

**Posibilidades de Elaborar Alimentos Proteínicos de Bajo Precio por el Sistema de Extrusión en México**

**Análisis Técnico-Económico**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO QUIMICO**

p r e s e n t a :

**LUIS MARIN CARAPIA**

1977





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

J J R A D O

Presidente	Prof. ENRIQUE GARCIA-GALIANO PEREZ
Vocal	Prof. EDUARDO ROJO Y DE REGIL
Secretario	Prof. ANGELA SOTELO LOPEZ
1er. Suplente	Prof. RUBEN BERRA GARCIA COSS
2o. Suplente	Prof. MARIO RAMIREZ Y OTERO

Sitió donde se desarrolló el tema:

Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, A.C.

Sustentante

LUIS MARIN CARAPIA

Asesor de tema

ENRIQUE GARCIA GALEANO

## RECONOCIMIENTOS

Deseo expresar mi mas sincera gratitud al personal docente y técnico de la Facultad de Química de la UNAM, del Instituto Mexicano de Investigaciones - Tecnológicas A.C., al Instituto de Tecnología de Alimentos de Campinas, S.P. Brasil y muy especialmente a la Facultad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Estadual de Campinas, S.P. Brasil, por las innumerables enseñanzas y experiencias que recibí durante mi estancia en cada una de esas instituciones, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

De igual forma, quiero agradecer los esfuerzos realizados por mis padres, el Sr. Prof. Luis Marín Copantitla y la Sra. Emelia Carapia de Marín, para que yo pudiera concluir mis estudios en la Universidad, agradecer el apoyo de mis hermanas Yolanda y Marta y muy especialmente el aliento e inspiración que continuamente recibí de mi esposa Luzia Estela y de mi hija Carolina.

# I N D I C E

	Pág.
LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE GRAFICAS Y DIAGRAMAS	iv
INTRODUCCION	v
1. ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSION APLICADO A SOYA Y CEREALES	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción de equipo de extrusión	11
1.3 Control de inhibidores del crecimiento	
1.3.1 Inhibidores del crecimiento	14
1.3.2. Parámetros para determinar la eficiencia del tratamiento térmico	22
1.4 Valor nutritivo y características finales de los productos de soya y cereales obtenidos por el sistema de extrusión	26
1.5 Productos que actualmente se elaboran por el sistema de extrusión	47
2. PROCESOS DE ELABORACION DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR NUTRITIVO QUE EMPLEAN EL SISTEMA DE EXTRUSION.	
2.1 Proceso para elaboración de harina de soya integral	50
2.2 Proceso para elaborar productos texturizados con pasta de soya.	58
2.3 Proceso para elaborar productos texturizados a base de mezclas de pastas de oleaginosas y cereales	65

	Pág.
3. SITUACION ACTUAL DEL MERCADO NACIONAL PARA LOS PRODUCTOS DE ALTO VALOR PROTEICO OBTENIDOS POR EXTRUSION	
3.1 Consumo nacional aparente y nivel de consumo previsto	76
3.2 Productos elaborados por el sistema de extrusión o similares que existen en el mercado nacional	79
4. PRODUCTOS BASE PROPUESTOS PARA OBTENERSE POR EL SISTEMA DE EXTRUSION AL INICIO DE OPERACIONES DE UNA PLANTA PROPUESTA	
4.1 Harina de soya integral	85
4.2 Alimentos expandidos con alto contenido de proteínas	
4.2.1 Alimentos tipo botanas	88
4.2.2 Alimentos substitutos de la carne (texturizados)	92
4.3 Niveles socio económicos a que se destinará estos productos	95
5. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA Y SU LOCALIZACION MAS FACTIBLE	
5.1 Disponibilidad actual de materias primas	96
5.2 Capacidad de la planta	99
5.3 Localización más factible	101

	Pág.
6. DETERMINACION DE LA INVERSION TOTAL PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE LA PLANTA	
6.1 Estimación de la Inversión Fija	103
6.2 Estimación del Capital Circulante	114
6.3 Inversión Total	119
7. ANALISIS DE LA VIABILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO	
7.1 Costo total de producción	120
7.2 Rentabilidad de la inversión	131
7.3 Estimación de la capacidad mínima económica	134
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	141

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1.- Origen y consumo de proteínas en diversas regiones y países	2
2.- Principales componentes de la soya	4
3.- Balance de aminoácidos esenciales en la proteína de soya	5
4.- Relación de eficiencia de la proteína (PER) con valores analíticos de harina de soya integral preparada variando las condiciones de extrusión	24
5.- Valores PER de un producto a base de soya obtenido por extrusión en diferentes condiciones para alimentación de ratas	28
6.- Correlación de valores PER con los de IT, AU y ISN en ratas alimentadas con harina de soya extruida	29
7.- Composición química media de una harina de soya preparada por extrusión	30
8.- Alimentación de pollos con raciones a base de soya	31
9.- Ingredientes de una fórmula a base de soya y arroz	34
10.- Composición de los alimentos evaluados con respecto a "sobee" y leche	35

LISTA DE TABLAS (continuación)

	Pág.
11.- Relación de eficiencia de proteína (PER) y relación de eficiencia del alimento (PER) de las fórmulas en infantes	37
12.- Análisis sensorial de una harina de soya obtenida por extrusión con diferentes tratamientos y con diferentes períodos de almacenamiento	41
13.- Valor peróxido de una harina obtenida por extrusión con diferentes tratamientos y con diferentes períodos de almacenamiento	43
14.- Comparación de la estabilidad de una harina de soya obtenida por extrusión con y sin la adición de anti oxidantes	45
15.- Composición típica de la harina de soya "Full-Fat" obtenida por métodos tradicionales	56
16.- Análisis de una harina de soya "Full-Fat" preparada por extrusión	57
17.- Especificaciones sobre la composición de la pasta de soya	60
18.- Valor nutritivo de mezclas de cereales y oleaginosas preparadas por extrusión	73
19.- Características de una mezcla típica preparada por extrusión	74
20.- Composición aproximada de los alimentos expandidos tipo botanas	89

LISTA DE TABLAS (continuación)

	Pág.
21.- Programación de la producción con el equipo de extrusión	100
22.- Lista del equipo principal (Em) de la planta	109
23.- Resumen de los conceptos considerados para la estimación de la inversión fija de la planta de productos alimenticios obtenidos por extrusión	113
24.- Costo de la materia prima para un mes de producción	115
25.- Costo de producción mensual de la planta	116
26.- Valor de la producción mensual y anual	117
27.- Consumo y costo de materias primas	121
28.- Servicios necesarios para la elaboración de los tres productos	124
29.- Costo total de los productos	130
30.- Utilidad bruta por ventas	132
31.- Estimación de la rentabilidad del proyecto	133
32.- Costos fijos y variables para determinar la capacidad mínima económica de la planta	135

## LISTA DE GRAFICAS Y DIAGRAMAS

	Pág.
1.- Sistema de extrusión con preacondicionador para procesar soya sin desengrasar	12
2.- Extrusor de cinco cabezas	12
3.- Sistema de extrusión con controles automáticos	15
4.- Proceso de obtención del harina de soya integral por el sistema de extrusión	51
5.- Proceso industrial para la obtención de aceite crudo y pasta de soya	59
6.- Proceso patentado para obtener alimentos tipo botana a base de harina de soya	62
7.- Proceso patentado para obtención de un alimento expandido con 70% de proteínas	64
8.- Balance de materiales para la producción de una tonelada de harina de soya integral	87
9.- Balance de materiales para la producción de una tonelada de alimento expandidos tipo botanas	91
10.- Balance de materiales para la producción de una tonelada de alimentos texturizados substitutos de carne	94
11.- Gráfica del punto de equilibrio global de la capacidad mínima económica de la planta	136

## INTRODUCCION

Ante la crisis de productos alimenticios que se esta re sintiendo en todo el mundo, se han planteado diversas alterna- tivas para resolver ese creciente problema. Una de las más via- bles parece ser la creación de alimentos con alto valor nutri- tivo, preparados mediante proteínas de origen vegetal.

Las oleaginosas y las pastas de oleaginosas nos propor- cionan una materia prima muy adecuada para lograr tales propó- sitos, ya que en general tienen un alto contenido de proteínas que complementadas en forma conveniente pueden usarse para ela- borar alimentos bien balanceados, que puedan consumirse junto con alimentos tradicionales o que substituyan satisfactoriamente a otros de precio elevado.

Uno de los medios que actualmente esta teniendo mucha aplicación para lograr tales objetivos en forma económica es el sistema de cocimiento de proteínas vegetales a altas tempe- raturas aplicadas en períodos relativamente cortos, denominado cocido por extrusión.

Tal sistema se desarrolló en Estados Unidos y se ha per- feccionado continuamente, a la vez que se ha investigado nue- vas aplicaciones con el objeto de producir alimentos nutriti- vos de mayor aceptación para el ser humano.

Actualmente, el sistema se encuentra en un punto tal que pueden variarse gran número de condiciones del proceso de manera que prácticamente puede seleccionarse la forma, tamaño, textura, densidad, humedad y tratamiento térmico de los productos finales para hacerlos lo mas atractivos posible a los consumidores.

Por esas razones, se consideró de interés efectuar un estudio del mencionado sistema para obtener alimentos con alto valor nutritivo adecuados para la población de escasos recursos en México.

Por tanto, el objetivo de la presente tesis es estudiar los aspectos técnicos, nutricionales y económicos del proceso de extrusión aplicado en soya y cereales, como un medio para la obtención de alimentos con alto valor nutritivo, a bajo costo y que presenten buenas posibilidades de aceptación en nuestro medio.

En primer término se revisa el aspecto tecnológico analizando los principios bajo los que opera este sistema, sus limitaciones y forma de operación como equipo básico en un sistema integral para obtener los productos terminados con las características antes mencionadas.

El aspecto nutricional de los alimentos producidos bajo este sistema fue motivo de una especial revisión, analizando

en forma detallada las condiciones óptimas de procesamiento y las combinaciones entre oleaginosas y cereales para obtener - alimentos con alto valor biológico para el consumo humano.

Para la selección de los productos a obtener, se efectuó un análisis de los de mayor relevancia, que se están produciendo a escala industrial o a escala experimental por el sistema de extrusión en diversas partes del mundo, haciendo mención de los principales procesos.

Determinado lo anterior, se efectuó una estimación económica detallada sobre la producción a escala industrial de los productos alimenticios seleccionados en el estudio técnico, proporcionando resultados que muestran la viabilidad que existe actualmente en México para un proyecto de esta naturaleza.

1. - ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSION  
APLICADO A LA SOYA Y CEREALES.

## 1.1.- Antecedentes

Desde los primeros estudios sobre la deficiencia de proteínas en la dieta de muchos pueblos, se ha enfatizado la utilidad de las proteínas de semillas oleaginosas, leguminosas y cereales para complementar los alimentos en la dieta humana. Por otra parte, bioquímicos y nutricionistas han hecho evidente la necesidad de producir alimentos con un balance adecuado de aminoácidos, a base de las proteínas vegetales de que se disponga localmente. A este respecto puede decirse que actualmente se conoce mucho acerca de los métodos para controlar los factores antibiológicos encontrados en muchos vegetales y esencialmente en leguminosas.

No obstante, se han efectuado relativamente pocos estudios para determinar las combinaciones más adecuadas de leguminosas, oleaginosas y/o cereales, que puedan elaborarse por procedimientos industriales con el objeto de mejorar el aprovechamiento de la materia prima que se disponga, para obtener alimentos con buena aceptabilidad que posean además un alto valor nutritivo y un precio menor que el de los alimentos a base de proteína animal.

Por otra parte, sabemos que el consumo de proteínas en muchos países de América Latina, Africa y Asia, se encuentra muy por abajo del consumo en países desarrollados, en la Tabla 1 puede apreciarse que los primeros tienen un consumo que va

TABLA 1

ORIGEN Y CONSUMO DE PROTEINAS EN DIVERSAS REGIONES Y PAISES

- Consumo per cápita y per día -

Región o país	Calorias	Proteínas de	Proteínas de	Total de
		origen animal	origen vegetal	proteínas
		Gramos	Gramos	Gramos
Oceanía	3,230	63.9	31.5	95.4
Estados Unidos	3,140	65.3	27.8	93.1
Europa Oriental	3,180	32.4	56.7	89.1
Europa Occidental	3,020	45.4	41.9	87.5
Argentina y Uruguay	3,090	50.5	37.0	87.5
Asia Oriental	2,350	20.5	54.6	75.1
Brasil	2,780	19.4	49.4	68.8
México	2,500	21.3	45.0	66.3
Este y Sur de Africa	2,270	15.0	49.8	64.8
China	2,010	8.2	50.5	58.7
Norte y Oeste de Su damérica.	2,220	22.2	36.3	58.5
Africa Central y Oeste	2,120	7.8	46.9	54.7
Sur de Asia	2,020	6.4	43.0	49.4
Sureste de Asia	2,040	7.1	33.6	40.7
Países en desarrollo	2,140	10.7	46.9	57.6
Países desarrollados	3,070	48.3	40.8	89.1
Promedio mundial	2,380	21.0	45.1	66.1

FUENTE: R.A. Lawrie "Proteins as Human Food"  
The AVI Publishing Co., USA. 1970 p. 4.

desde 40 hasta 70 gramos de proteína al día per cápita, comparado con 90 gramos consumidos como promedio en los países desarrollados (1). Las diferencias tan notables y críticas en algunos casos, solo podrán reducirse mediante un aumento en el consumo de proteínas de origen vegetal ya que actualmente nos enfrentamos al hecho de que la proteína de origen animal es cada vez más cara y escasa.

Uno de los métodos que actualmente se adaptan más satisfactoriamente para el estudio y elaboración de productos alimenticios a base de proteínas de origen vegetal es el sistema de cocido por extrusión, el cual es capaz de controlar a los inhibidores del crecimiento lábiles al calor, que contienen algunos vegetales como la soya, eliminando el sabor y olor desagradables además de facilitar la mezcla de los ingredientes que intervienen en cada producto, saliendo del extrusor con el cocimiento requerido y completamente homogeneizados(2).

En el desarrollo de este estudio se eligió como materia prima base a la soya, debido principalmente a su relativo bajo costo aunado a su alto valor nutricional especialmente por su elevado contenido de proteína de buena calidad, Tablas 2 y 3.

A la soya en la actualidad se le considera como uno de los alimentos energéticos mejores y más baratos en términos de calorías por costo unitario de producción, además de que su

TABLA 2

PRINCIPALES COMPONENTES DE LA SOYA

Componente	Grano	Pasta
	%	%
Proteína	40.3	51
Carbohidratos	21.0	38
Grasa	28.2	1.5 máx.
Fibra cruda	4.9	3.2
Cenizas	5.52	5.8

FUENTE: S. Kawamura Proceeding of International  
 Conference on Soybean Protein Foods.  
 U.S.D.A., ARS-71-35 1967 p. 249.

TABLA 3

BALANCE DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA PROTEINA DE SOYA

Componente	Grano			Pasta		
	mg/g de N. Total*	mg/100 g de alimento*	g/16 g de N.**	A*	B*	C**
Humedad (%)		8.0			8.0	
Nitrógeno ( g/100 g)		6.65			8.06	
Factor de conversión (N)		5.71			5.71	
Proteína ( g/100 g)		38.0			46.0	
Isoleucina	284	1,889	4.5	302	2,434	4.8
Leucina	486	3,232	7.8	489	3,941	7.8
Lisina	399	2,653	6.4	380	3,063	6.1
Metionina	79	525	1.3	89	717	1.4
Cistina	83	552	1.3	104	838	1.7
Fenilalanina	309	2,055	4.9	313	2,523	5.0
Tirosina	196	1,303	3.1	237	1,910	3.8
Treonina	241	1,603	3.9	257	2,152	4.3
Triptófano	80	532	1.3	96	774	1.5
Valina	300	1,995	4.8	327	2,636	5.2
Total de aminoácidos esenciales	2,457	16,339		2,604	20,988	
Total de aminoácidos	6,157	40,945		6,342	51,117	

FUENTE: \* Amino acid content of foods and biological data on proteins.

Nutritional Studies No. 24, FAO, Roma 1970. p.56

\*\* Mismo título, FAO, 1968. p.16.

proteína puede consumirse directamente como alimento para humanos sin necesidad de convertirlo a carne por medio de animales de granja, como sucede normalmente con otros tipos de proteínas vegetales.

El principal obstáculo al uso de la soya en gran escala como una fuente de alimentos para el hombre había sido su sabor amargo y su objeccionable olor y color, además de los factores antinutricionales que presenta la soya en su estado original. Otra objeción ha sido la pobre calidad de conservación de los productos de soya, con una marcada tendencia a la rancidez durante su almacenamiento a temperatura ambiente, especialmente en los elaborados a base de soya integral.

Los numerosos esfuerzos para mejorar el sabor amargo, su olor, color y calidad de conservación de los productos de soya datan desde la antigua China hasta el tiempo presente, no habiéndose encontrado una completa solución ni satisfacción a los requerimientos de los estándares modernos para alimentos, especialmente en los Estados Unidos.

Un estudio de los sistemas actuales y en particular de la literatura de patentes, revela que los métodos de refinación de soya sugeridos a la fecha pueden agruparse en función del medio que cada método emplea.

Un grupo consiste en eliminar o modificar los constituyentes de mal sa bor u olor de la soya por medios físicos aplicados en forma particular o en una gran variedad de combinaciones, siendo las más comunes: ca lentamiento, humidificación, remojado o lavado en agua, tratamientos a vacío o a presión con un medio protector o gas inerte así como protec ción contra la oxidación durante el procesamiento.

Otro grupo de procedimientos enfocados al mejoramiento y modi ficación del olor y sabor, con más o menos buenos resultados emplea - medios químicos. Los reactivos químicos más usados por tales métodos son: agentes oxidantes (peróxido de hidrógeno), agentes reductores ( for maldehído, acetaldehído), agentes protectores de la desnaturalización - (vapores de alcohol etílico), agentes neutralizantes ( vapores de amonio), agentes acidulantes y sales de metales para fijar o precipitar los cons - tituyentes responsables del sabor y olor indeseables en la soya (3).

Existe otro método enfocado también a la neutralización del sabor amargo y mal olor, efectuando una reacción de los principios indeseables de la soya con principios desconocidos contenidos en las partículas de - aleurona del trigo, mezclándolos y sometiénolos a una molienda en pre sencia de humedad (3).

Pero a la fecha, como antes ya se mencionó, uno de los procesos que han resultado más efectivos en el control de características indeseables en oleaginosas y en especial en la soya, es el método de extrusión.

/ El proceso de extrusión para procesar soya y cereales separados o combinados, fue desarrollado por la firma Wenger Mixer - - Manufacturing de los Estados Unidos. El equipo de extrusión se uso por primera vez en 1961 con el fin de transformar directamente a la soya en una harina integral para usarse como complemento en alimentos balanceados para animales. El valor nutricional de estos alimentos fue probado en la Universidad de Purdue de los Estados Unidos, mediante la alimentación controlada de cerdos, con una dieta basada principalmente en soya integral procesada por el método de extrusión. Los resultados que se obtuvieron - en lo referente a aumento de peso y eficiencia de proteínas, fueron comparables a los que produce la pasta de cártamo desgrasada, acompañada de minerales, vitaminas y substancias grasas.✓

Posteriormente, con base en los experimentos de la Universidad de Purdue, se pensó en aplicar el proceso de cocimiento por extrusión, a la soya para elaborar un producto comestible de soya integral para alimentación humana, pudiendo con esto proporcionar proteína de alto valor

biológico y energético a bajo costo, adecuado para mejorar -  
la dieta de los pueblos en desarrollo.

