o} = 0.6$$

$$C_{p_v} = 0.46$$

$$T_{e \text{ H}_2\text{O}} = 123^\circ \text{ F a la Pop.}$$

$$T_{e \text{ sol}} = 148^\circ \text{ F}$$

$$\Delta T_{e b} = T_{e \text{ sol}} - T_{e \text{ H}_2\text{O}} = 25^\circ \text{ F}$$

$$\lambda_e = 1009.3 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$\Delta W \epsilon_{\Delta W} = 366.7 (1009.3 + 0.46 \times 25)$$

$$\Delta W \epsilon_{\Delta W} = 374327.36 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_T = 374327.36 = 724.54 \times 0.6 (148 - 60)$$

$$38255.71$$

$$Q_T = 4.13 \times 10^5 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \quad \therefore \quad Q_T = 1.04 \times 10^5 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Gasto de Vapor

$$W_s \lambda_s = Q_T \quad \therefore \quad W_s = \frac{Q_T}{\lambda_s}$$

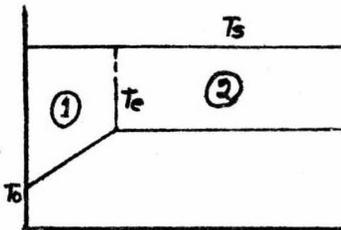
$$\lambda_{sa} t_s = 284 \text{ } ^\circ \text{F}$$

$$\lambda_s = 921 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$W_s = \frac{4.13 \times 10^5}{921} = 448.42 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$W_s = 448.42 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{kg}}{2.2 \text{ lb}} = 203.8 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Cálculo de Area de Transferencia



$$Q1 = W_o C_{po} (T_e - T_o)$$

$$Q2 = \Delta W \epsilon_{\Delta W}$$

$$\Delta T1 = \frac{(T_s - T_o) - (T_s - T_e)}{\ln \frac{(T_s - T_o)}{(T_s - T_e)}}$$

$$\Delta T2 = T_s - T_e = 284 - 148$$

$$\Delta T1 = \frac{(284 - 60) - (284 - 148)}{\ln \frac{(284 - 60)}{(284 - 148)}}$$

$$\Delta T2 = 136 \text{ } ^\circ \text{F}$$

$$\Delta T_1 = \frac{224 - 136}{1.64} = \frac{88}{1.64} = \frac{88}{2.3 \log 1.64} = \frac{88}{2.3 \times 0.216} = 177.13$$

$$\Delta T_1 = 177.13 \text{ } ^\circ \text{F}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = \frac{1}{\Delta T_1} + \frac{1}{\Delta T_2} + \frac{1}{\Delta T_3}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = \frac{1}{177.13} + \frac{38255.71}{4.13 \times 10^5} + \frac{1}{136} + \frac{374327.36}{4.13 \times 10^5}$$

$$\frac{1}{\Delta T_m} = 0.005229 + 0.00666 = 0.007183$$

$$\Delta T_m = 139.21 \text{ } ^\circ \text{F}$$

$$\Delta T_m = 59.5 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$Q_T = UA \Delta T_m \quad \therefore \quad A = \frac{Q_T}{U \Delta T_m} = \frac{4.13 \times 10^5}{200 \times 139.21} =$$

$$A = 14.83 \text{ ft}^2 \approx 15 \text{ ft}^2$$

$$A = 1.4 \text{ m}^2$$

Economía del Evaporador

$$\text{Economía} = \frac{A}{W_s} = \frac{366.7}{448.42} = 0.817$$

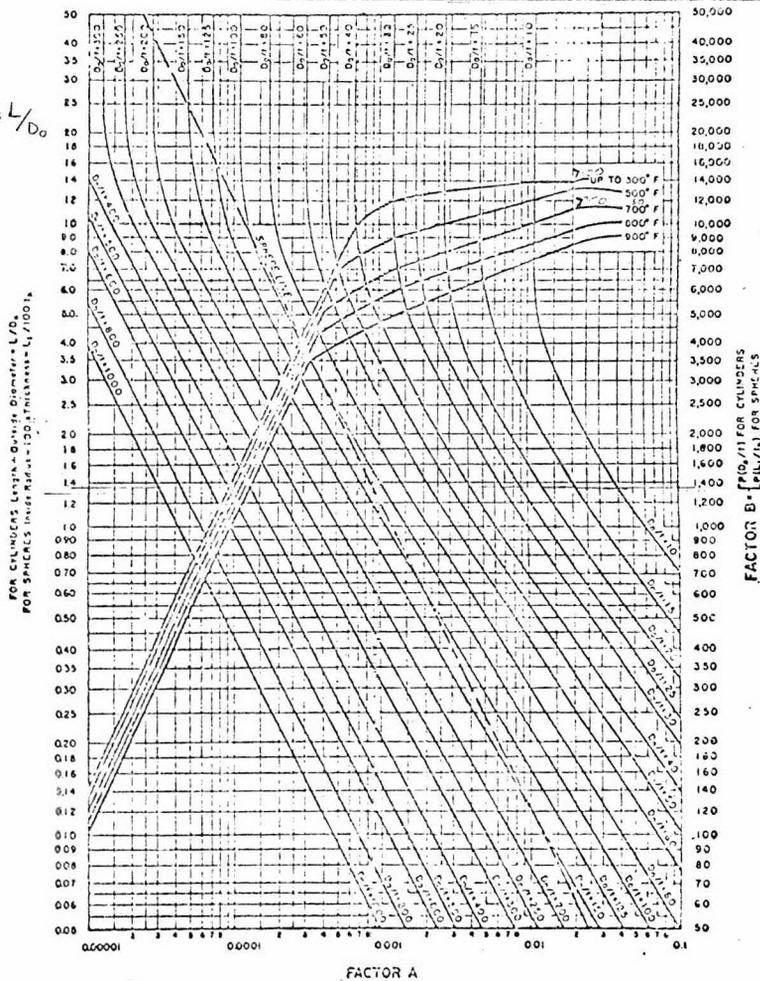
$$\underline{\text{Economía} = 0.817}$$

CALCULO DE RECIPIENTES.

METODO GENERAL DE CALCULO

Con la capacidad de operación conocida se calcula la capacidad nominal, siendo ésta un 20% mayor. Del volúmen total se determinan las dimensiones del equipo como son, diámetro del envolvente (D_o) y el largo del mismo (L), deberán realizarse los siguientes pasos:

- 1) Suponer un espesor (t) del envolvente y determinar las relaciones L/D_o y D_o/t .
- 2) Se introduce en la parte izquierda de la gráfica correspondiente al material con que se hará el tanque, es decir, resistente a la acción química, con la relación L/D_o .
- 3) Desplazarse horizontalmente hasta la línea de D_o/t , D_o/t varía de 10 a 300.
- 4) Desplazarse verticalmente hasta interceptar la línea de temperatura de operación. Si el punto cae arriba de la línea punteada que atraviesa la gráfica, se desplaza hacia abajo y viceversa.
- 5) Desplazarse horizontal a la derecha hasta encontrar el valor del Factor B.
- 6) Una vez encontrado B, obtener el valor de la presión admisible de trabajo mediante $P = \frac{B}{D_o/t}$
- 7) Comparar la Presión admisible contra presión que va a estar soportando el recipiente.



Si $P_a \gg P$ Se selecciona un espesor menor para el recipiente y se repite el cálculo.

$P_a > P$ Ligeramente mayor, el cálculo se considerará correcto y ese es el espesor.

$P_a < P$ Seleccionar un espesor mayor de presión de trabajo y se repite el cálculo.

A continuación se encuentra una tabla con las especificaciones que deberán cubrir los tanques.

CARACTERISTICAS DE LOS RECIPIENTES

EQUIPO	MATERIAL	CAP. DE OPERAC. KG.	CAP. NOMINAL 20%	PRESION TRABAJO KG/CM2				TEMP. TRABAJO MAX. °C	t(ESPESOR) CALCULADO		PRESION DISEÑO CALCUL. Max/Kg/cm
				INT.	HIDROS-TATICA	EXT. Ø CHAQUETA	OPERACION		IN.	MM	
R-1	Vidriado	3,200	3,900	3	0.25	8	10	300°C	1/4	6.35	14.5
R-2	Ac.Inox. 316	4,400	5,300	1	0.28	1	3	100°C	5/32	3.97	3.97
R-3	Ac.Inox. 316	4,400	5,300	1	0.28	1	3	100°C	5/32	3.97	3.97
T-1	Ac.Inox. 304	10,700	12,900	1	0.37	1	3	100°C	7/32	5.55	4.70
T-2	Ac.Inox. 304	6,200	7,500	1	0.31	1	3	100°C	5/32	3.97	3.10
T-3	A.Inox. 304	900	1,000	1	0.16	1	3	100°C	3/32	2.38	4.0
T-4	Ac.Inoc. 304	900	1,000	1	0.16	1	3	100°C	3/32	2.38	4.0

LARGO Y DIAMETRO DEL ENVOLVENTE

DIAMETRO	R-1 1.54 m.	R-2 1.70 m.	R-3 1.70 m.	T-1 2.30 m.	T-2 0.98 m.	T-3 0.98 m.	T-4 1.92 m.
LARGO	2.09 m.	2.34 m.	2.34 m.	3.11 m.	1.33 m.	1.33 m.	2.59 m.

METODO GENERAL USADO PARA EL CALCULO DE TAPAS

TIPO: TORIESFERICA STD.

- 1) Dado que se conoce el diámetro del envolvente (D) que equivale a L se determina el valor del radio de curvatura de la rodilla aplicando la relación $r = 0.06L$
- 2) Se obtiene r/L y en las tablas se determina el factor W que co rresponde para cada valor de r/L
- 3) El espesor se encuentra por la ecuación de $t = \frac{P L W}{2 S E}$

P - Presión

L - Longitud ó radio de la corona

W - Factor que determina r/L

SE - Esfuerzo permisible (tabla)

será de 13,000 PSI a 600°F

En la siguiente tabla encontramos los espesores de las tapas para cada equipo.

EQUIPO	R-1	R2	R-3	T-1	T-2	T-3	T-4
t calculado	7/32"	1/8"	1/8"	3/16"	1/8"	1/16"	1/16"

Como se podrá observar estará dentro de los límites marcados con anterioridad.

Así el tanque R-1 donde se llevará a cabo la Hidrolisis tendrá un diámetro de 1.54 m. y largo del envolvente de 2.09 m., estará recubierto en su interior con una película de vidrio para darle protec

ción contra el ataque del HCL, estará equipado con chaqueta para proporcionar calor, teniendo un espesor de 1/4" en acero al carbón y la capacidad será de 380 lts. que irá aislada con colchón de asbesto poroso y fibra de vidrio.

Los tanques R-2 y R-3 serán donde se neutralice respectivamente, por lo cual tendrán chaqueta de enfriamiento con un espesor de 3/16" en acero inoxidable 316, también forradas de aislante.

Los demás tanques del T-1 al T-4 son de almacenamiento únicamente y no operan con calentamiento o enfriamiento, siendo éstos de acero inoxidable 304.

CALCULO DE LOS FILTROS

Tipo de Filtro: Prensa

PH de la solución: 5.4

Material: Acero Inoxidable 316.