Con tal motivo, en 1961 la UNICEF patrocinó un proyecto para ser estudiado en colaboración con la Wenger Mixer Manufacturing, para de -  
sarrollar y evaluar un proceso simplificado de cocimiento por extrusión,  
en la producción de harina integral de soya destinada a la alimentación -  
humana. Con ese propósito se efectuaron gran número de pruebas experi\_  
mentales con harina de soya integral, variando la humedad, temperatura  
y tiempo de calentamiento, en equipo de tamaño industrial. Los mejores  
productos se sometieron a análisis químicos y bacteriológicos, a exáme\_  
nes biológicos y clínicos, con el fin de determinar las condiciones óptimas  
del procesamiento mecánico.

Los principales objetivos que se fijaron para el desarrollo de un  
sistema de cocimiento de soya fueron: *OBJECTIFS,*

- a) Obtener una harina cocida con alto valor biológico.
- b) Proporcionar un tratamiento térmico de manera que inactive  
*V* los inhibidores del crecimiento, sin afectar el valor biológico  
de la proteína o su solubilidad.
- c) Producir un producto de sabor suave y agradable al paladar,  
o sea, exento del sabor a frijol amargo.

- d) Lograr un producto que pueda tener una vida de mostrador adecuada, sin refrigeración, por lo menos de un año, a más o menos 25°C.
- e) Obtener productos con patrones aceptables de sanidad, sin contaminación.
- f) Emplear un proceso económico, que pueda efectuarse con poca mano de obra y con equipo reducido.

Los resultados de ese estudio, sirvieron de base para la integración de un proceso completo para la obtención de productos alimenticios a base de soya. Por su parte, la compañía fabricante de los extrusores ya tiene una amplia gama de estos, con diferentes capacidades y aplicaciones.

## BIBLIOGRAFICO

### 1.2. - Descripción del equipo de extrusión.

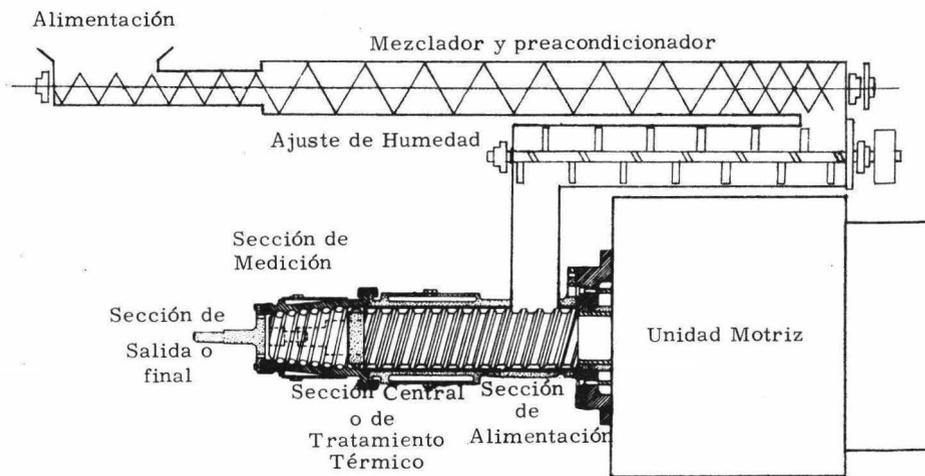
El equipo de extrusión, como ya se indicó anteriormente fue desarrollado por la firma Wenger Mixer Manufacturing en 1961, basado en el equipo de extrusión que se usa normalmente en la industria de los plásticos.

La unidad de extrusión en si, está constituida básicamente de cuatro secciones, provistas de camisas de calentamiento y enfriamiento, denominando a cada una de esas secciones de la siguiente manera; sección de alimentación, sección central, sección de medición y sección de salida o final ( Figuras 1 y 2).

Cada una de esas secciones está constituida por una o varias "cabezas" huecas o camisas, por donde se hace circular vapor a alrededor de 150 psi o agua, de manera que regulando el flujo de ambos se pueden obtener las condiciones de temperatura requeridas por el material específico que se este procesando.

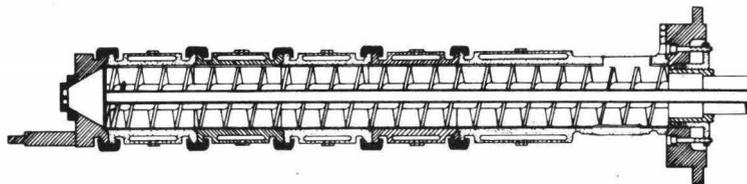
Al centro, en el interior de estas secciones gira a alta velocidad un transportador helicoidal el cual por su forma divergente incrementa la presión a medida que el material avanza hacia la sección de salida. En los extrusores mayores el transportador helicoidal tiene hueca la rosca por

FIGURA 1 .- SISTEMA DE EXTRUSION CON PREACONDICIONADOR PARA PROCESAR SOYA SIN DESGRASAR



- 12 -

FIGURA 2 .- EXTRUSOR DE 5 CABEZAS



Fuente: Catálogo de la firma Wenger Manufacturing, No. 66-771

donde se introduce vapor de 20 a 50 psi como un medio de calentamiento adicional, en los extrusores de menor tamaño, el calentamiento se efectúa solo mediante camisas exteriores.

Adicionalmente, el extrusor cuenta con un sistema de ajuste del contenido de humedad, equipado con un ducto con muchos orificios para la distribución de vapor o agua directamente en el material.

Además de esos componentes, cuando se va a extruir soya integral, se hace necesario el uso de un preacondicionador en el cual se le da a la soya un tratamiento con calor seco de 90 a 100°C ( Figura 1).

Por el proceso de extrusión, el material alimenticio, se somete a un calentamiento elevado ( aproximadamente 120°C) solo por pocos segundos, obteniéndose un cocimiento casi instantáneo, en operación continua, causando pocos daños a los factores nutricionales sensibles al calor.

La temperatura del material en la sección final del equipo, si bien alcanza niveles por encima de los de la ebullición del agua a presión atmosférica, no produce evaporación del agua contenida en el material sino hasta que la presión se abate bruscamente en el orificio de salida, produciendo una expansión del producto final, que tendrá una estructura celular abierta y una forma cilíndrica.

En lo referente a los orificios de salida del extrusor, actualmente ya se cuenta con una gran variedad de diseños con los cuales se puede dar al producto final la forma de estrella, anillo, cilindro, cubo, esférico, etc, dependiendo del uso a que se destine el producto.

En lo que respecta a equipo de medición y control, también se encuentra disponible una amplia gama de instrumentos, desde manómetros y termopares para determinar la presión y la temperatura en cada una de las secciones hasta sistemas de control automáticos que controlan simultáneamente, la velocidad de alimentación, humedad, temperatura y presión de cada una de las secciones, temperatura de preacondicionamiento, amperaje, etc. Un extrusor con ese tipo de controles se presenta en la Figura 3.

Actualmente existen extrusores de gran tamaño, con capacidades mayores a las 5 toneladas por hora controlados totalmente por sistemas automáticos.

### 1.3. - Control de inhibidores del crecimiento.

#### 1.3.1. - Inhibidores del crecimiento.

La soya y algunas otras leguminosas contienen inhibidores del crecimiento que pueden ser destruidos o inactivados mediante técnicas de procesamiento adecuadas. Por siglos, antes de que se conociera la existencia de las proteínas se usaba y se reconocía el valor alimenticio de las semillas oleaginosas como la soya. No obstante se sabía que la soya cruda no promueve el

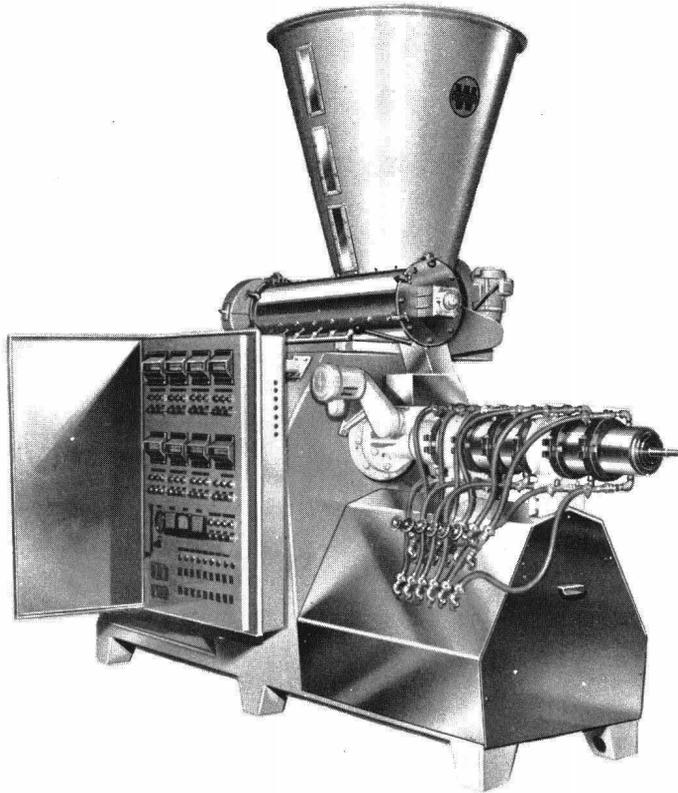


FIGURA 3. - SISTEMA DE EXTRUSION CON CONTROLES AUTOMATICOS

Fuente : Catálogo de la firma Wenger Manufacturing,  
No. 25-1.1 SP

Equipo de extrusión Modelo X-25CF

crecimiento de animales que poseen un sistema digestivo monogástrico. Actualmente se sabe que los principales causantes de tal efecto son en primer término el inhibidor de tripsina, la hemaglutinina, la lipoxidasa y el factor goitrogénico (4).

Liener (5, 6, 7, 8), Borchers (9), Lepkovsky (10, 11), Rackis (12), Neshein et al (13), han reportado resultados de sus investigaciones sobre los aspectos nutricionales de esos inhibidores del crecimiento y sobre los métodos más convenientes para su control.

El inhibidor de tripsina se considera como el principal inhibidor al crecimiento. La tripsina es una enzima proteolítica necesaria en la digestión de las proteínas (14,15).

El inhibidor de tripsina es una proteína termosensible, con un peso molecular de 21,500 , compuesta de 194 aminoácidos (16, 17). Inhibe la actividad proteolítica de la tripsina disminuyendo de esta manera la liberación de aminoácidos y su disponibilidad para ser absorbidos. Este inhibidor causa además una hipertrofia del páncreas y otros cambios intestinales (17).

El inhibidor de tripsina puede inactivarse mediante la aplicación de calor húmedo.

La hemaglutinina\*, es un componente tóxico que tiene la capacidad de aglutinar a los glóbulos rojos de la sangre de los animales y del hombre. Su peso molecular es de 89,000 a 105,000 ( 16, 17). Algunos experimentos - efectuados con ratas han indicado que la hemaglutinina de soya es responsable por la reducción de casi un 50% del crecimiento (7). Es también una proteína fácilmente inactivada por un tratamiento térmico (17).

La lipoxidasa es una enzima que puede oxidar y destruir al caroteno y es la enzima de enlace de grasas, de particular importancia en la formación de polos de atracción de lípidos ( a su vez repelentes al agua) en la - proteína del gluten de la soya y algunas otras leguminosas. Por lo tanto la lipoxidasa debe controlarse, si bien en una forma en la cual permita usar sus útiles propiedades de enlace de grasas y blanqueo de la masa, por ejemplo cuando se combinan proteínas de soya "full-fat" con harinas de cereales para la preparación de pan o para obtener productos alimenticios por un cocido - simultáneo por extrusión.

Como la lipoxidasa es especialmente sensible a la inactivación por calor, su manejo requiere de un cuidadoso control **cuando** la habilidad

---

\* También llamada lectina, fitohemaglutina o soyina (15).

de enlace de grasas y de blanqueo de esta enzima van a emplearse antes de ser inactivada.

Cuando se inactiva la lipoxidasa, **es** destruido el sabor a frijol amargo característico de la soya, el cual puede considerarse por sí mismo como un inhibidor al crecimiento. La inactivación de esta enzima se logra con un adecuado tratamiento térmico (15).

El factor goitrogénico causa deficiencia de yodo, pero en general puede establecerse que la proteína de soya sin tratamiento térmico incrementa los requerimientos de ciertos minerales y vitaminas en los animales y en el hombre. La deficiencia de yodo causada por el factor goitrogénico, requiere de especial cuidado ya que ocasiona un agrandamiento de la glándula tiroides. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que una cantidad tan pequeña - como 20 microgramos de yodo por kilogramo de alimento puede compensar el efecto de este factor. Además, se demostró que el factor goitrogénico se relaciona parcialmente al contenido de grasa de la soya y que se destruye en mayor proporción por efecto de vapor directo que por un tratamiento en autoclave (18).

La inactivación térmica de los inhibidores al crecimiento se ha estudiado por muchos años habiéndose probado muchos métodos para determinar los procedimientos óptimos de control. Por otra parte, también se ha demostra

do que un sobrecalentamiento de la soya tiene un efecto destructivo en varios aminoácidos, particularmente en la lisina, arginina, triptófano y -cistina. En el caso de las vitaminas, a menos que el calor se use en forma muy cuidadosa, también pueden ser destruidas ya que algunas de ellas son lábiles al calor. Las vitaminas del grupo B y el ácido ascórbico son particularmente susceptibles a ser dañados por el calor (15).

Actualmente se sabe que la temperatura y el tiempo de calentamiento están íntimamente relacionados en el tratamiento térmico de la proteína de soya para controlar los inhibidores al crecimiento sin causar daños al valor nutritivo del producto. La temperatura para destruir a los mencionados inhibidores lábiles al calor es alta, pero produce un daño mínimo a la proteína cuando se aplica por períodos de tiempo muy cortos.

De manera que la brevedad del período en la máxima temperatura es más importante que ningún factor en la obtención de proteína de óptima calidad. Un tratamiento térmico que solo produce cambios físicos asociados con las primeras etapas de desnaturalización de las proteínas, no reduce el valor biológico de un alimento, por el contrario, la desnaturalización favorece la digestibilidad y ocasiona la destrucción de proteínas tóxicas o interferentes mejorando el valor biológico del alimento. Así, algunos trabajos sobre el tratamiento térmico de las proteínas han demostrado que su va

lor nutricional es inversamente proporcional al período de tiempo al que se somete la proteína a una temperatura alta específica ( 14, 15).

[ Como se vió en el capítulo anterior, el sistema de cocido por extrusión puede procesar alimentos a alta temperatura en corto tiempo, con la posibilidad de aplicar un amplio rango de temperaturas, según se requiera. Con base en esto y en lo revisado en este capítulo, puede establecerse que el sistema de extrusión es idóneo para el control de los inhibidores al crecimiento lábiles al calor, encontrados en proteínas de algunas oleaginosas y leguminosas.]>

En la literatura se encuentra mucha información acerca de resultados analíticos de los efectos de muchas condiciones de procesamiento empleando el sistema de cocido por extrusión, aplicado principalmente a productos de soya denominados " full - fat", en los que se mencionan valores de índices tales como la relación de eficiencia de proteína (PER), utilización neta de proteína (NPU), proteína total, materia grasa, fibra, cenizas, solubilidad de proteína, inhibidor de tripsina, cuenta bacteriológica y características organolépticas, indicando también, que por el proceso de extrusión puede producirse un harina de soya "full-fat" de buena calidad, con alto valor nutritivo, bajo contenido microbiano y buena estabilidad a la oxidación.

Una demostración evidente de la eliminación efectiva de los inhibidores al crecimiento en la soya procesada por extrusión, la constituye el experimento efectuado en un hospital de Taiwan, donde se alimentó a un gran número de lactantes con dietas que contenían cantidades considerables de soya "full-fat" procesada por extrusión, con muy buenos resultados, como se indica en el capítulo 1.4.

[ Por otra parte, a la fecha solo se ha experimentado con algunas especies de leguminosas para determinar si el cocido por extrusión puede controlar los inhibidores al crecimiento lábiles al calor que se encuentran en otros granos diferentes a la soya como el garbanzo, frijol blanco y otros. Aparentemente, este sistema tiene buen éxito en el control de los inhibidores al crecimiento en garbanzos, frijol blanco y frijol pinto pero no en las alubias (14). ]

En lo referente a los productos alimenticios de la semilla de algodón, se han realizado estudios preliminares para determinar si el sistema de cocido por extrusión puede controlar el gossipol contenido en esta semilla. El gossipol no se destruye por métodos térmicos, pero en vez de eso, se evita su efecto tóxico uniéndolo a la fracción de proteína por medios químicos - térmicamente inducidos. Tal mecanismo puede controlarse de manera que no cause una pérdida excesiva en los aminoácidos disponibles en las proteínas de las semillas del algodón. A la fecha, resultados preliminares indican que

el sistema de extrusión puede ser capaz de unir al g~~os~~ipol a la fracción proteínica solo bajo algunas condiciones específicas y no en todos los casos (14). Eso indica, la necesidad de efectuar más investigaciones, por ejemplo, para determinar si algunas modificaciones en la configuración del extrusor pueden lograr unir al gosipol en los límites recomendados.

### 1.3.2. - Parámetros para determinar la eficiencia del tratamiento térmico.

A la fecha, se han desarrollado varios métodos para la determinación de la eficiencia del tratamiento térmico en la inactivación de los factores - antinutricionales de los productos de soya.

La determinación de la solubilidad de la proteína en agua y la actividad ureática son los métodos actualmente más empleados.

#### Actividad de ureasa.

El método para evaluar la eficiencia del tratamiento térmico por medio de la actividad ureática resulta eficiente solamente para los productos de soya que recibieron un tratamiento térmico insuficiente, para los productos que han recibido un tratamiento térmico adecuado el método tiene una aplicación limitada y no tiene ninguna aplicación para evaluar cuando un producto de soya ha sido sobrecalentado.

Con el sistema de cocido por extrusión, se logra fácilmente una actividad ureática nula o de un valor muy bajo, lo que implica una destrucción de más del 95% del inhibidor de tripsina, ya que este es destruido por efecto del calor húmedo aproximadamente en la misma proporción que la ureasa como puede apreciarse claramente en la Tabla 4.

Solubilidad de la proteína. En la mayoría de los procesos de cocción, el porcentaje de proteína soluble, generalmente refleja el grado de tratamiento térmico recibido por el producto. Un porcentaje bajo de solubilidad de proteína, está relacionado con temperaturas altas durante el tratamiento térmico y viceversa (Tabla 4). Los productos de soja obtenidos por extrusión con ureasa casi completamente inactivada, poseen una solubilidad de proteína de 21 a 15% (4).

Existe un método práctico y rápido, reportado en la literatura, que funciona en un amplio rango de valores, antes de que se inactive la ureasa y después de que se inactive. Ese método, está basado en la variación del índice de refracción de los estratos de los productos de soja con una solución de hidróxido de sodio (19).

TABLA 4

RELACION DE EFICIENCIA DE LA PROTEINA (PER) CON VALORES ANALITICOS DE HARINA DE SOYA INTEGRAL PREPARADA VARIANDO LAS CONDICIONES DE EXTRUSION.