Conociendo la densidad de la torta se determinó el volúmen de la misma en base de los gastos de cada corriente, de tal manera, que se dimensionaron los marcos y platos del filtro para retener los sólidos y clarificar la solución.

La presión de cada bomba se determinó por vía experimental, encontrándose que a presiones altas se compacta mucho la torta al grado de no permitir que fluya la solución a pesar de la adición de Filtro-Ayuda, pero operando a bajas presiones fluye mejor la solución satisfaciendo el gasto requerido y con una caída de presión menor.

En la siguiente tabla se concretan los datos referentes a los filtros.

CARACTERISTICAS DE LOS FILTROS

EQUIPO	ρ g/cm ³	VOLUMEN TORTA M ³	X LONG DEL MAR CO M.	Y ANCHO DEL MAR CO M.	VOL. RETIE. 1 MAR CO M ³	NO. MAR. REQUERI DOS.	EQUIPO NEC. BAT. MARC.	
F-1	0.8	4.25	1.17	0.07	0.0958	45	3	15
F-2	0.9	1.07	1.15	0.06	0.0793	14	2	7
F-3	0.9	0.06	0.62	0.04	0.0153	14	1	4

EQUIPO	UNIDAD	PLATOS	MARCOS	AREA M ²	CAPACIDAD EN 8 HRS.	PRESION TRABAJO	CAIDA DE PRESION- TOTAL ΔP KG/CM ²
F-1	31 Pzas.	16 Pzas.	15 P.	41.07	4250 Lts.	3.5 kg/cm ²	1.98
F-2	15 "	8 "	7 "	18.51	1070 "	2.3 "	1.00
F-3	9 "	5 "	4 "	3.07	60 "	2.0 "	0.80

SECADOR POR ASPERSION

El secado por aspersión (spray drying), fue considerado en sus principios económico sólo para materiales sensibles al calor, en la actualidad es empleado para un amplio rango de productos y procesos.

Diseño de un secador por aspersión (Spray-Dryer)

Actualmente la eliminación de la humedad ha sido estudiado bajo va

rias condiciones algunas veces simulando operaciones de aspersion-
(spray-dryer).

Sin embargo, hay poca información publicada sobre los efectos de -
las velocidades y arreglos en estos secadores. Las variables pare-
cen ser tan complejas que impiden tener métodos racionales de dise-
ño. Aún materiales muy semejantes, no siempre se comportan de una-
manera similar cuando se someten al secado por aspersion.

Así para la mayoría de los productos, el diseño sólo puede ser lle-
vado a cabo después de efectuar varias pruebas.

La mayoría de las unidades son diseñadas sobre la base de llevar a
cabo varias pruebas en secadores por aspersion (spray-dryers) expe-
rimentales, aplicando la experiencia del fabricante. Lo extenso de
las pruebas requeridas depende del material y la capacidad desea-
da.

Comunmente un estudio de factibilidad en un secador por aspersion-
de laboratorio, será seguido por algunas corridas en un secador de
planta piloto para obtener datos de diseño y así poder escalar un
equipo de tamaño comercial.

Debido a lo antes expuesto, nos limitaremos a la capacidad de eva-
poración requerida para nuestro proceso.

El secador requerido tendrá que procesar 3,697 kgs/día al 82% de -
sólidos de concentración, por lo que tendrá que eliminar 610.5 - -
kgs/día de solución.

El secador de acuerdo a la capacidad, será un secador de los consi-
derados pequeños. De acuerdo con una tabla comparativa de costos-

y capacidades para este tipo de secadores (CHEMICAL ENGINEERING, - Oct. 1963) podríamos considerar como el más cercano a nuestras necesidades el siguiente:

CARACTERISTICAS

Temperatura de Operación -----	260 °C
Capacidad de Evaporación -----	180 kgs/hr.
Requerimientos de calor -----	$3.02 \times 10^5 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$
Potencia Requerida -----	20 Hp.

CALDERA

Ahora calcularemos la potencia de la caldera que se requerirá para dar servicio de vapor y proveer así de el calor necesario en los - equipos relacionados los cuales son: el reactor, el evaporador No. 1, el evaporador No. 2 y el secador por aspersion.

Cálculo

El calor requerido para el reactor será:

$$Q = m C_p \Delta T$$

$$m = 9.55 \text{ ton/día} = 9.55 \times 10^6 \text{ gr/día}$$

$$\Delta T = (115.5 - 18) \text{ °C} = 97.5 \text{ °C}$$

Debido a que se carece de toda información con respecto al C_p de - la mezcla proteica sólida, se ha estimado el C_p de la solución en - función únicamente de la capacidad calorífica del ácido clorhídri - co a su respectiva concentración y temperatura, por lo que el C_p - estimado = $0.75 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}$

$$Q = (9.55 \times 10^6) \times 0.75 \times 97.5 = 6.98 \times 10^8 \frac{\text{cal}}{\text{día}}$$

$$Q = 6.98 \times 10^5 \text{ K cal/día}$$

el tiempo de reacción por cada batch es igual a 3.5 hrs. y se realizan 3 batches por día, por lo que las horas de consumo de calor serán:

$$3 \frac{\text{batch}}{\text{día}} \times \frac{3.5 \text{ hrs.}}{\text{batch}} = 10.5 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}$$

el calor requerido por hora de operación será:

$$Q = (6.98 \times 10^5) \times \frac{1}{10.5} = \underline{0.664 \times 10^5 \text{ Kcal/hr}}$$

De acuerdo con los consumos de calor calculados para los evaporadores 1 y 2; así como para el secador por aspersion que son los siguientes:

$$\text{Evaporador 1} \quad Q_T = 1.61 \times 10^5 \quad \text{Kcal/hr}$$

$$\text{Evaporador 2} \quad Q_T = 1.04 \times 10^5 \quad \text{Kcal/hr}$$

$$\text{Secador} \quad Q_T = 3.02 \times 10^5 \quad \text{Kcal/hr}$$

El consumo total de calor que tendrá que suministrar la caldera será:

$$Q = (0.664 + 1.61 + 1.04 + 3.02) \times 10^5 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q = 6.33 \times 10^5 \text{ Kcal/hr}$$

Lo cual empleando los factores de conversión nos dará la potencia de la caldera en HP

$$Q = 6.33 \times 10^5 \times 0.0011024 \times 3600 = 25.12 \times 10^5 \text{ BTU/hr}$$

$$25.12 \times 10^5 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ HP}}{33480 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}} = 75 \text{ HP}$$

Por lo que la caldera necesaria para el proceso tendrá que tener una potencia mínima de 75 HP.

C A P I T U L O VI

E S T U D I O E C O N O M I C O

En este capítulo analizaremos el proceso desde el punto de vista económico, es decir, la instalación de una planta productora de -- proteínas hidrolizadas y su costo.

Daremos como dato de referencia el monto de las ventas anuales estimadas para 1975 a un costo unitario de \$30.00 Kg. y para un consumo de 704.54 toneladas, por lo tanto tendrá un valor total de -- \$21,136,200.00 y las ventas mensuales ascenderán a \$1,761,350.00. A continuación enunciaremos los conceptos que serán aquí tratados-- y más adelante detallaremos cada uno de ellos:

Análisis de Inversión Total.

Activo Fijo.

Activo Circulante.

Activo Diferido.

Pasivo Fijo.

Pasivo Circulante.

Capital Social.

Balance.

Costo de Producción.

Costos Fijos.

Costos Variables.

Estado de Pérdidas y Ganancias.

Rentabilidad.

Punto de Equilibrio.

A.- Activo Fijo.- Son aquellos costos necesarios para la instalación de la planta y se refiere a bienes tangibles de duración larga, que serán utilizados para la elaboración de productos, éstos están sujetos a depreciación y obsolescencia.

a).- Equipo.- En la lista que se presenta a continuación están incluidos costos de instalación como tubería, aislantes, cableado y tableros eléctricos.

E Q U I P O	COSTO DEL EQUIPO.	% COSTO INSTALACION	COSTO TOTAL
R-1.- Reactor vidriado.	\$ 337,500	40	\$ 472,500.00
R-2.- Reactor neutralización de acero inoxidable 316.	\$ 468,750	30	\$ 609,375.00
R-3.- Reactor enfriamiento de acero inoxidable 316.	\$ 968,750	30	\$ 609,375.00
T-1.- Tanque de almacenamiento en proceso.	\$ 150,000	20	\$ 180,000.00
T-2.- Tanque almacenamiento de hidrolizado.	\$ 112,500	20	\$ 135,000.00
T-3.- Tanque distribuidores hidrolizado.	\$ 39,375	20	\$ 47,250.00
T-4.- Igual al anterior.	\$ 39,375	20	\$ 47,250.00
F-1.- Filtro de gruesos - acero inoxidable -- 316 incluye bomba.	\$ 471,000	25	\$ 588,750.00
F-2.- Filtro de partículas finas después de elaborar con bomba.	\$ 187,500	25	\$ 234,375.00
F-3.- Filtro para impurezas antes de empaque.	\$ 41,250	25	\$ 51,562.00
Secador tipo Spray-Dryer.	\$ 581,250	60	\$ 930,000.00
Caldera capacidad 75 H.P.	\$ 106,875	25	\$ 133,593.00
Evaporador 1 simple efecto.	\$ 324,375	25	\$ 292,968.00
Evaporador 2 " "	\$ 243,750	25	\$ 304,687.00

Cisterna Almacenamiento de 30 M3. agua.	\$ 40,000.00
Sistema tratamiento agua.	<u>\$ 50,000.00</u>

COSTO DEL EQUIPO..... \$4'726,685.00

COSTOS ADICIONALES:

Instrumentación.	(10%)	472,668.00
Alumbrado.	(0.5%)	23,633.00
Ingeniería	(8%)	378,134.00
Equipo Seguridad	(0.6%)	28,360.00
Herramientas.	(0.8%)	37,813.00
Equipo Oficina.	(1.5%)	70,900.00
Básculas y Tarimas.	(1.0%)	<u>47,266.00</u>

SUBTOTAL..... \$1'058,774.00

COSTO TOTAL DE EQUIPO Y ACCESORIOS..... \$5'785,459.00

b).- Terreno.- Se requiere un área de 5,000 M2. considerando futuras expansiones en áreas de producción, almacén y -- oficinas, donde únicamente se construirá sobre 3,000 M2. El costo del terreno es de \$150.00 M2. Costo del terreno \$ 750,000.00

c).- Edificio.- Únicamente se construirá en 2,000 M2. con un costo de \$900.00 M2. por lo tanto será \$1'800,000.00.

RESUMEN DEL TOTAL DE ACTIVO FIJO:

a) Equipo y Maquinaria.....	\$ 5'785,459.00
b) Terreno.....	" 750,000.00
c) Edificio.....	<u>" 1'800,000.00</u>

T O T A L..... \$ 8'335,459.00

B.- Activo Circulante.- Serán aquellos costos requeridos durante el funcionamiento de la planta, como son: efectivo en caja para pagos de contado, inventarios de materias primas, materiales en elaboración y producto terminado, anticipos, etc., que a continuación describimos:

- a) Inventario de materias primas.- Consideramos existencias para un mes de trabajo con el fin de no excedernos de más de 30 días de rotación.