Condiciones de Extrusión			PER	Inactivación del inhibidor de Tripsina	Actividad de Ureasa	Índice de solubilidad del nitrógeno	Lisina disponible	Tiamina
Humedad	Tiempo de retención	Temp.						
%	min	°C		%	variación del pH	%	g/16gN	mg/100g
15	1.25	135	1.8	12	1.0	50	6.1	0.85
20	2.0	121	1.9	43	0.9	36	6.3	0.85
25	1.25	135	2.0	62	0.2	21	6.3	0.75
20	2.0	135	2.1	89	0.1	21	6.3	0.82
20	1.25	149	1.9	98	0.0	16	6.2	0.74

Fuente: Bookwalter, G.N; Mustakas, G.C., y otros  
 Full-fat soy flour extrusion cooked: Properties and food uses.  
 Journal of Food Science. 36: 5-9 (1971)

Existen también otros dos parámetros para determinar el grado de sobrecalentamiento a que se ha sometido un producto de soya, y son el contenido de lisina y el de tiamina.

Lisina. - Bajo condiciones de calor y humedad, el grupo  $\epsilon$ - amino libre de la lisina, en la proteína, puede sufrir reacciones con azúcares reductores y otros compuestos, que bajan la disponibilidad fisiológica de la lisina. La lisina disponible en los productos obtenidos por extrusión, normalmente está entre 6.1 a 6.5% expresado en por ciento de proteína, lo que indica alta disponibilidad, ya que originalmente se tiene 6.5% (Tabla 4).

Tiamina. - La tiamina (Vitamina B1) es soluble en agua y fácilmente destruida por el calor, el procesamiento térmico causa pérdidas apreciables de tiamina en los alimentos. El cocido por extrusión, origina productos con pequeña o ninguna reducción del contenido de tiamina. Los valores de tiamina en esos productos están en promedio alrededor de 0.85 mg/100 g, comparados con 1.07 mg/100 g contenidos en la soya original (Tabla 4). Por otra parte, como las necesidades de tiamina del cuerpo humano son proporcionales al contenido de calorías de la alimentación, siendo los requerimientos mínimos alrededor de 0.23 mg/1000 calorías, cien gramos de harina de soya integral, obtenida por el sistema de extrusión, pueden suplir el 100% del mínimo diario requerido para adultos a un nivel de 3 000 calorías (4).

1.4. - Valor nutritivo y características finales de los productos de soya y cereales obtenidos por el sistema de extrusión.

En la literatura existen numerosos reportes recientes acerca - de experiencias realizadas para determinar el valor nutritivo de los productos de soya y cereales obtenidos por extrusión.

Esas experiencias se han realizado principalmente con roedores y aves y en mucho menor número en niños en etapa de lactación. Tales - alimentos se han obtenido variando diversos parámetros tales como tiempo de permanencia en el extrusor, temperatura, humedad, presión, aditivos, etc., hasta lograr las mejores condiciones de procesamiento para - que el alimento resultante conserve sus cualidades nutricionales. Las cacterísticas finales más importantes en este tipo de productos son: su valor PER, el grado de inactivación del inhibidor de tripsina, la actividad - ureática, el índice de solubilidad de las proteínas, color, sabor y textura.

Los resultados de las pruebas de la relación de eficiencia de la - proteína (PER) en alimentación de roedores indican que los productos de soya obtenidos por extrusión son de alto valor nutritivo, siendo como mínimo iguales a las harinas comerciales desgrasadas e integrales (4).

Los valores de la tasa de eficiencia protéica (PER) para

harinas extruidas varia entre 2.28 y 2.53, resultando comparables a los de productos comerciales los cuales presentan una variación de 2.09 a 2.46.

En la Tabla 5 se muestran los valores PER de alimentos a base de soya obtenidos por extrusión. Esos valores dependen principalmente del grado de inactivación del inhibidor de tripsina.

En la Tabla 6, se presentan valores PER de harina de soya, obtenida por extrusión, con diferentes grados de inactivación del inhibidor de tripsina, junto con la actividad ureática y el índice de solubilidad de proteínas resultantes con tratamientos diferentes.

En la Tabla 7, se presenta la composición química media de una harina de soya integral preparada por extrusión.

Por otra parte, resultados de pruebas de alimentación controlada con aves, han demostrado que las harinas extruidas son superiores a las harinas comerciales en lo que respecta a la promoción del crecimiento y a la eficiencia de conversión de la ración. Estudios de suplementación han mostrado que probablemente la metionina y la cistina se encuentran con mayor disponibilidad en los productos extruidos.

En la Tabla 8, se muestran los valores de ganancia de pesos y de conversión de alimentos en

TABLA 5

VALORES PER DE UN PRODUCTO A BASE DE SOYA OBTENIDO-  
POR EXTRUSION EN DIFERENTES CONDICIONES PARA ALIMEN  
TACION DE RATAS.

Muestra	Valores PER medido en 4 semanas suministrado a un nivel de 10% de proteína
1	2.39
2	2.28
3	2.46
4	2.53
5	2.46
6	2.42
Caseína	3.09

Fuente: Shojiro Tango João "Farinhas de soja integral"  
Boletín do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972  
p. 40. Campinas, S.P. Brasil.

TABLA 6

CORRELACION DE VALORES "PER" CON LOS DE IT, AU y ISN EN  
HARINAS DE SOYA EXTRUIDA, EN ALIMENTACION DE RATAS.

Muestra	Valor PER <sup>1/</sup>	Inactivación del IT. <sup>2/</sup> %	AU <sup>3/</sup> Variación del pH.	ISN <sup>4/</sup> %
1	1.82	12	1.0	50
2	1.96	43	0.9	36
3	2.03	62	0.2	21
4	2.15	89	0.1	21
5	1.98	98	0.0	16

<sup>1/</sup> PER.- Relación de eficiencia de proteínas (caseína = 2.5)

<sup>2/</sup> IT. - Inhibidor de tripsina

<sup>3/</sup> AU. - Actividad Ureática.

<sup>4/</sup> ISN.- Índice de solubilidad de compuestos nitrogenados.

Fuente: Shojiro Tango João "Farinhas de soja integral"  
Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos  
No. 29, 1972 p. 41  
Campinas, S.P. Brasil.

TABLA 7

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE UNA HARINA DE SOYA PREPARADA POR EXTRUSION.

Características	Valor Promedio
Humedad (%)	3.5
Proteína bruta (%)	44.10
Materia grasa (%)	20.28
Ceniza (%)	4.95
Fibra cruda (%)	3.0
Ceniza insoluble en ácido (%)	0.01
I.S.N <sub>1</sub> (H <sub>2</sub> O) (%)	18.2
I.S.N <sub>2</sub> (NaOH 0.02 N.) (%)	88.1
Inhibidor de tripsina destruido (%)	95.5
Actividad de ureasa	0.05
Lisina disponible (%) de proteína	6.30
Valor de peróxido (mg/kg.)	0.22
Acidos grasos libres (%)	0.49
Granulación a través de 100 "mesch" (%)	95.7

1/Indice de solubilidad de nitrógeno.

Fuente: Shojiro Tango João

Farinhas de soja integral

Boletín do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972, p.34

Campinas, S.P. Brasil.

TABLA 8

ALIMENTACION DE POLLOS CON RACIONES A BASE DE SOYA.

PRODUCTO	Ganancia de peso (') en gramos.		Alimento/ ganancia (")	
	Control	con adición de metionina	Control	con adición de metionina.
Pasta de soya sin cáscara más aceite de soya	262	312	2.48	2.15
Harina integral - de soya.	244	306	2.60	2.22
Harina integral - extruida.	278	315	2.45	2.19

(') Medido en dos semanas como término medio.

(') Medido de 2 a 4 semanas.

Fuente: Shojiro Tango João "Farinhas de soja integral"  
Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972 p.40.  
Campinas, S.P. Brasil.

pollos, sometidos a dietas basadas en productos de soya.

En Taiwan se efectuó una experiencia de alimentación de niños en etapa de lactación con un alimento preparado por el proceso de extrusión. Los niños pertenecían a familias humildes con deficiencias calóricas y -  
protéicas en sus regimenes de alimentación. El alimento probado era rico en proteínas de buena calidad, con buena aceptabilidad y bajo costo. En la **preparación** de ese alimento se uso harina de soya integral tostada o extruida por los procesos denominados ADM\* y Wenger respectivamente, elaborando dos tipos de alimentos a base de soya y arroz, con objeto de someter a comparación los dos procesos.

Los alimentos se suministraron a niños de uno a seis meses de -  
edad por un período de seis meses, manteniéndolos bajo estricto control en un centro médico (20).

El propósito de ese estudio fue el de mostrar que el valor nutritivo de la combinación soya - arroz procesada por el sistema de extrusión para elaborar alimentos para niños, es comparable al de la leche de vaca o al de productos de soya "full-fat" que Omans en 1963 mostró que son nutricionalmente adecuados para mantener el crecimiento de los infantes.

---

\* Archer Daniels Midland Co.

La composición del alimento elaborado a base de soya y arroz se presenta en la Tabla 9. También se ilustra en la Tabla 10 la composición de un alimento en polvo y otro líquido que también se sometieron a prueba.

Los alimentos obtenidos por los sistemas ADM y Wenger pueden suministrar el 18.5% del total de las calorías necesarias y ambos presentan un contenido de proteínas de alrededor de 20% lo cual los hace ser muy similares.

La fórmula líquida soya-arroz presentó buena aceptación en lactantes, ya que se encontraba libre del sabor a frijol amargo típico de la soya.

Entre el grupo de lactantes sometidos a ese régimen de alimentación fue de particular interés el crecimiento que presentó un par de gemelos idénticos, un hombre y una mujer.

Uno de los gemelos, el hombre, se sometió a una alimentación con leche de vaca y la niña se alimentó con productos basados en las harinas obtenidas por el proceso Wenger. Se determinó que sus ganancias en peso y altura fueron casi las mismas (20). En general los resultados de esta prueba indicaron claramente que el valor nutritivo de las mezclas de soya " full-fat " y arroz son compara

TABLA 9

INGREDIENTES DE UNA FORMULA A BASE DE SOYA Y ARROZ.

Ingredientes	Porcentaje.
Harina de soya "full-fat" (1)	45
Harina de arroz precocinada	15
Aceite de soya (2)	10
Sacarosa (2)	27.5
Sales minerales (3)	2.5

(1) Se usaron dos tipos de harina de soya, una obtenida del proceso ADM, y otra del Wenger, suministrándolas en preparaciones separadas.

(2) Durante los primeros seis meses de estudio se suministró un 5% de aceite y un 32.5% de azúcar.

(3) Fosfato de calcio dibásico 80.7%, cloruro de sodio 18.8%, sulfato ferroso 0.47% y yoduro de potasio 3.2%.

Fuente: Po-Chao Huang y otros.

Feeding of infants with full-fat soybean-rice foods.

Proceedings of International Conference on Soybean Protein Foods.

USDA, ARS -71-35, 1967 p.183.

TABLA 10

COMPOSICION DE LOS ALIMENTOS EVALUADOS CON RESPECTO  
A SOBEE Y LECHE.

Componentes	Tratamiento ADM		Tratamiento Wenger		Sobee *	Leche(2)
	polvo %	líquido (1) %	polvo %	líquido (1) %	líq. %	líq. %
Proteína	20.4	3.3	20.2	3.2	3.2	3.0
Grasa	19.9	3.1	20.0	3.1	2.6	3.0
Carbohidratos	45.0	6.9	45.3	6.9	7.7	7.3
Calorías	441	68	442	68	67	68

\* Alimento preparado a base de harina de soya integral comercial.

(1) A cada 1000 ml. de las fórmulas líquidas se les adicionó:

Vitamina A, 3500 UI.; de vitamina D, 700 UI, Tiamina 1.8 mg.; riboflavina 1.8 mg.; nacinamida 9 mg.; pantotenato de Ca. 5 mg. piroxidina 1 mg.; y - vitamina B12 3 microgramos.

(2) Leche de vaca usada como control, como lo recomienda la UNICEF.

Fuente: Po-Chao Huang y otros.

Feeding of infants with full-fat soybean-rice foods.

Proceedings of international Conference on Soybean Protein Foods.

USDA, ARS -71-35, 1967 p. 183.

bles al de la leche de vaca manteniendo el crecimiento de los lactantes cuando se les proporciona un nivel de proteínas de 3.5 a 4.5 g. por kilogramo de su peso por día.

Con base en los datos de ganancia de peso con las dietas suministradas, se calculó la relación de eficiencia de proteína (PER) y la relación de eficiencia de la alimentación (FER) para cada lactante. Los resultados se presentan en la Tabla 11.

Los valores más altos de "PER" se obtuvieron de los infantes - alimentados con leche de vaca y de los alimentados con "Sobee", obteniéndose 0.49 y 0.48 respectivamente.

El promedio de los grupos alimentados con fórmulas a base de productos obtenidos de los procesos ADM y Wenger fue de 0.42 para - ambos.

Los valores FER para los grupos alimentados con leche de vaca y "Sobee" fueron de 2.18 y 2.26 respectivamente y los de ADM y Wenger, 2.03 y 1.98, siendo ligeramente inferiores los dos.

Mensualmente se midió la altura de los infantes sometidos a las diferentes fórmulas, determinándose que era la misma en relación con la media de infantes normales teniendo diferencias insignificantes. Para

TABLA 11

RELACION DE EFICIENCIA DE PROTEINA (PER) Y RELACION DE EFICIENCIA DEL ALIMENTO (FER) DE LAS FORMULAS EN INFANTES \*

Fórmulas	Infantes observados	PER (1)	FER (2)
		Media desviación estandar.	Media desviación estandar.
Sobee	8	0.48 $\pm$ 0.07	2.26 $\pm$ 0.36
Leche	11	0.49 $\pm$ 0.14	2.18 $\pm$ 0.61
ADM	13	0.42 $\pm$ 0.08	2.03 $\pm$ 0.38
Wenger	13	0.42 $\pm$ 0.07	1.98 $\pm$ 0.36

(1) Ganancia de peso en gramos por gramo de proteína ingerida.

(2) Ganancia de peso en gramos por una porción de 100 calorías de la fórmula

\* Estos valores fueron determinados en infantes de 5 a 8 meses de edad.

Fuente: Po-Chao Huang y otros.

Feeding of infants with full-fat soybean-rice foods.

Proceedings of international Conference on Soybean Protein Foods.

USDA, ARS -71-35, 1967 p.183.

evitar el efecto goitrogénico, a todas las formulaciones probadas se adicionó yodo, ya que algunos investigadores determinaron deficiencias de este elemento en niños alimentados con las formulaciones denominadas "Mull-Soy o Soyalac" a las cuales no se les adiciona yodo.

La única desventaja determinada para las dietas de soya-arroz fue una frecuente dermatitis perianal generalmente ligera encontrada durante el inicio del período de alimentación.

También se efectuaron diversos análisis de sangre, determinándose que no existe una diferencia significativa entre los grupos de lactantes sometidos a las dietas mencionadas y los de control en lo que respecta a hemoglobina, hematocrito, suero total, proteína, albumina, fósforo y urea.

Se notó un ligero aumento de colesterol en el suero en los grupos alimentados con leche de vaca.

Los estudios del balance de nitrógeno efectuados, mostraron que la retención de nitrógeno y la digestibilidad fueron ligeramente más altas con la leche de vaca que con las fórmulas de soya-arroz.

En resumen, de esas experiencias realizadas se concluye que las fórmulas a base de soya-arroz, pueden usarse con seguridad como una única dieta en la alimentación de infantes (20).

### Análisis bacteriológicos.

Las harinas de soya deben estar libres de *Escherichia coli*, -  
*Salmonella* spp y de otros patógenos. La cuenta total de bacterias no debe exceder de 20 mil por gramo, determinada por los métodos de la American Bacteriological Association o equivalentes.

Con un proceso realizado en forma adecuada, estas especificaciones son satisfechas normalmente.

En el análisis de una harina procesada por extrusión se encontró lo siguiente:

#### Número de microorganismos por gramo de muestra

Cuenta total	13,000
Staphylococcus	210
Levaduras y hongos	15
Enterococcus	24
Coliformes	240
Salmonella shigellae	18
Esporas aerobias	1,100
Esporas anaerobias	460

Esos valores indican que el proceso proporciona un producto con excelentes condiciones sanitarias.

#### Evaluación del sabor del producto.

En evaluaciones organolépticas, las harinas cocidas por extrusión fueron clasificadas como de sabor suave, no rancio y sin el sabor a frijol de soya. La temperatura es un factor significativo en el desarrollo de buenos sabores, pero también depende de la interacción de la humedad y del tiempo de retención. Las temperaturas de 121 y 135°C generan mejores sabores que por ejemplo a 149°C. La escala de sabores no se modifica después de 12 meses de almacenamiento, cuando la harina sea procesada usando 15% de humedad y una temperatura de 121°C.

Las pruebas organolépticas de las harinas obtenidas por extrusión muestran que son buenas en relación al sabor, con la eliminación del sabor amargo característico del frijol de soya, resultando un agradable sabor a nuez (Tabla 12).

#### Color

Elevando la temperatura del extrusor a más de 135°C, hay oscurecimiento de la harina, como sucede con las harinas tostadas.

TABLA 12

ANALISIS SENSORIAL DE UNA HARINA DE SOYA OBTENIDA POR EXTRUSION  
CON DIFERENTES TRATAMIENTOS Y CON DIFERENTES PERIODOS DE ALMA  
CENAMIENTO.

Humedad	Tiempo de retención. min.	121°C. $\frac{1}{}$		135°C. $\frac{1}{}$		149°C. $\frac{1}{}$	
		0	12	0	12	0	12
15	0.50	7.8	7.3	7.2	6.9	8.2	7.5
	1.25	8.2	7.3	8.0	7.7	7.8	6.9
	2.00	8.2	7.3	8.0	7.7	7.8	6.9
20	0.50	8.3	7.6	8.5	7.1	7.8	7.6
	1.25	8.2	7.8	7.3	-	6.8	2.1
	2.00	7.3	7.2	8.2	-	7.0	4.3
25	1.25	8.3	7.0	7.5	7.2	6.3	1.8
30	2.00	8.2	7.5	7.7	3.3	6.3	2.0

$\frac{1}{}$  meses.

Fuente: Shojiro Tango João.

Farinhas de Soja Integral.

Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972, p.37.

### Estabilidad oxidativa.

La prevención de sabores y olores extraños asociados con la oxidación de las grasas es de gran importancia para la aceptación de la harina de soya por el consumidor. La inactivación de la lipoxidasa antes de cocimiento por extrusión es esencial en el proceso total.

La enzima se inactiva bajo condiciones de calor seco antes del cocimiento por extrusión. Para la inactivación de los inhibidores del crecimiento, es necesario cocimiento húmedo.

La estabilidad del producto aumenta operándose el extrusor a bajos niveles de humedad, temperatura y tiempo de calentamiento.

### Valor peróxido.

Los valores peróxido no se modifican, prácticamente con 12 meses de almacenamiento, cuando se usan 15% de humedad y  $121^{\circ}\text{C}$ . Hay aumento del valor peróxido cuando se procesa con humedad elevada (20%) o temperatura mayor de  $121^{\circ}\text{C}$  y el tiempo de retención muy prolongado (2min), como puede apreciarse en la Tabla 13.

El almacenamiento fue realizado a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , usando un producto no obscurecido y acondicionado en frascos de vidrio.