<u>MATERIAL</u>	<u>TON/MES.</u>	<u>\$/TON.</u>	<u>COSTO</u>
Mezcla Proteica.	70.30 Tons.	\$6,180.00	\$ 434,454
Acido Clorhídrico.	90.2 "	1,400.00	126,280
Hidróxido de sodio.	58.9 "	1,600.00	94,240
Sacos de papel envoltura.	959 Pzas.	4.75	4,555
Tambor 200 Kg. Tapa y Aro.	128 Tqs.	150.00	19,200

T O T A L..... \$ 678,729.00

- b) Cuentas por cobrar.- Son aquéllas ventas que por diversas razones no se han cobrado como son: pagos a 30 o más días, incobrables y créditos. Se tomará el valor de mes y medio de ventas.

CUENTAS POR COBRAR..... \$ 2'642,025.00

- c) Inventario de producto terminado.

Estará determinado por la cantidad de producto suficiente para surtir un mes calculada a costo de producción,

Así son: \$ 1'367,195.00

d) Efectivo.- Será el fondo en efectivo disponible, depositado en cuenta bancaria y caja chica de la empresa, destinado a cubrir 1 mes de mano de obra directa y gastos menores en -- servicios y refacciones.

Efectivo..... \$ 90,000.00

RESUMEN DEL TOTAL DE ACTIVO CIRCULANTE.

a).- Inventario de Materias Primas.....	\$ 678,729.00
b).- Cuentas por cobrar.....	"2'642,025.00
c).- Inventario de Producto Terminado.....	"1'367,195.00
d).- Efectivo.....	" <u>90,000.00</u>
TOTAL:	\$4'777,949.00

C.- Activo Diferido.- Serán todas aquellas cuentas que no se pueden convertir de inmediato en dinero como son: gastos de arranque, costo de las materias primas de las primeras corridas, -- gastos notariales, seguros, siendo aproximadamente el 4% del -- activo fijo..... \$ 333,418.00

D.- Pasivo Fijo.- Se refiere a los créditos adquiridos por la empresa a largo plazo, utilizados básicamente como respaldo a la inversión. El interés que las Financieras otorgan es el 11% sobre saldos insolutos.

PASIVO FIJO..... \$3'000,000.00

E.- Pasivo Circulante.- Representa a las deudas adquiridas por la Empresa con fecha de vencimiento menor a un año, como son los-

créditos de proveedores, pagos de servicios, préstamos bancarios en documentos a corto plazo, así como cuentas pagaderas a corto plazo, corresponde pues a 2 meses de costo de producción.

PASIVO CIRCULANTE..... \$2'734,390.00

F.- Capital Social.- Es la cantidad de dinero aportada por los accionistas-dueños de la empresa..... \$7'712,436.00

BALANCE DE LAS OPERACIONES.

El informe tabular de lo que una compañía posee, de la forma en -- que existe la propiedad (materiales, terrenos, maquinaria, etc.), -- la estimación del valor de cada uno de estos elementos, junto con lo que debe y la naturaleza de las obligaciones, se denomina el balance.

A.- Activo Fijo.

a) Equipo y Maquinaria	\$5'785,459.00
b) Terreno y Edificio.	750,000.00
c) Edificio.	<u>1'800,000.00</u>
TOTAL:	\$8'335,459.00

B.- Activo Circulante.

a) Inventario de Mat. Primas.	678,729.00
b) Cuentas por cobrar.	2'642,025.00
c) Inventario de Prod. Terminado	1'367,195.00
d) Efectivo.....	<u>90,000.00</u>
TOTAL:	\$4'777,949.00

C.- Activo diferido.....	\$ 333,418.00	
TOTAL DEL ACTIVO.....		\$13'446,826.00
D.- Pasivo Fijo.....	\$3'000,000.00	
E.- Pasivo Circulante.....	2'734,390.00	
F.- Capital Social.....	<u>7'712,436.00</u>	
TOTAL DEL PASIVO.....		\$13'446,826.00
Déficit.....		-- o --

COSTO DE PRODUCCION.

Involucra todos aquéllos factores que directa o indirectamente intervienen con el costo del producto. El análisis será para un año.

A.- Costos directos.- Son todos aquéllos que se relacionan propiamente con la producción como son:

- 1.- Materias Primas.
- 2.- Servicios.
- 3.- Mano de obra y supervisión.
- 4.- Mantenimiento.
- 5.- Depreciación.
- 6.- Amortización.
- 7.- Seguros.
- 8.- Regalías.
- 9.- Empaque.

B.- Costos Indirectos.

- 10.- Gastos de Administración.

11.- Gastos de Ventas.

12.- " " Financieros.

A continuación detallamos cada uno de éstos:

1.- Materias Primas.- Se incluye aquí el 4% de Impuestos Sobre Ingresos Mercantiles, fletes y seguros de transporte y maniobras, además de ser puesto en la planta.

<u>MATERIAL.</u>	<u>TONS./Año.</u>	<u>\$/TON.</u>	<u>COSTO</u>
Mezcla Proteica.	843.6	\$ 6,180.00	\$ 5'213,448.00
Acido Clorhídrico.	1082.4	1,400.00	1'515,360.00
Hidróxido de Sodio.	<u>706.8</u>	<u>1,600.00</u>	<u>1'130,880.00</u>
T O T A L.....			\$ 7'859,688.00

C.- Servicios.- Unicamente aquellos indispensables para fabricar -
704.5 Tons. de Proteínas Hidrolizadas durante 1975.