TABLA 13

VALOR PEROXIDO DE UNA HARINA OBTENIDA POR EXTRUSION CON DIFERENTES TRATAMIENTOS Y CON DIFERENTES PERIODOS DE ALMACENAMIENTO

Humedad	Tiempo de retención min.	121° C.		135° C.		149° C.	
		0	12 $\frac{1}{2}$	0	12 $\frac{1}{2}$	0	12 $\frac{1}{2}$
15	0.50	0.4	0.6	1.2	1.2	0.4	0.8
	1.25	1.6	0.6	1.5	0.8	1.6	0.8
	2.00	2.8	0.6	1.9	0.8	1.7	1.0
20	0.50	0.6	1.9	0.7	1.2	1.2	1.2
	1.25	0.9	2.5	1.3	6.2	4.7	213.0
	2.00	2.0	1.2	7.6	63.0	8.2	19.0
25	1.25	5.0	0.6	6.7	-	13.2	160.0
30	2.00	3.4	2.7	4.0	180.0	4.0	221.0

$\frac{1}{2}$  meses.

Fuente: Shojiro Tango João

Farinhas de soja integral

Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972, p.34

Campinas, S.P. Brasil.

## Tocoferoles

Los tocoferoles no se destruyen durante el proceso de extrusión, excepto cuando el tiempo de retención llegue a dos minutos, ocurriendo en tal caso una pérdida total de tocoferol,

## Acidos grasos libres

No hay una modificación muy sensible en los contenidos de ácidos grasos libres de la harina después del almacenamiento durante un período de 12 meses.

Cuando los valores iniciales son 0.1 a 0.2%, después de 12 meses se elevan muy ligeramente, no llegando a 0.5%.

Las harinas tienen buena estabilidad, la cual puede ser mejorada - adicionándose antioxidantes ( Tenox 7, BHT, PG en propilenglicol y ácido cítrico en cantidad de 0.02% en relación al contenido de aceite), como se puede observar en una prueba acelerada conducida a 38 y a 45°C, cuyos - resultados se muestran en la Tabla 14.

Los dos productos tuvieron buena estabilidad al final de 9 meses, cuando se almacenaron a 38°C. A la temperatura de 45°C, el lote sin -

TABLA 14

COMPARACION DE LA ESTABILIDAD DE UNA HARINA DE SOYA OBTENIDA POR EXTRUSION CON Y SIN LA ADICION DE ANTIOXIDANTE.

Temperatura y humedad de almacenamiento.	Tiempo Semanas.	AGL % *		V.P.** m.c./1000	
		Sin antiox.	Con antiox.	Sin antiox.	Con antiox.
38°C. 45% U.R.	0	0.42	0.39	1.0	1.2
	3	0.54	0.49	2.2	2.4
	6	0.55	0.55	2.2	2.2
	9	0.56	0.56	2.2	2.2
	15	0.80	0.76	2.5	2.2
	26	0.86	0.92	2.8	2.4
	39	0.99	0.99	3.0	2.5
45°C. 25% U. R.	0	0.42	0.39	1.0	1.2
	3	0.55	0.50	2.2	2.5
	6	0.56	0.56	2.2	2.3
	9	0.66	0.66	2.8	2.6
	15	0.87	0.72	6.4	3.0
	26	0.88	0.85	54.0	3.1
	39	4.84	0.99	65.8	3.3

\* AGL. - Acidos Grasos Libres.

\*\* V.P. - Valor Peróxido.

Fuente: Shojiro Tango João.

Farinhas de Soja Integral.

Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972, p.37

antioxidante comenzó a mostrar evidencia de rancidez al final de 26 semanas.

Esas pruebas aceleradas a la temperatura de 38°C durante tres o cuatro meses y a 45°C durante uno o dos meses, pueden ser equivalentes a un almacenamiento de un año a una temperatura de 21°C (4).

En lo referente a los alimentos preparados a base de pasta de soya desgrasada ya sea sola o combinada con cereales, puede decirse que presenta un valor alimenticio semejante al de la soya integral con la sola - - excepción de que no contiene los ácidos grasos esenciales a menos que le - sea adicionado un aceite de buena calidad.

1.5.- Productos que actualmente se elaboran por el sistema de extrusión.

Cuando empezó a usarse el sistema de extrusión para la obtención de alimentos, el producto final estaba constituido casi exclusivamente solo por un componente principal como la soya, con la adición, en algunos casos, de saborizantes y colorantes.

Posteriormente ha habido una fuerte tendencia a elaborar alimentos a base de mezclas de soya con cereales, para obtener los llamados cereales enriquecidos, obteniendo alimentos con un balance de aminoácidos más parecido al de los productos de origen animal, sobre todo en el caso en el que intervenga alguna otra oleaginosa que sea rica en aminoácidos sulfurados, ya que la soya presenta deficiencia de ellos.

En la actualidad se están produciendo, principalmente en los Estados Unidos, multitud de productos con gran número de ingredientes con los que se originan alimentos de diversas formas, texturas, densidades, contenidos energéticos etc.

En seguida se presenta una lista de los grupos de alimentos que son preparados por el sistema de extrusión (15).

Botanas y Entremeses.

Cereales para desayuno.

Cereales y almidones gelatinizados.

Harina de soya integral.

Proteínas vegetales texturizadas.

Alimentos a base de harina de pescado.

Polvos para bebidas instantáneas.

Alimentos a base de cereales enriquecidos con proteínas.

Pastas instantáneas para desayuno caliente.

Alimentos infantiles.

Harinas para panificación.

Rellenos.

Pastas para sopas con diferentes formas.

Las botanas y entremeses, normalmente tienen las siguientes formas:

hojuelas rizadas.

tubos.

astillas gruesas.

cilindros de estructura celular abierta.

anillos.

bolitas.

barquillos.

Algunos entremeses se elaboran usando soya y almidones modificados molidos en húmedo, los cuales al salir del extrusor forman auto\_

máticamente figuras como rodajas, anillos de cebolla, trenzas o cilindros huecos, mediante orificios de salida especialmente diseñados. La preparación y composición detallada de cada uno de estos alimentos está localizada esencialmente en la literatura de patentes y en forma más escasa en libros sobre tecnología de alimentos y en publicaciones periódicas sobre el mismo campo.

En el capítulo siguiente se muestran varios procesos del dominio público y otros patentados para obtener alimentos de muy variadas características por el sistema de extrusión.

2.- PROCESOS DE ELABORACION DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR NUTRITIVO QUE EMPLEAN EL SISTEMA DE EXTRUSION.

## 2.1.- Proceso para la elaboración de harina de soya integral.

En primer término se describirá el proceso general para obtener harina de soya integral y posteriormente las variantes que este pueda tener al producir alimentos extruñdos a base de mezclas.

Inicialmente, la soya se somete a una operación de limpieza en equipos convencionales, como cribas y separadores de corriente de aire cruzada, en seguida se pasa a través de cilindros estriados que quiebran los granos en partículas de 12 a 30 "mesh" y después a los separadores de cáscara provistos de una criba vibratoria y aspiradores, de los cuales se transportan hacia la etapa de laminación, aunque también pueden procesarse en forma de "gritz" sin laminación (Figura 4).

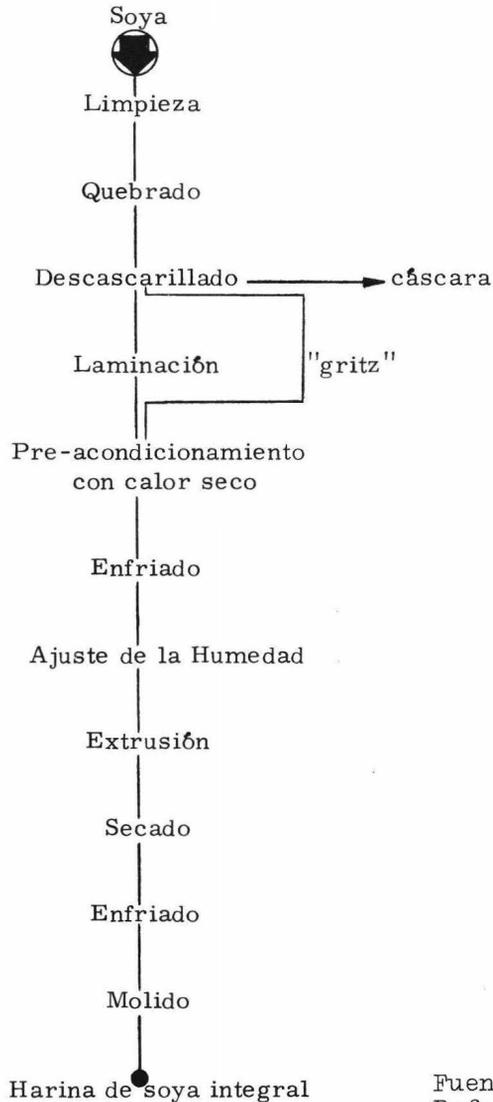
El material ya sin cáscara y en forma de hojuelas o "gritz" se deposita en un silo intermediario, para alimentación de un preacondicionador, cuya velocidad de alimentación se controla por un motor de velocidad variable.

El preacondicionador es calentado indirectamente con vapor de 40 psi en la camisa.

El material permanece en el preacondicionador por un período de aproximadamente 5 minutos, pasando continuamente a través de él, en

FIGURA 4

PROCESO DE OBTENCION DEL HARINA DE SOYA INTEGRAL  
POR EL SISTEMA DE EXTRUSION



Fuente:  
Referencia  
bibliográfica No.4

seguida se humedece con vapor directo para alcanzar un contenido de humedad entre 15 y 20% alimentándolo en esas condiciones al extrusor, donde recibirá el adecuado tratamiento térmico y saldrá de él por los orificios finales, en forma cilíndrica y con cierta expansión.

El material así cocido se lleva a un secador y enfriador horizontal por medio de un transportador de banda inclinado, cuando ya se ha enfriado lo suficiente se pasa por un molino para obtener una harina cuyas partículas deben pasar la malla de 100 "mesh" en la proporción de 95 a 98%.

Un buen desempeño del proceso requiere de un movimiento uniforme del material, con el fin de alcanzar una temperatura estable en las condiciones de equilibrio. Se logra una mejor estabilidad operacional con material acondicionado para 15 y 20% de humedad, esto es, un mejor transporte del material, mejor eficiencia del transportador helicoidal y mayor capacidad para una misma fuerza motriz (21, 22).

Cuando se trabaja con productos como la soya, puede haber desprendimientos de aceite con la presión, lo que reduce el factor de fricción, ocasionando serios problemas de deficiencia de agitación y circulación en el extrusor.

El material puede moverse en forma satisfactoria cuando no se produce lubricación de la pared del cilindro con el aceite, dentro de la sec

ción de alimentación. Cuando hay separación de aceite, el transporte del material se hace irregular y es difícil estabilizar el aparato. El enfriamiento con agua en la camisa de la sección de alimentación, con objeto de bajar la temperatura, evita la separación del aceite. Por otro lado, la lubricación con aceite en la superficie del transportador helicoidal es benéfico. Por tanto, se usa vapor en la parte central para provocar el efecto de expelir el aceite y mejorar el movimiento del material.

El material sale del extrusor en forma de aglomerados de forma cilíndrica. Estos se secan hasta un contenido de humedad deseado, a temperaturas moderadas (70°-80°C) en un secador-enfriador tipo túnel. Esos aglomerados ya cocidos, pueden molerse en un molino de diseño adecuado.

Las harinas de soya producidas por otros procesos, normalmente se obtienen en molinos de martillo convencionales, con clasificador de aire para una granulación de 100-300 "mesh". En cambio, la harina producida por el proceso de extrusión, causa obstrucción del molino de martillos con separador de aire o criba debido al aceite relativamente libre que se produce.

Por esa razón, se utilizan molinos "Alpine", los cuales poseen una cámara de gran capacidad, con una corriente de aire comunicada a un colector tipo saco, pasando 98% a través de la criba de 100 "mesh". El 2% restantes que permanecen en la criba, están constituidos solamente *por fibras*

por fibras.

Como el material no es pulverulento, ningún material pasa para el saco colector. Esa pieza sirve solamente para filtrar el aire. Usándose material con 10% de humedad, normalmente reduce el contenido de humedad a 8.5% y el producto final no presenta diferencias del producto que fue molido con 4% de humedad. Por eso, solamente el 92% del material - pasa por la criba de 100 "mesh", y el restante es fibra bruta.

Por tanto, en el proceso de cocimiento por extrusión, no se hace tan necesario el secado del material antes de molerlo. (4, 21).

La composición del harina de soya integral (full-fat) preparada por métodos tradicionales se muestra en la Tabla 15 y la de harinas preparadas por extrusión se muestra en las Tablas 7 y 16.

La harina integral de soya se usa en la producción de pan, repostería, embutidos, bebidas, sopas, etc., además de usarse como un ingrediente importante en los llamados cereales enriquecidos usados para elaborar alimentos con alto contenido de proteínas.

En lo que respecta a la producción de pan, recientemente, un grupo de investigadores de la Universidad del Estado de Kansas resolvió satisfactoriamente el obstáculo de la aceptación del pan enriquecido con soya, al encontrar un acondicionador conocido como SSL (estearil-2-lactilato de sodio), con el que es posible agregar de un 6% hasta un 12% de harina

de soya integral, logrando un contenido de protefna en el pan de 14% en el primer caso y de 16.2% en el segundo, sin que se modifique la estructura porosa del pan ni su sabor (23).

En la preparación de sopas, cremas y ensaladas, la harina de soya integral se usa con objeto de aumentar su poder nutritivo, cuerpo y condimentación, reduciendo los efectos de gelación, emulsificando las grasas haciendolas mas estables. El poder emulsificante que tiene esta harina se debe a su contenido de lecitina, la cual emulsifica todas las grasas contenidas en los alimentos haciendolos mas asimilables por el organismo. Además, el contenido de vitamina E y tocoferol en el aceite presente en esta harina, previene la oxidación de las grasas evitando la descomposición o rancidez de las mismas.

Posee tambien una buena capacidad de retención de agua, la cual se atribuye principalmente a la hidratación de las proteínas. El agua retenida ayuda en el batido de las masas y el cocimiento uniforme de los productos que con ella se elaboran.

TABLA 15

COMPOSICION TIPICA DE LA HARINA DE SOYA "FULL FAT"  
OBTENIDA POR METODOS TRADICIONALES

Componente .	Cantidad por 100 gramos
Humedad %	8.0
Calorfas	421.0
Protefna, g.	36.7
Grasa, g.	20.3
Carbohidratos:	
a.- Total, g.	30.4
b.- Fibra, g.	2.4
Ceniza, g.	4.6
Calcio, mg.	199.0
Fósforo, mg.	558.0
Fierro, mg.	8.4
Sodio, mg.	1.0
Potasio, mg.	1,660.0
Vitamina A(U.I.)	110.0
Tiamina, mg.	0.85
Riboflavina, mg.	0.31
Niacina, mg.	2.1
Acido ascórbico, mg.	0.0

FUENTE: Composition of Foods, Agricultural Hand book # 8  
ARS, USDA, Dec. 1963.

TABLA 16

ANALISIS DE UNA HARINA DE SOYA "FULL FAT"  
PREPARADA POR EXTRUSION

Componente .	Contenido
Humedad	8.3%
Protefna (Nx6.25)	39.0%
Grasa cruda	19.2%
Cenizas totales	5.0%
Ceniza insoluble en ácido	0.02%
Fibra cruda	2.9%
Actividad Ureática (cambio de pH)	0.03
Lisina disponible	5.6%
Acidos grasos libres (% de aceite)	0.55%
Utilización neta de la protefna (NPV) de soya	66.0
Eficiencia de la protefna (PER) de soya	2.40

FUETE: Oak B. Smith  
Extrusion-Processed cereal Foods,  
AACC, 1969

## 2.2.- Proceso para elaborar productos texturizados con pasta de soya.

La pasta de soya esta constituida por el material que resulta después de haber descascarillado el grano de soya y de haberlo sometido a un proceso de extracción de aceite, como se muestra en la Figura 5, su composición se indica en la Tabla 17.

Generalmente, esa pasta es sometida a un tratamiento con calor húmedo en la misma planta de extracción de aceite en una operación combinada de desolventización tostación, efectuado en la unidad denominada "DT".

En esas condiciones, la pasta tiene un contenido de ureasa muy bajo, de 0.4 a 0.1\* y un índice de solubilidad de proteínas de 20 a 30%. Lo cual nos indica que en muchos casos, los factores antinutricionales de la soya no han sido totalmente inactivados. Esta situación hace que la pasta de soya tenga que ser sometida a tratamientos adecuados para lograr una inactivación conveniente de los mencionados factores.

En nuestro caso, como ya se vió, el equipo de extrusión resulta ampliamente adecuado para efectuar esa inactivación y elaborar productos a base de la pasta sola o de mezclas con cereales, además de impartirles la forma y textura deseadas.

---

\* Medido por el método de cambio de pH.

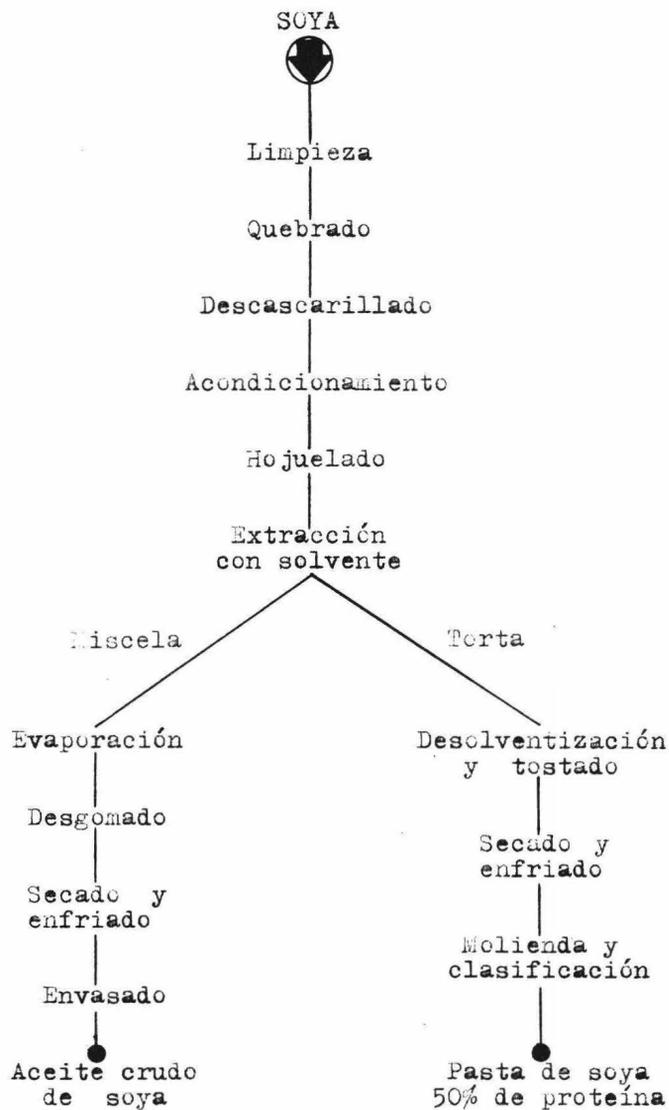


FIG. 5 - PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE CRUDO Y PASTA DE SOYA.

Fuente: Referencia Bibliográfica No. 16.

TABLA 17

ESPECIFICACIONES SOBRE LA COMPOSICION DE LA PASTA DE SOYA

Componente .	Contenido Mfínimo	Contenido Máximo
	%	%
Protefna cruda	50.0	
Grasa cruda	0.50	
Fibra cruda		3.50
Cenizas		6.00
Humedad		9.00

FUENTE: Norma DGNF-151-1970

Dirección General de Normas, S.I.C.

México, D. F.

Nota:

La pasta de soya debe tener un grado de molienda tal que el 100% pase a través de la malla No. 10 (2mm de abertura).

Además, deberá especificarse el contenido de ureasa en la pasta.

En la forma constituida únicamente por soya, se está empleando para producir principalmente las llamadas proteínas texturizadas, harinas que se usan para engrasar sopas, para panes, etc.

En la forma de mezclas con cereales, se usa para producir por ejemplo, cereales para desayuno enriquecidos, botanas, entremeses, sopas, etc., cuyos procesos de elaboración están revisados en el subcapítulo 2.3.

El número de patentes que usan el proceso de extrusión para obtener alimentos texturizados o expandidos a base de la pasta de soya como componente principal se ha incrementado en los últimos años. Unos ejemplos que resultan representativos de ese tipo de patentes se muestran a continuación:

La patente U.S. 3,480,442 ampara un producto expandido a base de la pasta de soya, colorantes y saborizantes, de agradable textura y sabor, que pueden consumirse como tal o servir de complemento en algunos alimentos preparados en húmedo en casa (sopas, guisos, etc.) (24).

Las operaciones que sigue esa patente se ilustran en la Figura 6, la cual incluye las condiciones de procesamiento.

Otra patente que resulta de interés para nuestro estudio es la

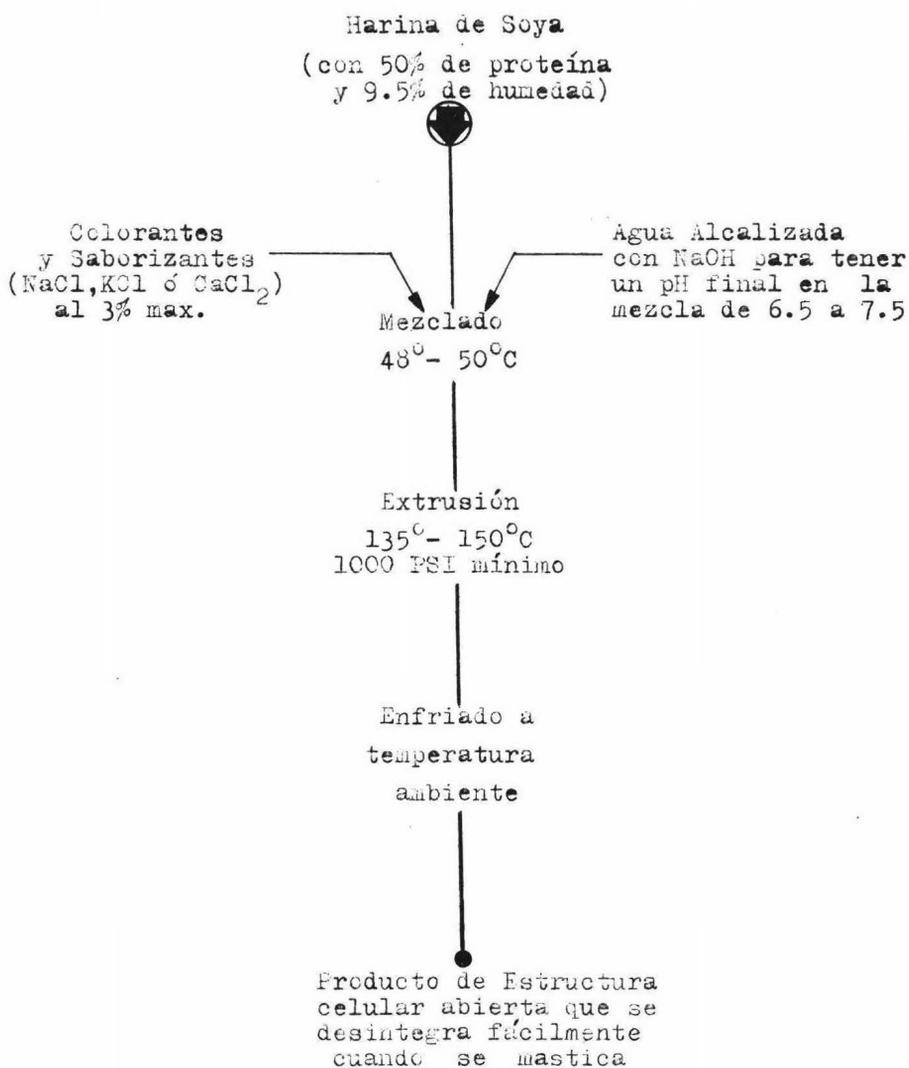


FIG. 6 - PROCESO PATENTADO PARA OBTENER ALIMENTOS TIPO BOTANA A BASE DE HARINA DE SOYA.

Fuente: Referencia Bibliográfica No. 24.

U.S. 3,142,571 con la cual se obtiene un producto de textura suave a base de la parte insoluble en agua de la pasta de soya sometida a diversos tratamientos como se indican en la Figura 7 (25).

Este producto es de sabor neutro, puede mezclarse con carne molida o en otros productos que requieran ser enriquecidos con proteínas.

Como tal, el producto de esta patente, si es adicionado de algún colorante y saborizante, podrá ser consumido directamente, por ejemplo como un producto que semeja pulpas o pastas de frutas, jamón, pastas sabor a nuez, como lo indica la patente U.S. 3,615,656 (26).

Otras patentes que resultan similares a estas son las siguientes:

U.S. Pat. 3,496,858

Brit. Pat. 1,174,906

El objeto principal de mencionar estas patentes es el de indicar posibles caminos en el desarrollo de nuevos productos elaborados por el sistema de extrusión.

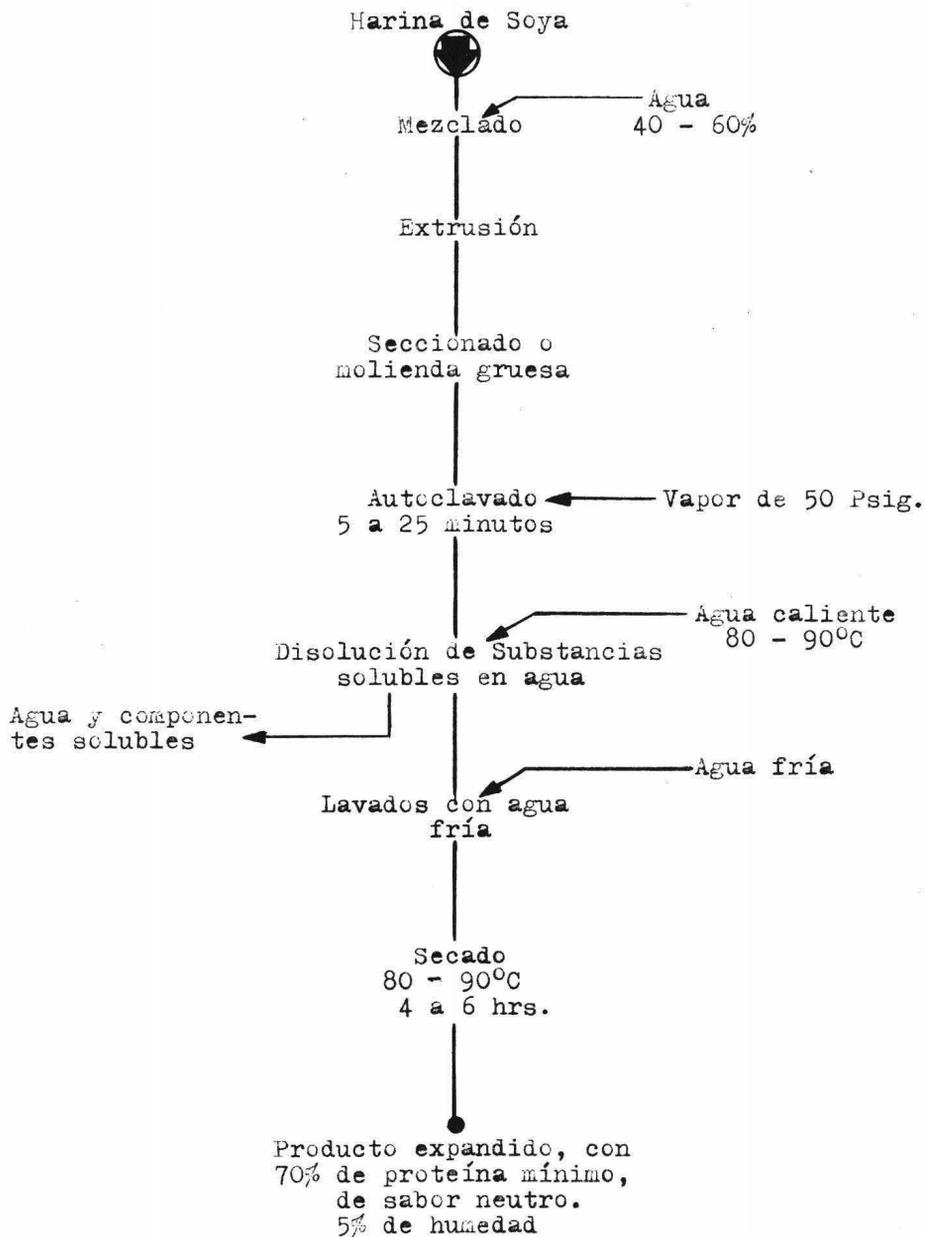


FIG. 7 - PROCESO PATENTADO PARA LA OBTENCION DE UN ALIMENTO EXPANDIDO CON 70% DE PROTEINAS.

Fuente: Referencia Bibliográfica No. 25.

2.3.- Proceso para elaborar productos texturizados a base de mezclas de pastas de oleaginosas y cereales.

Para lograr un rendimiento máximo de los nutrientes de origen vegetal, al elaborar alimentos enriquecidos, se hace evidente que uno de los caminos más convenientes es combinar oleaginosas y cereales. Esas combinaciones deben hacerse de manera que proporcionen el balance requerido de aminoácidos, minerales, vitaminas y calorías, necesarias para una adecuada nutrición con objeto de que puedan emplearse principalmente en áreas donde existan deficiencias alimentarias.

En la formulación de tales alimentos, debe tenerse en cuenta que si en una dieta se proporciona una cantidad en exceso de proteínas y una insuficiente de calorías, entonces, parte de las proteínas será metabolizada para obtener energía, lo cual resulta antieconómico ya que los alimentos fuentes de energía, como azúcares y carbohidratos son mucho mas económicos. Por otra parte, el balance de aminoácidos en los alimentos es de suma importancia, como ya se vio anteriormente, por lo que en las formulaciones de esos alimentos puede aprovecharse el hecho de que la soya con su alto contenido de proteínas, tiene un nivel de lisina mayor que el de otras oleagino

sas y cereales, pero al mismo tiempo, es deficiente en los aminoácidos sulfurados, metionina y cistina. Por otro lado, la proteína de ajonjolí es deficiente en lisina pero es una buena fuente de metionina. Por lo que, un cereal, como maíz o trigo, podría enriquecerse con una mezcla adecuada de esas dos oleaginosas para generar alimentos, procesados, por ejemplo, por el sistema de extrusión, los cuales tendrían un buen contenido de carbohidratos, vitaminas, minerales y proteínas con un balance de aminoácidos muy similar al que tienen las proteínas de origen animal (27). A la fecha, ya se han producido algunos alimentos combinados, para reunir esos objetivos. El producto pionero es la Incaparina, el cual en un principio se elaboró casi exclusivamente con ingredientes disponibles en América Central, como la semilla del algodón, maíz, levaduras y una mezcla de vitaminas con minerales. Este producto se ha modificado subsecuentemente por la inclusión de proteínas de soya, para mejorar el balance de aminoácidos (14).

El gobierno de los Estados Unidos proporciona normalmente para áreas donde existe deficiencia protéica, una mezcla a base de maíz, soya y leche, fortificada con vitaminas, minerales y aceite, la cual es preparada mediante un procesamiento térmico, y es denominada " C S M ". El tratamiento térmico es hecho por separado para cada uno

de los componentes principales y despues mezclados. Los factores antinutricionales de la soya son destruidos por el sistema de extrusión y el harina de maíz es gelatinizada tambien en un extrusor (14).

El "Wheat - soy blend" es otro alimento constituido por una mezcla de harina de trigo, con una fracción rica en proteínas de trigo, obtenida de las capas de aleurona del trigo, mas harina de soya desengrasada y una premezcla de vitaminas y minerales.

En Sudáfrica se esta elaborando el producto denominado "ProNutro", que incluye una mezcla de soya y semilla de algodón con leche y harina de pescado, minerales y vitaminas además de algunos cereales localmente disponibles, de manera que se logra un producto cuidadosamente balanceado desde el punto de vista de aminoácidos, minerales, vitaminas y requerimientos calóricos. Esta mezcla es tratada térmicamente de manera que elimina la necesidad de cocinarlo en casa, además de tener buena aceptabilidad entre aquella población.

Ese producto se ofrece en una variedad de formas interesantes, tales como un polvo para preparar bebidas instantáneas, como una harina precocida para usarse en sopas, estofados o en artículos de panadería. Recientemente, tambien

se ha utilizado en la preparación de algunos tipos de chocolates (14).

Las ventajas de las mezclas de cereales y oleaginosas preparadas por el sistema de extrusión, pueden agruparse en tres grupos principales:

1.- Ventajas que proporcionan los alimentos al ser adecuadamente cocidos.

A- La gelatinización total de la fracción de cereal en la fórmula, para una máxima digestibilidad y disponibilidad, lo cual es particularmente importante para alimentos o bebidas que no pueden cocinarse nuevamente antes de consumirse.

B- Inactivación de los inhibidores del crecimiento lábiles al calor y de los factores que le dan el sabor desagradable a ciertas oleaginosas y legumbres.

C- Dispersión íntima de proteínas, vitaminas y minerales con carbohidratos para asegurar las distribuciones deseadas de cada constituyente contenido en la mezcla.

D- La producción de un producto sanitario, con una cuenta bacteriana muy baja y libre de microorganismos patógenos, hongos, insectos o huevecillos de insectos.

E- Larga vida útil sin refrigeración, disminuyendo apreciablemente la tendencia de algunos cereales y legumbres a oxidarse produciendo rancidez. Para los ingredientes que

no pueden ser estabilizados en forma suficiente, se tiene opción de adicionar antioxidantes.

F- Dar forma , textura y sabor a los alimentos para - mejorar su aceptabilidad.

G- Control de las densidades del producto deseadas.

H- Excelente retención de vitaminas cuando se usan - vitaminas encapsuladas.

2.- Las ventajas del uso en el hogar de alimentos precocidos.

A- Ahorro de combustible. Este es el mayor factor de costo en la mayoría de los hogares, particularmente en - los países en desarrollo donde con frecuencia, el combustible es caro y escaso.

B- Adecuado precocido industrial de suplementos de - proteína enriquecida, para combinarlos con alimentos preparados en casa para adicionarlos al final del período de cocido de estos últimos, para minimizar el daño a las proteínas y vitaminas de la mezcla preparada industrialmente.

C- Preparación rápida de bebidas o atoles enriquecidos con proteínas las cuales no requieren cocinarse para efectuar la dispersión en agua.

3.-Ventajas económicas regionales

A- Permite la utilización en grado máximo de cereales, harina de raíces, proteínas y minerales localmente dispo-

nibles. Lo anterior se hace más factible por el hecho de que este proceso permite el uso de aminoácidos sintéticos para balancear las deficiencias de estos en los ingredientes disponibles localmente. El valor biológico del alimento así obtenido no presenta diferencia aparente, si tales aminoácidos sintéticos se adicionan en las mezclas antes o después de pasar el producto por el extrusor, de manera que es conveniente adicionarlos antes de la extrusión para lograr una distribución mas uniforme de tales aminoácidos.

B- La manufactura local permite tener ahorros en lo referente a costos de empaque, Los productos procesados - que se envían a grandes distancias generalmente requieren un empaque costoso.

C- Ahorro en costos de fletes. La materia prima generalmente puede transportarse a granel a diferencia del material terminado y empacado.

D- Permite la selección de sabores, texturas y densidades para reunir las características particulares de los productos para diversos grupos étnicos.

Los productos que pueden producirse mediante el sistema de extrusión son principalmente los siguientes (14).

1- Marinas precocidas para elaborar polvos para bebidas.

Esos polvos se combinan rápidamente en agua sin cocinarse para hacer una bebida rica en proteínas y con alto valor energético de uso casero, para el campo o para un programa de alimentación institucional. Esas harinas precocidas también pueden usarse en panes, repostería, sopas, embutidos y pastas para sopas.

2- Botanas de alto valor proteico.

Esas botanas pueden unirse o recubrirse externamente con sabores, azúcar o chocolate, o tener un sabor agridulce con sal.

3- Cereales para desayuno ricos en proteínas, similares a la avena caliente o como un cereal para desayuno frío como los "corn flakes". Donde no se dispone de leche de vaca para complementar los cereales de desayuno, es posible producir leche de soya mezclando el harina integral de soya, preparada por el sistema de extrusión, con agua.

4- Galletas o barquillo ricos en proteínas, por ejemplo para formar parte de los desayuno escolares.

5- Tallarines o macarrones precocidos, ricos en proteínas, que presentan una textura y consistencia igual a los de consumo normal.

6- Productos expandidos a base de mezclas de oleaginosas y cereales para ser usados como substitutos de la carne o para elaborar productos a base de carne y el substituto que tendrían un costo inferior a la carne pura y con un valor nutricional muy similar a esta.

En la Tabla 18 se presentan resultados de pruebas sobre el valor nutricional de varios productos a base de mezclas, obtenidos por el sistema de extrusión.

En la Tabla 19 se muestra la formulación, análisis y valor nutritivo de un alimento que es típicamente preparado por el sistema de extrusión.

TABLA 18

VALOR NUTRITIVO DE MEZCLAS DE CEREALES Y OLEAGINOSAS PREPARADAS  
POR EXTRUSION

Ingredientes	Valores PER		Valores NPU
	Mezclas	Caseína	
Maíz desgerminado, soya "full-fat" leche <sup>1/</sup> , azúcar.	2.51	3.00	58
Harina de trigo, harina de maíz y leche <sup>1/</sup> .	1.68	2.50	54
Harina de mandioca y soya "full-fat"	2.51	3.00	57
Harina de maíz, soya "full-fat" y soya desengrasada.	2.08	2.50	65
Soya "full-fat", semilla de algodón "full-fat" y harina de arroz.	2.30	3.00	63
Harina de semilla de algodón de "expeller", soya desengrasada, azúcar y maíz.	2.19	3.00	68
Harina de soya "full-fat"	2.40	3.00	66
Maíz desgerminado, soya "full-fat", azúcar y fosfato tricálcico.	2.40	2.50	74
Soya "full-fat", cacahuate "ful-fat", y harina de arroz.	2.32	2.50	60
Harina de maíz desgerminado, soya "full-fat", azúcar, minerales y vitaminas.	2.48	2.50	65
Harina de maíz desgerminado, soya "full-fat" azúcar, leche <sup>1/</sup> en polvo descremada, premez- cla de vitaminas y minerales.	2.71	2.50	62
Harina de maíz desgerminado, harina de semilla de algodón, aceite de semilla de algodón, azú- car, vitaminas, minerales más 2,25% de lisina.	1.98	2.50	57
Igual que la anterior pero con 0.50% de lisina.	2.26	2.50	-

<sup>1/</sup> Cuando la mezcla alimenticia contiene proteínas de leche, es recomendable usar temperaturas de 250° - 280°F como máximo en la extrusión. Temperaturas de extrusión más altas pueden ocasionar una reducción - en el valor de NPU, debido probablemente a una parcial obstrucción de lisina por la unión térmica de azúcares de la leche con sus aminoácidos.