<u>SERVICIO</u>	<u>CONSUMO POR TONELADA DE PRODUCTO.</u>	<u>NECESIDADES AÑO</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>COSTO ANUAL</u>
Agua de Proceso.	1.710 M3.	1204.7 M ³ .	\$ 1.10 M ³	\$ 1,325.00
Electricidad.	3,200 KW.H.	2,254,400 KW.H	0.55 KWH.	1'239,920.00
V a p o r	88,300 Kg.	62,207.4 Ton.	25.00 Ton.	1'555,185.00
Combustible (n-Butano)	62.4 Kg. (gas)	43.96 Ton.	<u>2,000 Ton.</u>	<u>87,920.00</u>
T O T A L.....				\$2'884,350.00

3.- Mano de Obra y Supervisión.- Consideramos mano de obra directa e indirecta, juntos, ya que estimamos para un año de labores.

a) Mano de Obra Directa

30 Obreros.	\$ 810,000.00
6 Mantenimiento.	<u>194,400.00</u>
	\$1'004,400.00

b) Mano de Obra Indirecta.

1 Gerente.	\$ 250,000.00
3 Administrativos	396,000.00
4 Laboratoristas.	384,000.00
6 Supervisores.	<u>518,400.00</u>
	\$1'548,400.00

TOTAL..... \$2'552,800.00

4.- Mantenimiento.- Consideraremos el 4% del costo de equipo y maquinaria..... \$ 231,418.00

5.- Depreciación.- Debido a que el equipo y edificio sufren -- una pérdida de valor debido a razones de desgaste físico o económico llamado obsolescencia.

Para Edificio será en 15 años..... \$ 120,000.00

Para equipo en 10 años..... " 578,545.00

\$ 698,545.00

D.- Amortización.- Se aplicará sobre todos aquellos bienes que la empresa ha adquirido siendo el 3% del activo diferido \$10,002.00

7.- Seguros.- Representa el 2% anual del valor por asegurar co mo son: Edificio, Equipo, Maquinaria, Terreno, además de - un mes de materia prima y producto terminado.

Seguro anual..... \$ 207,893.00

8.- Regalías.- No serán aplicables ya que la tecnología y asistencia técnica son de la propia empresa.

9.- Empaque.- En la siguiente tabla se encontrará el desglose por producto aplicado para 1975.

<u>PRODUCTO</u>	<u>TONS/AÑO</u>	<u>No. PZAS.</u>	<u>PRECIO UNIT.</u>	<u>COSTO ANUAL</u>
Polvo al 98% Sólidos.	563.2	11,264	\$ 4.75 Pza.	\$ 53,504.00
Pasta " 82% "	35.2	176	140.00 "	24,640.00
Líquido 40% "	105.6	528	140.00 "	73,920.00
TOTAL.....				\$152,064.00

El polvo será empacado en sacos de papel con 3 capas de 80 g/M2. y bolsa interna de polietileno, y la pasta y líquido en tambores de 200 Lts. con tapa y aro, además de bolsas o liner interno de polietileno calibre 210.

B.- Costos Indirectos.- Todos aquellos que la empresa realiza para su funcionamiento.

1).- Gastos de Administración.- Se refiere a los gastos por conceptos como: sueldos del Presidente y funcionarios, impuestos, calefacción, luz, suministros a la oficina, gastos de viaje, automóviles, gastos legales, teléfonos y telégrafos, telex, papelería y correo, correspondiendo al 4% de las ventas.... \$ 845,448.00

2.- Gastos de ventas.- Tales como: Salarios empleados del Departamento, comisiones, publicidad, gastos de oficina como teléfono, telégrafo, papelería, etc., gastos de viaje por ventas, renta de bodegas, almacenes, sucursales, gastos entrega e incobrables, -

se estima el 3% de las ventas..... \$ 634,086.00

3).- Gastos financieros.- Son los intereses que se tendrán que pagar por préstamos a la empresa, siendo el pasivo fijo aplicando el 11% sobre saldos insolutos, así para el primer año será - - -
 $3 \times 10^6 (.11) = \underline{\$ 330,000.00}$
ya que se pagará en 5 años el préstamo.

RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS

C O N C E P T O	C O S T O
Materias Primas.	\$ 7,859,688.00
Servicios	2,884,350.00
Mano de Obra y Supervisión	2,552,800.00
Mantenimiento	231,418.00
Depreciación	698,540.00
Amortización	10,002.00
Seguros	207,893.00
Regalías	-0-
Empaque	<u>152,064.00</u>
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ANUALES.....	\$ 14,596,815.00

RESUMENES COSTOS INDIRECTOS.

GASTOS ADMINISTRACION.....	\$ 845,448.00
GASTOS VENTAS.....	" 634,086.00
GASTOS FINANCIEROS.....	<u>" 330,000.00</u>
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS ANUALES.....	\$ 1'809,534.00

DATOS PARA EL AÑO DE 1975.

COSTO ANUAL TOTAL.....	\$ 16,406,349.00
COSTO MENSUAL.....	\$ 1,367,195.00
COSTO POR TONELADA.....	" 23,287.00

CALCULO DE LAS UTILIDADES O PERDIDAS.