Fuente: Oak B. Smith  
History and status of specific protein-rich foods  
Ed. Dr. Max Milner, AACC 1969, p. 148

TABLA 19

CARACTERISTICAS DE UNA MEZCLA TIPICA PREPARADA POR EXTRUSION

Composición:

Harina de soya "full-fat"	40%
Harina de maíz desgerminado	43%
Azúcar blanca	10%
Azúcar morena	5%
Sal yodada	0,5%
Fosfato de calcio	1%
Premezcla de vitaminas y minerales	0,5%

Análisis:

Humedad	6.9%
Proteína(Nx6.25)	20.5%
Total de Lisina, g/16 g./N	5.37%
Lisina disponible g/16 g./N	4.78%
Grasa, extraida con eter	4.80%
Acidos grasos libres	2.0%
Cenizas	3.3%
Cenizas insolubles en ácidos	0,02%
Fibra cruda	1.20%

Valores Nutritivos:

NPU	65
PER (estandarizado)	2.48
PER (caseína)	3.00

Análisis Bacteriológico:

Cuenta estandar por g.	440
Coliformes	< 1
Estafilococos	< 1
Enterococos	2
Esporas aeróbicas (por 10g.)	100
Salmonella (por 25g.)	Ninguna detectada
Levaduras y hongos, por g.	< 1
Esporas Anaeróbicas, por 10g.	15

Pérdidas de Vitaminas durante el procesamiento (Vitaminas encapsuladas)

	Muestra sin cocinar	Muestra cocinada
B1	2.88 mg/lb	2.59 mg/lb
B2	2.42 mg/lb	2.21 mg/lb

Fuente: Oak B. Smith

Protein-Enriched Cereal Foods for World Needs

Ed., Dr. Max Milner, AACC, 1969 p. 149

Estado bacteriológico, higiene, estabilidad de las vitaminas y análisis típicos de alimentos protéicos cocidos por extrusión.-

Los análisis de los alimentos cocinados por extrusión - generalmente se clasifican como muy buenos o excelentes desde el punto de vista de su estado bacteriológico y de higiene.

Normalmente, las cuentas totales de bacterias son particularmente bajas y sin patógenos, insectos, larvas viables, o la Salmonella la cual sobrevive al proceso de cocinado por extrusión cuando no existe una razonable higiene de procesamiento y en el equipo de manejo. La estabilidad vitamínica de vitaminas encapsuladas, cocinadas en las mezclas han sido inesperadamente altas, probablemente debido al breve período a elevadas temperatura a que se someten.

\*

37 SITUACION ACTUAL DEL MERCADO NACIONAL PARA LOS  
PRODUCTOS DE ALTO VALOR PROTEICO OBTENIDOS POR  
EXTRUSION

### 3.17 Consumo Nacional aparente y nivel de consumo previsto

En México el consumo de productos alimenticios que contienen proteína de soya, destinados para alimentación humana, se inició prácticamente en los últimos cinco años, empleando menos de 2000 toneladas anuales de harina de soya para ese fin.

En 1973 el consumo alcanzó la cifra de 6.67 toneladas - por día en promedio, que representan una producción de 2400 toneladas por año.

Actualmente se están procesando un promedio de 17 toneladas de harina de soya por día que representan 6,200 toneladas anuales (28). De esas 17 toneladas por día, 5 son de harina de soya integral obtenida directamente por el proceso de extrusión y usada en la elaboración de polvos para bebidas y en panadería. Las 12 toneladas restantes son de harina de soya desengrasada, usada en panadería, en la elaboración de polvos para bebidas, en el enriquecimiento de cereales, en alimentos infantiles y en la preparación de alimentos texturizados usados como substitutos de carne, estos últimos obtenidos casi exclusivamente por el proceso de extrusión. Se estima que actualmente se están produciendo - más de 100 toneladas por mes de los mencionados productos - texturizados. Esta cantidad sumada a las 150 toneladas que se producen de harina de soya integral hacen un total de - 250 toneladas mensuales de productos obtenidos por el pro-

ceso de extrusión.

Para fines del presente año entrará en operación nuevo equipo de extrusión que ha sido adquirido por varias compañías nacionales, con el cual se estima que la producción - aumentará a un mínimo de 736 toneladas por mes que equivalen a 8,800 toneladas por año, cantidad que como ahora, resultará insuficiente ya que existe una mayor demanda de ese tipo de productos debido a que ha crecido más esta que su producción.

Por otro lado, si se toma en cuenta el continuo aumento de precio y la escasez de alimentos ricos en proteínas tradicionales, como la carne, el déficit de alimentos proteínicos a base de proteína vegetal se hará todavía más evidente.

En México, actualmente, el consumo per capita de harina de soya es de apenas 133 gramos por año y en 1975 podrá subir a 330 gramos. En tanto que en los Estados Unidos, - sin tener una falta tan evidente de alimentos proteínicos como en los países latinoamericanos, se tiene un consumo - de cerca de cuatro kilogramos de harina de soya por habitante por año y se estima que para 1980 estarán consumiendo - un mínimo de 11,5 Kg por habitante por año. Por nuestra parte, en base a la aceptación que actualmente están teniendo esos productos en México, se estima que para 1980 se po-

drá tener un consumo aproximado a 5 Kilogramos por habitante por año, lo cual equivale a que se esten produciendo al rededor de 340 mil toneladas de harina de soya para consumo humano para la elaboración de diversos productos alimenticios. Lo anterior hace evidente el amplio mercado que se tendrá en los próximos años para esos productos.

3.2.- Productos elaborados por el sistema de extrusión o similares que existen en el mercado nacional.

Como se vio en el capítulo 2, existe un gran número de productos de alto valor nutritivo que pueden obtenerse por el proceso de extrusión, adecuados para la alimentación humana, como es el caso de harina integral de soya, polvos para bebidas y de productos texturizados. No obstante, en México se elaboran relativamente pocos de esos productos, siendo que en nuestro medio pueden tener un mayor consumo en función de la escasez de alimentos protéicos de bajo costo que se padece en muchas zonas de nuestro país.

De los productos que se obtienen por extrusión en México sobresale la harina integral de soya, producida en su mayor parte por la empresa Industrial de Alimentos, S.A., localizada en el Distrito Federal. En Navojoa, Son. existe una planta del Colegio del Pacífico, donde también se produce harina integral de soya, si bien, en una escala mucho más reducida, esta firma distribuye sus productos con la marca Col-Pac.

El precio del harina integral de soya ha oscilado entre 7 y 9.60 pesos por Kilo.

Su principal uso esta en el enriquecimiento de diversos productos de panadería y en la preparación de polvos para bebidas.



Dentro de los productos que contienen harina integral de soya disponibles en el mercado nacional destaca el Soyacit, el cual es un polvo con sabor a chocolate, - usado en la preparación casera de bebidas nutritivas, - este producto se vende a razón de 20 pesos por Kilo. - Otros productos similares son: el Soyatole vendido en bolsitas de 60 gramos, a razón de 1,20 pesos cada una y el Soyacoa, vendido a razón de 26 pesos por Kilo. Otro producto es el RiKi-roz, elaborado a base de harina de arroz y harina de soya, en forma de pequeñas almendras tostadas, en bolsitas de 25 gramos, vendidas a razón de 1,20 pesos cada una.

Los cuatro productos anteriores son fabricados por la empresa Industrial de Alimentos S.A., de la cual se nos informó, que la demanda de esos productos es superior a su producción (28,29).

Otros productos similares son el Nutripronto, el - Chocovac elaborado por la Conasupo, el Isolac y Nutrilac elaborados por Industrial de Alimentos S.A., el Soyalac, elaborado por el Colegio del Pacífico en dos presentaciones; polvo y líquido (28).

La compañía Proteínas, S.A., elabora el producto -

Protea-MPF que es un alimento de multiples usos, preparado a base de harina integral y distribuido en regiones de gente con escasos recursos, acostumbrada a la dieta de maíz, proporciona proteínas, vitaminas y minerales, se puede incorporar principalmente en tortillas y frijoles. - Este producto es vendido a precios muy económicos desde 1960, habiendo sido promovido principalmente por la Fundación Americana de Liberación del hambre (28).

En la elaboración de cereales proteïnados para niños, la harina de soya tiene un consumo que crece considerablemente asi como en la elaboración de productos harinosos, - de los cuales la compañía Lance Hermanos, tiene en el mercado dos harinas preparadas para hacer "hot cakes" y donas fortalecidas con harina de soya. La firma "ACCO" vende también una harina para preparar "hot cakes" marca Pronto, enriquecida con harina de soya. Se sabe también que la empresa Pan Bimbo esta fortaleciendo sus productos "Marinela" - con harina de soya, consumiendo alrededor de 20 toneladas por mes. Por otra parte, la Conasupo ha patentado varios alimentos protéicos, dos de los cuales estan a la venta al público; uno de estos es una harina que contiene 70% de harina de frijol y 30% de harina de soya, complementadas con metionina, vitaminas y minerales, el otro producto es

una mezcla de harinas de garbanzo y de soya adicionada de vitaminas y minerales.

Estos productos tienen un contenido de proteína de al rededor de 31% y son distribuidos directamente al público en paquetes de 300 gramos a un precio de nueve pesos por kilo. La cantidad diaria recomendada es de 150 gramos por persona y se sugiere incluir estas harinas en sopas y alimentos fritos (30). Este producto es vendido en algunas - partes del interior del país.

Por último tenemos los productos texturizados, actual mente empleados solo como substitutos de la carne en México, estos se preparan principalmente por el proceso de extrusión usando como materia prima principal a la harina de soya desgrasada, obtenida con adecuadas condiciones de higiene y desolventizada a vacío o en un desolventizador - "flash" con objeto de no dañar su valor nutritivo.

La empresa Industrial de Alimentos, S.A., tiene a la venta un producto denominado "Protoleg" que es un substitu to de la carne, preparado a base de harina de soya texturi zada, contiene 50% de proteína, al rehidratarse rinde tres veces su peso, se vende al público a razón de 27 pesos por kilo. La aceptación de este producto ha sido relativamente buena, habiendosenos informado que la demanda va en crecien te aumento (29). Esta misma compañía elabora un chorizo

a base de su producto texturizado, presenta un agradable sabor y aspecto y esta teniendo buena aceptación entre los consumidores, su precio de venta al público es de 15 pesos por kilo.

Otro producto, similar a los dos anteriores es el denominado "Alvorada", embasado por Empacadora del Bajío, elaborado con soya texturizada, molida y deshidratada, contiene 59% de proteínas como mínimo y presenta un sabor prácticamente igual al de la carne. Se distribuye en paquetes de 330 gramos, al hidratarse se obtiene un kilo de producto listo para cocinarse como carne normal, su precio es de 15 pesos por paquete (28, 31).

En el Colegio del Pacífico, en Navojoa, Son., se están produciendo tres variedades de carne de soya con sabores de jamón, pollo y res, además de un cereal enriquecido con soya y leche de soya (28).

Industrial de Abastos, S.A., elabora el producto denominado "Proteida", que es una carne molida, constituida por 70% de carne de res y 30% de proteína de soya texturizada, tiene agradable sabor y se considera más nutritiva que la carne. Su precio al público es de 23 pesos - el kilo aproximadamente.

Su uso principal consiste en la preparación de hamburguesas y albóndigas.

La compañía Dieta Mex. S.A. tiene en el mercado un alimento estilo picadillo a la mexicana, denominado "Pica Rico", en el cual interviene buena parte de soya texturizada.

Por último, la compañía Proteína Soya, S.A., tiene en el mercado dos productos a base de proteína de soya texturizada, el Soyabeef con 63% de proteína y Soyarne con 50% de proteína, ambos son substitutos de la carne y se distribuyen al público a un precio de 44 y 22 pesos el kilo respectivamente(29).

4.- PRODUCTOS BASE PROPUESTOS PARA OBTENERSE  
POR EL SISTEMA DE EXTRUSION AL INICIO DE  
OPERACIONES DE UNA PLANTA INDUSTRIAL.

#### 4.1.- Harina de Soya Integral

En primer término se considera que en función de las múltiples aplicaciones que esta teniendo la harina de soya integral en el enriquecimiento del valor nutritivo de productos alimenticios y de su creciente demanda en el mercado nacional, resulta de interés un proyecto para aumentar la producción de este producto en nuestro país.

Como ya se vio antes, con el sistema de extrusión se obtiene una harina de soya integral de excelente calidad, adecuada para satisfacer la demanda nacional.

El principal uso que se le daría a la harina de soya integral, sería el de enriquecer con proteínas; panes, tortillas, atoles, galletas, sopas, ates, alimentos para bebés, polvos para bebidas instantaneas, leches, bebidas embotelladas, etc.

En la actualidad, como se vio anteriormente, se están enriqueciendo muchos de los productos mencionados, pero se están produciendo a una escala todavía muy baja.

Harina de soya integral producida, con un análisis químico similar al presentado en la Tabla 11 o 16, se estima, que en función de los precios actuales (7 a 9.60 pesos por kilo),

tendría un costo de aproximadamente 8 pesos por kilo y se ría distribuido para su consumo en empaques adecuados con objeto de conservar sus propiedades nutritivas y preservarla por un tiempo mayor, en función de su alto contenido de grasa.

En la Figura 8 se presenta el balance de materiales para obtener una tonelada de harina de soya integral, considerando que la soya en grano, despreciando el contenido de material extraño como piedras y pajas, tiene un 6,5% de cascarilla y 12% de humedad, y que la harina integral contiene 8% de humedad.

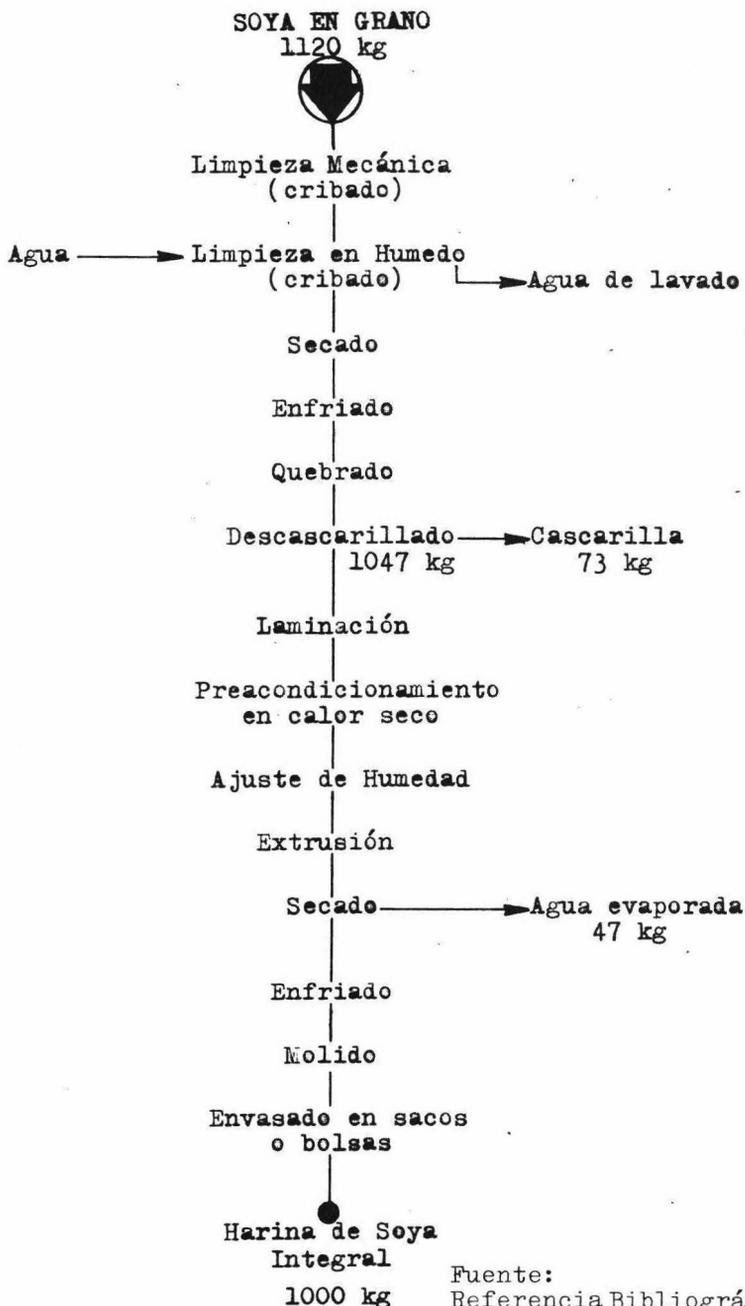


FIG. 8.- BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE UNA TONELADA DE HARINA DE SOYA INTEGRAL

## 4.2.- Alimentos Expandidos con Alto Contenido de Proteínas

### 4.2.1.- Alimentos tipo botanas

En nuestro país, actualmente no se está produciendo este tipo de alimentos, sin embargo, se considera que pueden tener gran aceptación en nuestro medio, en virtud de que en general ya se tiene el hábito de consumir una amplia variedad de botanas tales como papas fritas, chicharrones de harina, cereales tostados o fritos en aceite, etc.

Experimentalmente se ha logrado obtener por el sistema de extrusión, alimentos a base de harina de soya de sengrasada adicionada con un cereal, con sabor y texturas similares a los productos antes mencionados pero con la enorme ventaja de tener un valor nutricional mucho mayor que esos, ya que pueden prepararse con 20 a 30% de proteínas de buena calidad, además de estar bien dotados de vitaminas y minerales. Un análisis aproximados que podrían presentar este tipo de productos se muestra en la Tabla 20.

Se estima que podría distribuirse a un nivel de 13 pesos por kilo, precio que comparado con el de botanas elaboradas de productos harinosos o papas fritas, resulta sensiblemente menor y con un mayor valor

TABLA 20

COMPOSICION APROXIMADA DE LOS ALIMENTOS EXPANDIDOS  
TIPO BOTANAS

Componente	%
Proteína total	29.88
Humedad	8.00
Sólidos de soya	46.00
Sólidos de trigo	42.04
Sal	2.50
Saborizante	1.10
Moderador de textura, como NaOH	0.34
Colorante	0.02

Fuente: Datos de pruebas experimentales.

nutritivo.

En la Figura 9 se presenta el balance de materiales para obtener una tonelada de alimentos expandidos tipo botanas, considerando que la pasta de soya tiene 9.5% de humedad, 50% de proteína, y 3.5% de fibra, que el harina de trigo tiene 10% de humedad y 12% de proteína, y que el producto final tiene 8% de humedad y 29.88% de proteína.