(VALORES EN MILES DE PESOS)

C O N C E P T O	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Toneladas	704.5	737.9	771.3	804.7	838.0	871.5
Ventas Brutas.	21135	22137	23139	24141	25140	26145
5% por I.S.I.M. y deduc ciones.	1056	1106	1156	1207	1257	1307
Ventas Netas.	20079	21031	21983	22934	23883	24838
COSTOS FIJOS.						
Depreciación	698.6	698.6	698.6	698.6	698.6	698.6
Amortización.	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
Mantenimiento.	231.4	231.4	231.4	231.4	231.4	231.4
Seguros.	207.9	207.9	207.9	207.9	207.9	207.9
TOTAL COSTOS FIJOS	1148.1	1148.1	1148.1	1148.1	1148.1	1148.1
COSTOS VARIABLES.						
Materias Primas.	7859.7	8232.3	8604.4	8977.0	9347.7	9720.7
Servicios.	2884.4	3021.1	3157.6	3294.3	3430.4	3567.3
Empaque.	152.1	159.3	166.5	173.7	180.8	188.0
Mano de Obra.	2552.8	2673.8	2794.8	2915.8	3036.5	3157.9
	13449.0	14086.5	14723.3	15360.8	15995.4	16633.9
OTROS GASTOS.						
Gastos Financieros.	330.0	264.0	198.0	132.0	66.0	-0-
Gastos Admon.	845.5	885.5	925.6	965.6	1005.6	1045.8
Gastos Ventas.	634.1	664.1	694.2	724.2	754.2	784.4
	1809.6	1813.6	1817.8	1781.8	1825.8	1830.2
TOTAL COSTOS VARIABLES.	15258.6	15900.1	16541.1	17142.6	17821.2	18464.1
GASTOS TOTALES	16406.7	17048.2	17689.2	18290.7	18969.3	19612.2
UTILIDAD BRUTA.	3672.3	3982.8	4293.8	4643.3	4913.7	6373.9
*IMPUESTO 50%	1836.2	1991.4	2146.9	2321.7	2456.9	3186.9
UTILIDAD NETA.	1836.2	1991.4	2146.9	2321.7	2456.9	3186.9

(*) ESTE PORCENTAJE INCLUYE EL IMPUESTO SOBRE LA RENTA MAS EL REPARTO DE UTILIDADES.

DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD DEL NEGOCIO.

De la tabla anterior conoceremos por años los siguientes conceptos.

$$A = \frac{\text{Utilidad Neta.}}{\text{Inversión Total.}}$$

$$B = \frac{\text{Utilidad Neta.}}{\text{Capital Social.}}$$

$$C = \frac{\text{Utilidad Neta.}}{\text{Ventas Netas.}}$$

CONCEPTO	1975	1976	1977	1978	1979	1980
A	13.7	14.8	15.9	17.3	18.3	23.7
B	23.8	25.8	27.8	30.1	31.8	41.3
C	9.1	9.5	9.8	10.1	10.3	12.8

Ya que el capital invertido es de \$13,446,826.00 la recuperación - será en 5.6 años.

ESTUDIO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

DEFINICION: El análisis del equilibrio implica que en determinado punto de las operaciones el ingreso total iguala al costo total: - llamando a éste punto de equilibrio.

a).- Determinación por método analítico:

Ecuaciones.

$$y = a + b x \text{ ----- (1)}$$

y = gasto total..... \$ 19,612,200.00

a = gastos totales fijos..... 1,148,100.00

b = relaciones entre ventas y gastos variables

x = Ventas netas..... 24,838,000.00

$$\text{Así que } b = \frac{y - a}{x} = \frac{18464.1}{24838} = 0.743$$

Substituimos en la ecuación (1)

$$y = 1148\ 100 + 0.743\ x$$

Cuando las dos rectas se intersectan la ecuación queda:

$$x = a + b\ x \quad \text{Ya que } y = x$$

$$\text{Despejamos } x = \frac{a}{1-b}$$

$$x = \frac{1148.1}{1-0.743} = \$4,467,315.20$$

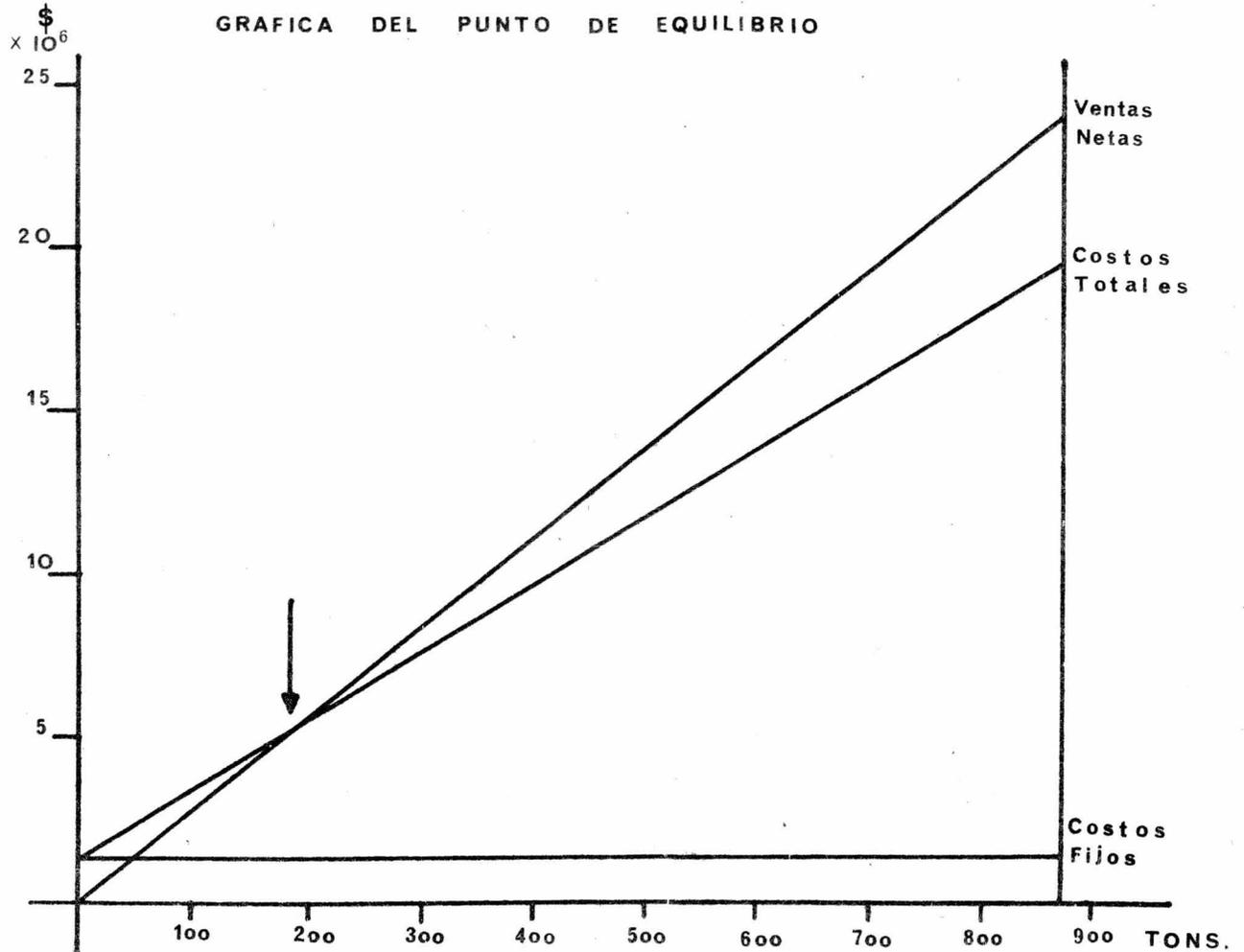
El punto de equilibrio será cuando las ventas anuales alcancen un volúmen de \$4,467,315.20 anuales que son 191.8 Tons. de producto terminado.

b).- Método gráfico.- Consiste en intersectar la línea de costos totales con la de ventas netas.

Costos fijos.....	\$ 1,148,100.00
" variables.....	" 18,464,100.00
Ventas Netas.....	" 24,838,000.00
Costos totales.....	" 19,612,200.00
Toneladas para 1980.....	871.5 toneladas -- producto.

Adjunto encontraremos una gráfica confirmando el método analítico.

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



C A P I T U L O V I I

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

VII.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación mencionaremos los resultados obtenidos que definen al proceso.

1o.- Se establece la hidrólisis ácida como vía de obtención de proteínas vegetales hidrolizadas.

2o.- Las condiciones de operación serán a 1.0 Kg/cm². de presión y 117°C de temperatura.

3o.- La mezcla óptima para trabajar será:

Germen de maíz.....	10.71%
Gluten de maíz.....	59.28%
Harina de soya.....	30.00%

4o.- Los requerimientos de materias primas por tonelada de producto serán:

Mezcla Proteica.....	1,197.6 Kg.
Acido Clorhídrico.....	1,536.6 Kg.
Hidróxido de Sodio.....	1,003.4 Kg.

5o.- Los servicios necesarios para fabricar una tonelada de producto son:

Vapor.....	88.300 Tons.
Electricidad.....	3,200 KWH.
Agua.....	1.710 M3.

6o.- En base al estudio económico, resulta ser un negocio rentable.

7o.- Dado todo lo anterior el llegar a realizar este tipo de empresas sería benéfico para México por aportar productos de buena calidad en su contenido proteico para consumo humano, contribuye con el Estado en la aportación de impuestos, crea fuentes de trabajo y fomenta las exportaciones.

C A P I T U L O V I I I

B I B L I O G R A F I A

- ALAN S. FOUST. PRINCIPLE OF UNIT OPERATIONS, WILEY-TOPPAN COMPANY,
LTD, TOKIO, JAPAN, (1960) 2a. Ed.
- ALDRED E. GOOSSENS.- PROTEIN FOODS-FLAVORS AND OFF-FLAVORS (FOOD -
ENGINEERING, OCTOBER 1974).
- ALOIS X SCHMIDT.- MATERIAL AND ENERGY BALANCES PRENTICE-HALL, INC.
ENGLEWOOD CUFFS, N.J. (1962).
- DONAL Q. KERN.- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. 3a. ED. (1970)
C.E.C.S.A.
- D.W. BELCHER, D.A. SMITH AND E.M. COOK.- DESIGN AND USE OF SPRAY -
DRYERS. (CHEMICAL ENGINEERING.- SEPTEMBER 30 1963).
- HECTOR M. ESPINOSA BERRIEL.- PROGRAMACION LINEAL. SEXTA EDICION --
EDITORIAL PAX-MEXICO (1975).
- INN.- VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS MEXICANOS. Publicación de -
la División de Nutrición. L-12 6a. Ed. (1974) Instituto Nacio
nal de la Nutrición, México.
- J.B.S. BRAVERMAN.- INTRODUCCION A LA BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS.-
Ediciones Omega, S. A.- Barcelona (1967).
- JOHN H. PERRY.- CHEMICAL ENGINEERS'HANDBOOK.- Fourth Edition.- - -
McGRAW-HILL BOOK COMPANY (1963).

Mc CABE & SMITH UNIT OPERATIONS OF CHEMICAL ENGINEERING MC GRAW -
HILL KOGAKUSHA LTD. TOKIO, JAPAN (1967).

MORRISON AND BOYD.- ORGANIC CHEMISTRY. SECOND EDITION. (1969) - --
ALLYN AND BACON, INC.

PETER MAX S. & TIMMERHANS KLAUS D.- PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR
CHEMICAL ENGINEERS. 2a. ED. Mc GRAW HILL, KOGAKUSHA Co. LTD.-
(1968).

SAUL I. GASS.- PROGRAMACION LINEAL. 2a. IMPRESION EN ESPAÑOL.- --
C. E. C. S. A. (1972).

WALTER RAUTENSTRAUCH A. VILLERI.- ECONOMIA DE LAS EMPRESAS INDUS--
TRIALES. FONDO DE CULTURA ECONOMICA, MEXICO, D. F. (1961).