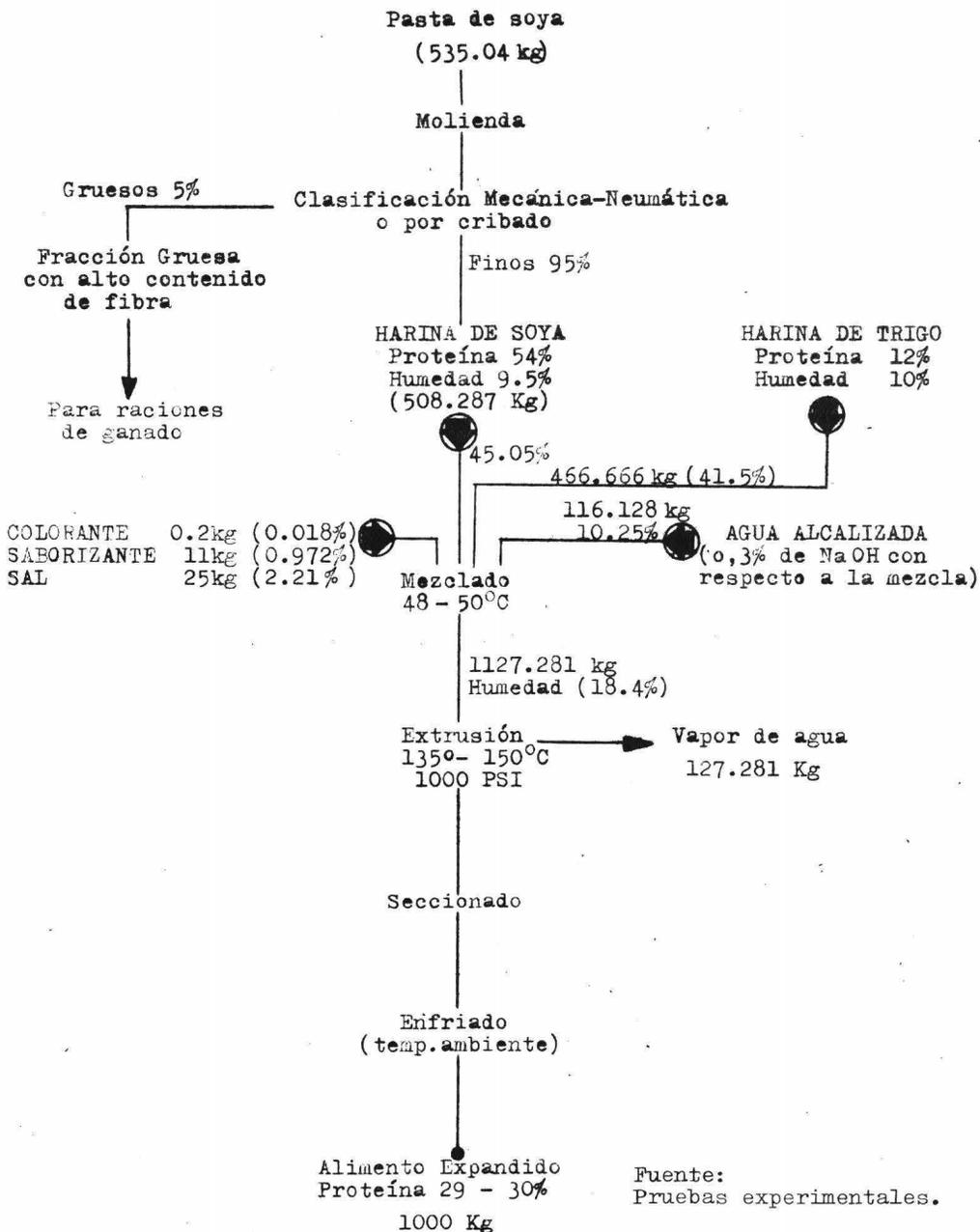


FIG.9.- BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE UNA TONELADA DE ALIMENTOS EXPANDIDOS TIPO BOTANAS.

#### 4.2.2.- Alimentos sustitutos de la carne (Texturizados)

En la actualidad ya es notorio que los alimentos que sirven como sustitutos de la carne van teniendo una demanda ascendente en el mercado, en función del continuo aumento del precio de la carne y de su relativa escases, asi como de otros productos protéicos consumidos tradicionalmente tales como frijol y los productos lacteos.

Por otra parte, es lógico pensar, que los primeros - niveles socioeconómicos afectados con el aumento del costo en los alimentos de primera necesidad, con los de ingresos más bajos, por lo que el elaborar un producto que substi--tuya en forma conveniente a los alimentos tradicionales, a un precio accesible, principalmente para tales grupos humanos, resulta de interes social.

Por esa razón, se determinó que es necesaria la creación de una serie de productos que en función de sus diferentes presentaciones y usos, puedan tener una buena acep--tación entre los consumidores.

Un produto que al parecer, resulta adecuado para este propósito es el obtenido por el sistema presentado en la Figura 7, el cual consiste de un producto expandido, en pequeños trozos, elaborado a base de harina de soya mez--

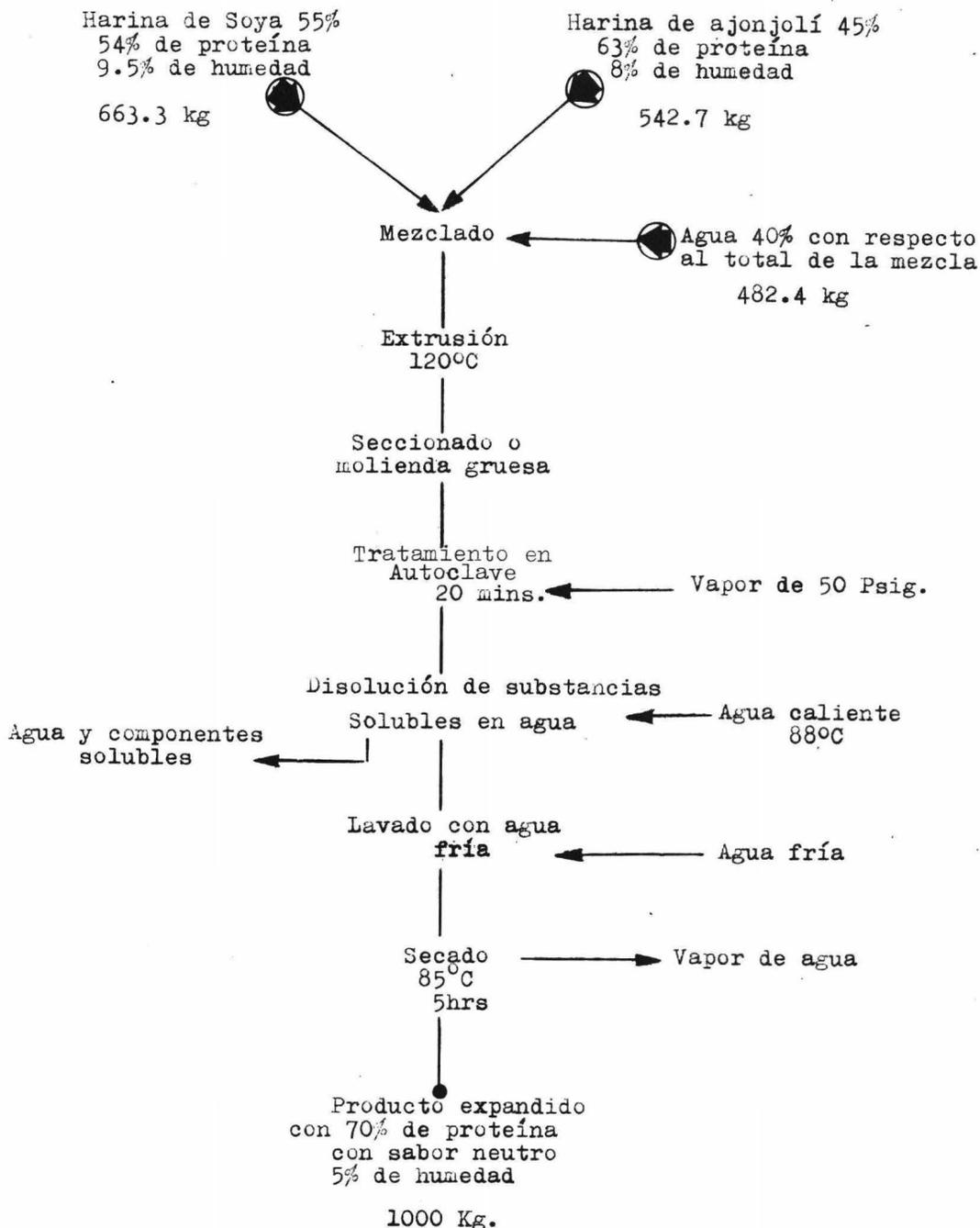
clada con otros componentes que se juzguen convenientes y que presentaría un contenido mínimo de proteína de 70% el cual se podría consumir mezclándolo con cereales, legumbres, papas o cualquier otro alimento rico en carbohidratos con objeto de obtener alimentos con el nivel de proteínas usual en los productos naturales, de 20 a 30%.

La gran ventaja que se visualiza en este producto, así como en el anterior (subcapítulo 4.2.1.), es la posibilidad de elaborarlos a base de mezclas de pastas de oleaginosas como la soya y el ajonjolí por ejemplo, con lo que se obtendrían productos con un balance de aminoácidos mucho mejor que si se emplea una sola fuente de proteínas, generando así un producto de mayor valor nutricional.

Se ha estimado que un producto de esta naturaleza podría distribuirse a razón de 17 pesos por kilo

En la Figura 10, se presenta el balance de materiales para la producción de una tonelada de alimentos texturizados substitutos de carne, elaborados a base de harina de ajonjolí con 63% de proteína.

FIG. 10 - BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE UNA TONELADA DE UN ALIMENTO TEXTURIZADO SUBSTITUTO DE CARNE



#### 4.3.- Niveles socio económicos a que se destinaran estos productos

Los grupos humanos a que se destina los productos propuestos en este trabajo, son los de menores ingresos y los de nivel medio bajo, personas tales como campesinos y obreros. Los productos en forma de botanas, podrán ser dirigidos hacia la clase media como un complemento nutritivo a otros alimentos de consumo habitual. Por otro lado, resulta claro que las clases altas, no intentarán substituir su consumo de carne, por substitutos como las aquí mencionados, ya que podrán siempre adquirir la carne que deseen apesar de que su precio sea alto. Sin embargo, nos enfrentamos a la tendencia más o menos generalizada de consumir con mayor agrado los productos naturales y de no consumir productos denominados "sintéticos", aunque se nos informe que también poseen un alto valor nutritivo, a menos que tengamos que consumirlos por necesidad debido a su menor precio. Por tanto, se piensa que en un futuro inmediato ese será el caso en nuestro medio y las clases económicamente más débiles empezarán a consumir en mayor escala este tipo de producto por mera necesidad, en un principio y después se acostumbrarán totalmente a ellos.

\*

5-. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE  
LA PLANTA Y SU LOCALIZACION MAS  
FACTIBLE.

### 5.1.- Disponibilidad actual de materias primas

Las materias primas necesarias para la elaboración de los productos propuestos en el capítulo anterior son en primer término, la soya en grano para elaborar harina integral, pasta de soya y harina de ajonjolí desengrasada para la elaboración de botanas y substitutos de carne. Los cereales son otra materia prima, que en el caso de las botanas, podría usarse hasta en un 65%, pudiendo ser harina de trigo, maíz, tapioca o algún otro rico en carbohidratos y que tenga bajo contenido de grasa.

En lo referente a la disponibilidad de soya en grano, tenemos que en México, en 1973 se produjeron 510 mil toneladas y se importaron casi 300 mil toneladas de los Estados Unidos (28). En México, los principales centros de producción de soya son: Sonora con 110 mil toneladas, Sinaloa con 80 mil y El Mante/Tampico con 25 mil toneladas en 1973.

Actualmente se están haciendo esfuerzos por incrementar los cultivos de soya en nuestro país, de manera que en pocos años no solo ya no se importe soya en grano sino que se puedan exportar productos terminados elaborados a base de proteína de soya.

La producción nacional de pasta de soya ascendió en 1973 a alrededor de 607 mil toneladas, mas 62 mil toneladas que se importaron de Estados Unidos, hacen un total - de alrededor de 669 mil toneladas consumidas en nuestro - país (28).

Los principales consumidores de pasta de soya en México han sido los fabricantes de alimentos balanceados para animales, consumiendo el 70% de la producción de pasta en la elaboración de alimentos para aves y el 30% restante se emplea para la elaboración de alimentos para ganado porcino.

El porcentaje de pasta de soya que se usa en México para elaborar alimentos para humanos es menor al 0.5% de la producción, pudiendo aumentarla sensiblemente sin problemas de disponibilidad (28).

La harina de ajonjolí, si bien no es un producto - comercial, es posible solicitar su preparación a una planta aceitera, donde se eliminarían los tratamientos térmicos excesivos en el desolventizado de la pasta y donde - se obtendría una fracción baja en fibra. También sería posible preparar esta harina en la misma planta, - a un costo que se estima no sería mayora 5500 pesos por - tonelada.

Las otras materias primas necesarias en la obtención de los productos aquí propuestos carecen de significación en cuanto a disponibilidad, en función de las pequeñas - cantidades en que intervienen, como son; saborizantes, colorantes, sal y aditivos químicos.

## 5.2.- Capacidad de la planta

En base a las condiciones actuales del mercado y la creciente aceptación que están teniendo el tipo de productos, como los que en este trabajo se proponen, se estimó adecuado iniciar las operaciones de la planta con poco más de 200 toneladas por mes de productos terminados, distribuidos en la siguiente forma; 100 toneladas de harina de soya integral, 60 de alimentos tipo botanas y 40 de alimentos texturizados substitutos de carne, los cuales se estima que podrán colocarse en forma relativamente fácil en el mercado nacional tomando en consideración que ya existe mercado para la harina de soya integral y para los productos texturizados como se vio en el capítulo anterior.

Por otro lado, se determinó que el extrusor modelo X-25 de la compañía Wenger Manufacturing, puede satisfacer los niveles de producción requeridos, trabajando 16 horas por día (aproximadamente dos turnos), seis días por semana.

En la Tabla 21 se indica una programación de la producción que resulta factible esperar del equipo de extrusión X-25 según catálogos de la compañía que lo fabrica.

TABLA 21

PROGRAMACION DE LA PRODUCCION CON EL EQUIPO DE  
EXTRUSION X-25

*16 hrs = 2 turnos de 8 hrs.*

Producto	Producción		Período de Producción hrs/semana	Producción Mensual Tons.	Producción Anual <sup>1/</sup> Tons.
	kg/hr	Ton/día			
A-Harina de soya integral	625	10	40	100	1,250
B-Botanas	750	12	20	60	750
C-Substituto de carne	278	4.44	36	40	500
Total			96	200	2,500

<sup>1/</sup> Considerando 125 días para el producto A, 62.5 días para el B y 112.5 días para el C.

Fuente: Catálogo de la firma Wenger Manufacturing No. 42-1171.

En el caso de que la producción de alguno o algunos - de los productos fuera insuficiente, se tendría disponible un tercer turno para satisfacer esa demanda, suponiendo que un análisis - económico lo presentara como factible.

Es conveniente mencionar, que las capacidades de producción presentadas en la Tabla 21, corresponden a alrededor del - 80% de la capacidad máxima del equipo para la elaboración de cada uno de los productos.

### 5.3.- Localización más factible

Tomando en consideración que los grupos humanos a que principalmente se pretende destinar este tipo de productos, son la gente de escasos recursos, que generalmente se encuentra localizada fuera de los grandes centros urbanos, se estima conveniente que una planta de esta naturaleza se localize precisamente en alguno de los principales centros de producción de soya y cereales, con el objeto de lograr que el costo de la materia prima sea lo más económico posible.

Además, el producto terminado, de cualquier forma tendría que ser transportado a grandes distancias, resultando más conveniente efectuar el transporte como tal y no como materia prima ya que ésta representa volúmenes mayores y no resiste tanto sobrecargo en su costo por concepto de transportación, como el producto terminado.

Con tales antecedentes, se estima que siendo Sonora y Sinaloa los dos principales centros productores de soya y cereales, como trigo y maíz, resulten adecuados para la instalación de la planta.

Para seleccionar a uno de estos dos centros product

res, se tomó en cuenta su situación geográfica, resultando con mayores ventajas de localización el estado de Sinaloa en función de que se encuentra más hacia el centro de la República que el Estado de Sonora. Además, también se tomó en consideración que en la ciudad de Navojoa, - Sonora, en el Colegio de Pacífico ya se están produciendo algunos alimentos texturizados, y harina integral de soya, si bien a una escala muy reducida, pero que ya tiene parte del mercado del Estado. No obstante, en Sinaloa puede considerarse un lugar virgen para este tipo de industria.

\*

6.- DETERMINACION DE LA INVERSION TOTAL  
PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE  
LA PLANTA.

## 6.1.- Estimación de la Inversión Fija

La inversión fija que se calcula, es la necesaria para efectuar las instalaciones para la operación normal de la planta a la capacidad establecida. No obstante, pensando en futuras ampliaciones, los equipos auxiliares básicos y las áreas de instalación de los equipos, han sido estimados para que cuando menos, soporten una ampliación al doble de la capacidad inicial. En la Tabla 23, se presenta un resumen de todos los conceptos considerados para la estimación de la inversión fija de la planta de productos alimenticios obtenidos mediante el sistema de extrusión.

### A.- Terreno para la Instalación

Al efectuar una estimación sobre el espacio requerido para producción, almacenamiento, oficinas servicios y patios de la planta proyectada, se consideró que un área de 2,000 m<sup>2</sup> resultaría suficiente para su instalación. El valor de este terreno, considerando que deberá disponer de todos los servicios necesarios para mantener el buen funcionamiento de la planta, tales como: agua, corriente eléctrica, vías de comunicación, ferrocarril, además de estar cerca de alguna población se estima, que con base en consultas efectuadas con industriales de la región de Culiacán, Sin., que podrá costar alrededor de 50 pesos el metro cuadrado, lo que representa una inversión de 100,000.00 pesos por este concepto.

## B.- Equipo de proceso.

Para la estimación del costo total del equipo de proceso, se siguió el método descrito por Popper (32), con base en conocer con una buena aproximación el costo del equipo principal, se puede estimar mediante relaciones específicas para cada tipo de industria, el costo de todo el equipo restante, - servicios y construcciones de la planta.

Para efectuar esta estimación es necesario tomar en cuenta que el equipo principal,  $E_m$ , es aquél en el cual el material sufre un cambio de estado, condición o composición, o - equipo en el cual el material procesado es almacenado. En el - costo del equipo de proceso principal se incluyen accesorios, agitadores, calentadores y todos los complementos o elementos del equipo utilizado.

El equipo auxiliar de proceso,  $E_a$ , es el equipo que sirve de enlace o control entre los diversos componentes del equipo principal, tales como transportadores, instrumentación, control de procesos y control eléctrico.

El equipo de proceso total,  $E_p$ , será entonces la suma del equipo principal,  $E_m$ , más el equipo auxiliar,  $E_a$ .

$$E_p = E_m + E_a$$

Teniendo una tabulación de las relaciones del equipo auxiliar,  $e_a = E_a/E_m$ , para proyectos similares, puede obtenerse una estimación del valor del equipo auxiliar del proceso.

De manera que multiplicando el valor del -  
equipo principal por la relación probable del equipo au-  
xiliar,  $e_a$ , nos dará una estimación del valor del equipo  
auxiliar del proceso. El rango de  $e_a$ , para este tipo de  
industrias tiene valores usuales de 0.25 a 0.35. Se es-  
tima que para el caso particular de esta planta,  $e_a$  ten-  
drá un valor de 0.3, con lo cual la relación quedará:

$$E_a / E_m = 0.3$$

El equipo principal,  $E_m$ , se presenta en lista de -  
la Tabla 22, incluye al extrusor X-25, un preacondicio-  
nador y un enfriador secador, de la Wenger Manufacturing  
con un costo, los tres, de \$ 1,200,000 pesos, LAB., fron-  
tera norte de México. Se estima que por gastos aduanales,  
fletes, embalajes, seguros, etc., se invierta el 25% del  
costo de ese equipo, por lo que su costo total puesto en  
Culiacán, Sin., sería de un millón 500 mil pesos.

Para la estimación del costo del equipo principal -  
restante, se usaron datos recientes, del estudio de pre-  
-inversión de una planta de extracción de aceite a base  
de soya y cártamo y datos de la literatura (32).

Con objeto de efectuar las correcciones de costos  
debidas a la diferencia de capacidades de los datos del  
equipo de que se dispone, con respecto a la capacidad  
del equipo que se requiere para esta planta, se consideró  
que podía lograrse una buena estimación con la regla de las

seis décimas, con la cual se pueden obtener resultados muy satisfactorios (32). En seguida se indica el cálculo del costo de cada uno de los equipos cuyo resumen se presenta en la Tabla 22.

$$\text{Fórmula: } P_b = P_a \left( \frac{C_b}{C_a} \right)^{0.6}$$

donde:  $P_a$  = Costo de adquisición del equipo A

$P_b$  = Costo de adquisición del equipo B

$C_a$  = Capacidad del equipo A

$C_b$  = Capacidad del equipo B

1.- Criba para limpieza mecánica <sup>1/</sup>

$$P_a = \$ 86,100.00$$

$$C_a = 12.5 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.25 \text{ ton/hr}$$

$$P_b = \frac{86,100}{\left( \frac{12.5}{1.25} \right)^{0.6}} = \$ 21,600.00$$

2.- Criba para limpieza en humedo

$$P_a = \$ 92,000.00$$

$$C_a = 12.5 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.25 \text{ ton/hr}$$

$$P_b = \frac{92,000}{\left( \frac{12.5}{1.25} \right)^{0.6}} = \$ 23,100.00$$

3.- Secador rotatorio

$$P_a = \$ 1,250,000.00$$

$$C_a = 6.8 \text{ ton agua evap./hr}$$

$$C_b = 1.25 \text{ ton agua evap./hr}$$

$$P_b = \frac{1,250,000.}{\left( \frac{6.8}{1.25} \right)^{0.6}} = \$ 193,500.00$$

<sup>1/</sup>El costo conocido de este equipo y el de los siguientes fueron recabados en las compañías fabricantes o distribuidoras de los mismos, al inicio de 1974.

4.- Quebrador

$$P_a = \$ 191.000.00$$

$$C_a = 12.5 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.25 \text{ ton/hr} \quad P_b = \frac{191.000}{\left(\frac{12.5}{1.25}\right)^{0.6}} = \$ 47.900.00$$

5.- Aspirador de cascarilla

$$P_a = \$ 59,800.00$$

$$C_a = 1.25 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 0.125 \text{ ton/hr} \quad P_b = \frac{59.800}{\left(\frac{1.25}{0.125}\right)^{0.6}} = \$15,000.00$$

6.- Hojueleador

$$P_a = \$ 217,000.00$$

$$C_a = 12.5 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.1 \text{ ton/hr} \quad P_b = \frac{217.000}{\left(\frac{12.5}{1.1}\right)^{0.6}} = \$ 34,400.00$$

7.- Secador rotatorio

Este equipo es igual al calculado en el punto 3.

8.- Molino " Alpine"

$$P_a = \$ 77,000.00$$

$$C_a = 5 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.1 \text{ ton/hr} \quad P_b = \frac{77.000}{\left(\frac{5}{1.1}\right)^{0.6}} = \$ 31,000.00$$

9.- Mezcladora

$$P_a = \$ 40,800.00$$

$$C_a = 2 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1.2 \text{ ton/hr}$$

$$P_b = \frac{40800}{\left(\frac{2}{1.2}\right)^{0.6}} = \$ 30,000.00$$

10.- Autoclave

$$P_a = \$ 91,200.00$$

$$C_a = 2 \text{ ton/hr}$$

$$C_b = 1 \text{ ton/hr}$$

$$P_b = \frac{91200}{\left(\frac{2}{1}\right)^{0.6}} = \$ 60,000.00$$

TABLA 22

LISTA DEL EQUIPO PRINCIPAL ( Em ) DE LA PLANTA

Equipo	Precio LAB Culiacán Sin.
Extrusor con preacondicionador y un enfriador-secador	\$ 1,500,000.00
1.- Criba 2	21,600.00
2.- Criba 2	23,100.00
3.- Secador rotatorio	193,500.00
4.- Quebrador	47,900.00
5.- Aspirador de cascarilla	15,000.00
6.- Hojueleador	34,400.00
7.- Secador rotatorio	193,500.00
8.- Molino	31,000.00
9.- Mezcladora	30,000.00
10.- Autoclave	60,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 2,150,000.00</b>

Fuente:  
Información directa con fabricantes y distribuidores de estos equipos.

De la Tabla 22 se tiene que:  $E_m = \$ 2,150,000.00$  y puesto que  $e_a = 0,3$ , entonces  $E_a = 2,150,000.00 \times 0.3$

$$E_a = 645,000.00$$

Por tanto:

$$E_p = 2,150,000.00 + 645,000.00$$

$$E_p = \$ 2,795,000.00$$

Por el mismo método, con el valor de  $E_p$ , se pueden estimar los siguientes conceptos, usando relaciones típicas para este tipo de industria:

C.- Instalación del equipo,  $E_i$ .

$$e_i = E_i / E_p \quad e_i = 0.18$$

$$E_i = e_i \times E_p = 0.18 \times 2,795,000$$

$$E_i = \$ 475,000.00$$

D.- Equipo para laboratorio de control de calidad.

Se estima que para efectuar las principales determinaciones físicas y químicas de la materia prima y de los productos será necesario equipo y material de laboratorio con un valor de 200,000.00 pesos.

E.- Tubería, ductos para aire e instalación eléctrica,  $TE$ .

$$te = TE / E_p \quad te = 0.06$$

$$TE = te \times E_p = 0.06 \times 2,795,000$$

$$TE = \$ 167,000.00$$

F.- Construcciones de áreas de proceso

$$mpb = Mpb/Ep \quad mpb = 0.25$$

$$Mpb = mpb \times Ep = 0.25 \times 2,795,000$$

$$Mpb = \$ 699,000.00$$

G.- Construcciones de áreas de servicio

$$msb = Msb/Ep \quad msb = 0.04$$

$$Msb = msb \times Ep \times Ep = 0.04 \times 2,795,000$$

$$Msb = \$ 112,000.00$$

H.- Distribución y suministro de servicios, como agua, vapor, potencia eléctrica, materias primas y productos, soportes de tuberías y otros.

$$md = Md/Ep \quad md = 0.165$$

$$Md = md \times Ep = 0.165 \times 2,795,000$$

$$Md = \$ 461,000.00$$

I.- Caminos internos, estacionamiento, drenaje, bardeado, alumbrado, nivelación y otros.

$$my = My/Ep \quad my = 0.056$$

$$My = my \times Ep = 0.056 \times 2,795,000$$

$$My = \$ 156,000.00$$

J.- Ingenieria de detalle, Id.

$$id = Id / Ep \quad id = 0.072$$

$$Id = id \times Ep = 0.072 \times 2,795,000$$

$$Id = \$ 200,000.00$$

K.- Imprevistos, I.

$$i = I / Ep \quad i = 0.15$$

$$I = i \times Ep = 0.15 \times 2,795,000$$

$$I = \$ 420,000.00$$

TABLA 23

RESUMEN DE LOS CONCEPTOS CONSIDERADOS PARA LA ESTIMACION DE  
LA INVERSION FIJA DE LA PLANTA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS  
OBTENIDOS POR EXTRUSION.

Concepto	Costo estimado LAB. Culiacán Sin.
A.- Terreno para la instalación.	\$ 100,000.00
B.- Equipo de proceso.	2,795,000.00
C.- Instalación del equipo.	475,000.00
D.- Equipo para laboratorio de control de calidad.	200,000.00
E.- Tubería, ductos para aire e instala- ción eléctrica.	167,000.00
F.- Construcciones de áreas de proceso.	699,000.00
G.- Construcciones de áreas de servicio.	112,000.00
H.- Distribución y suministro de servicios como agua, vapor, potencia eléctrica, materias primas y productos, soportes de tuberías y otros.	461,000.00
I.- Caminos internos, estacionamiento, drenaje, bardeado, alumbrado, nive- lación y otros.	156,000.00
J.- Ingeniería de detalle.	200,000.00
K.- Imprevistos.	420,000.00
Total	\$ 5,785,000.00

## 6.2.- Estimación del capital circulante

El capital circulante o de trabajo que la empresa necesitará para atender las operaciones de producción o distribución de bienes, puede estimarse en base a los siguientes renglones:

### a.- Efectivo

Para el pago de salarios e imprevistos con que la compañía debe contar, se consideró el costo de producción correspondiente a un mes. Esa cantidad, según se indica en la Tabla 25, es de 1,761,756.00 pesos.

### b.- Inventario de materia prima.

Se consideró que se podría operar con un inventario de materia prima necesario para un mes de producción, el cálculo de este costo se indica en la Tabla 24.

TABLA 24

COSTO DE LA MATERIA PRIMA PARA UN MES DE PRODUCCION

Materia Prima	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Costo Mensual
	ton.	\$/ton.	\$
100 tons de harina de soya integral			
a.- Soya en grano	1.12 <sup>1/</sup> x 100 = 112	3,500 <sup>2/</sup>	392,000.00
60 tons. de alimento tipo botana			
a.- Pasta de soya	0.53504 <sup>1/</sup> x 60 = 32.2	3,750 <sup>2/</sup>	120,000.00
b.- Harina de trigo	0.46666 x 60 = 28.0	3,000	84,000.00
c.- Sal	0.025 x 60 = 1.5	750	1,125.00
d.- Saborizante	0.011 x 60 = 0.66	35,000	23,100.00
e.- NaOH	0.0034 x 60 = 0.204	50,000	10,200.00
f.- Colorante	0.0002 x 60 = 0.012	100,000	1,200.00
40 tons. de alimento texturizado sustituto de carne			
a.- Pasta de soya (equivalente a 663.3 kg de harina de soya)	0.7 <sup>1/</sup> x 40 = 28	3,750 <sup>2/</sup>	105,000.00
b.- Harina de ajonjolí	0.5427 x 40 = 21.708	5,500	119,394.00
		Total	\$ 856,019.00

1/ Cantidades provenientes de los balances de materiales correspondientes.

2/ Los costo de las materias primas, se refieren a precio de mayoreo y fueron obtenidos en forma directa de firmas especializadas para cada caso.

c.- Inventario de producto terminado -

Por concepto de inventario de producto se tomó el equivalente a un mes de producción, valuada al costo de manufactura, cuyo cálculo, se encuentra en el siguiente capítulo, en la Tabla 25 se presenta el costo de producción para cada producto y costo total de producción mensual.

TABLA 25

COSTO DE PRODUCCION MENSUAL DE LA PLANTA

Producto	Producción Mensual Tons.	Costo por tonelada de producto \$	Costo de la producción mensual \$
Harina de soya integral	100	6,871.99	687,199.00
Alimento tipo botana	60	8,557.95	513,477.00
Substituto de carne	40	14,027.00	561,080.00
Total	200		\$ 1,761,756.00

d.- Cuentas por cobrar

Para la estimación del costo por este renglón, que incluye el capital necesario para cubrir el crédito o cuentas por cobrar que tiene la empresa por concepto de ventas, se consideró el monto del volumen de producción de mes y medio al precio de venta del producto. Tomando los valores presentados en la Tabla 26, el costo por este concepto es de - - 3,390,000.00 pesos.

TABLA 26

VALOR DE LA PRODUCCION MENSUAL Y ANUAL

Producto	Producción		Precio de Venta	Valor de las ventas por mes	Ventas Anuales
	mensual	anual			
	ton.	ton.	\$/ton	\$	\$
Harina de soya integral	100	1250	8 000	800,000.00	10,000,000.00
Alimento tipo Botana	60	750	13000	780,000.00	9,750,000.00
Substituto de carne	40	500	17000	680,000.00	8,500,000.00
Total	200	2500		2,260,000.00	28,250,000.00

Al sumar los costos de cada uno de los incisos anteriores, se obtiene el capital circulante, cuya suma se presenta a continuación:

a.- Efectivo	\$ 1,761,756.00
b.- Inventario de materia prima	\$ 856,019.00
c.- Inventario de producto	\$ 1,761,756.00
d.- Cuentas por cobrar	\$ 3,390,000.00
	<hr/>
Circulante	\$ 7,769,531.00

### 6.3.- Inversión Total.

La inversión total para efectuar la instalación y operación normal de la planta, se calculó sumando las cantidades correspondientes a la inversión fija, al capital circulante y a los cargos diferidos.

Los cargos diferidos se estimaron como un 10% de la suma de la inversión fija más el capital circulante lo cual representa 1,355,453.00 pesos. En esta cantidad se incluyen conceptos tales como; gastos de preoperación arranque de la planta y formación de la sociedad.

Por tanto, la inversión total queda como se indica a continuación:

Inversión Fija	\$ 5,785,000.00
Circulante	\$ 7,769,531.00
Cargos Diferidos	\$ 1,355,453.00
	<hr/>
Inversión Total	\$ 14,909,984.00

Se estima conveniente que como en industrias similares, esta inversión total se integre, solicitando por un lado un crédito refaccionario del orden de 7 millones de pesos y por otro, una aportación por parte de los socios, del orden de 7,909,984.00 pesos.

7.- ANALISIS DE LA VIABILIDAD ECONOMICA  
DEL PROYECTO

## 7.1.- Costo Total de Producción.

Para el cálculo del costo de producción se tomaron en consideración los precios mas recientes disponibles de todos los conceptos que se incluyeron en este estudio. Con tal propósito se efectuaron diversas consultas con industrias de materias primas y de equipos, complementando esos datos, con los existentes en la bibliografía.

A continuación se presentan los conceptos tomados en consideración para la estimación del costo total de los productos

A.- Costo de Producción.

### 1.- Materia Prima

Para el cálculo de las materias primas necesarias para la producción anual de los tres productos propuestos de la planta, se tomó como base, 300 días de producción al año, de los cuales, en total, 125 días habrán sido dedicados a la producción de harina de soya integral, 62.5 días a la producción de alimento tipo betana y 112.5 días a la producción de sustituto de carne. Los días por semana que se dediquen a la producción de cada uno de los tres productos dependerá de la programación que se estime adecuada, en función del volumen de ventas de cada producto.

A la soya en grano y a la pasta de soya, se les asigno el precio prevaleciente en el mes de mayo de 1974.

Los costos y consumo de todas las materias primas necesarias para la obtención de los tres productos, se presentan - en la Tabla 27.

TABLA 27  
CONSUMO Y COSTO DE MATERIAS PRIMAS

Materia Prima	C o n s u m o		Unitario	C o s t o	
	Por tonelada de producto	Anual <sup>1/</sup>		Por tonelada de producto	Anual
	tons.	tons.	\$/ton.	\$	\$
Soya en grano	1.12	1,400	3,500	3,920.00	
				<u>3,920.00</u>	4,900,000.00
Pasta de soya	0.535	401.25	3,750	2,006.25	
Harina de trigo	0.466	349.5	3,000	1,398.00	
Sal	0.025	18.75	750	18.75	
Saborizante	0.011	8.25	35,000	385.00	
NaOH	0.0034	2.55	50,000	170.00	
Colorante	0.0002	0.15	100,000	20.00	
				<u>3,998.00</u>	2,998,500.00
Pasta de soya	0.70	350	3,750	2,625.00	
Harina de ajonjolí	0.5427	271.35	5,500	<u>2,984.85</u>	
				5,609.85	2,804,925.00
Total					\$ 10,703,425.00

<sup>1/</sup> Tomando como base la producción anual especificada en la Tabla 21

## 2.- Mano de obra

Para estimar la cantidad de mano de obra necesaria para el buen funcionamiento de la planta se consideró el proceso que cuenta mayor número de operaciones principales, de ese modo, se tomo como base el proceso de elaboración de harina de soya integral, que tiene 12 operaciones principales, pudiendo trabajar con un operario 11 de ellas y una con dos operarios. Esta última incluye las operaciones de preacondicionamiento en calor seco, ajuste de humedad y extrusión. Por lo que son necesarios 13 operarios.

Las horas-hombre necesarias para las 16 horas de trabajo por día, se obtuvieron multiplicando el número de operarios por las horas de trabajo, originando 208 horas-hombre por día. Esta cantidad multiplicada por los 300 días de producción anual da 62,400 horas-hombre.

El salario mínimo en la región de Culiacán Sin., en 1974 es de 47 pesos por la jornada de ocho horas, por lo que la hora-hombre resulta en ese lugar a 5.875 pesos.

El costo anual por este concepto ascendera por tanto a 366,600.00 pesos.

Se consideró que para los otros dos procesos, los cuales requieren ligeramente menos mano de obra, no resulta excesivo el número de operarios considerados.

Para contabilizar las horas-hombre que emplea cada uno de los tres procesos, se distribuyó el costo total anual en forma proporcional, en función del número de días que cada proceso opera al año.

$$\text{Harina de Soya integral } \frac{125}{300} \times 366,600 = \$ 153,000.00$$

$$\text{Alimento tipo Botana } \frac{62.5}{300} \times 366,600 = \$ 77,300.00$$

$$\text{Substituto de Carne } \frac{112.5}{300} \times 366,600 = \$ 136,300.00$$

### 3.- Servicios

Los servicios indispensables para los tres procesos son: electricidad, vapor y agua, cuyos requerimientos unitarios se calcularon en función de datos localizados en la bibliografía (3). En la Tabla 28, se presentan el consumo y el costo de los servicios por separado para cada proceso.

TABLA 28

SERVICIOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DE LOS TRES PRODUCTOS

Producto y Servicio	Unidad	Consumo		Costo en pesos		
		Por ton.de Producto	Anual	Unitario	Por ton. de Producto	Anual
Harina de soya integral						
a)-Electricidad	Kw-hr	200	250,000	0,30	60,00	
b)-Vapor	Kg	600	750,000	0,02	12,00	
c)-Agua	m <sup>3</sup>	3	3,750	0,065	0,195	
					<u>\$ 72,195</u>	\$ 90,243.75
Alim. tipo Botana						
a)-Electricidad	Kw-hr	210	157,500	0,30	63,00	
b)-Vapor	Kg	600	450,000	0,02	12,00	
c)-Agua	m <sup>3</sup>	0,5	375	0,065	0,0325	
					<u>\$ 75,0325</u>	\$ 56,274.37
Alim. Substituto de Carne (Texturizado)						
a)-Electricidad	Kw-hr	200	100,000	0,30	60,00	
b)-Vapor	Kg	600	300,000	0,02	12,00	
c)-Agua	m <sup>3</sup>	2	1,000	0,065	0,13	
					<u>\$ 72,13</u>	\$ 36,065,00
Total						<u>\$ 182,583.12</u>

#### 4.- Supervisión

Para el pago de técnicos encargados de que las operaciones de la planta se lleven a cabo adecuadamente, se consideró a un superintendente con un sueldo de 10,000.00 pesos mensuales y jefes de turno, con un sueldo de 7,000.00 pesos mensuales cada uno.

El costo anual por este concepto asciende a 288,000.00 pesos. La distribución del costo de supervisión para cada producto, se efectuó igual que en el inciso 2.

#### 5.- Mantenimiento

El costo necesario para cubrir los gastos de reparación del equipo y materiales empleados para su conservación, se tomó igual a un 5% anual del capital fijo. Tal cantidad representa 289,250.00 pesos. La distribución de este costo para cada producto se efectuó igual que en el inciso 2.

#### 6.- Depreciación

En la industria de alimentos, normalmente se considera que el equipo se deprecia en cinco años. Por lo que la depreciación anual la obtendremos dividiendo el costo del

equipo de proceso entre cinco, lo cual resulta 559,000.00 pesos. La distribución de este costo para cada producto, se efectuó, igual que en el inciso 2.

#### 7.- Amortización

Por concepto de amortización, se consideró un 5% anual de los cargos diferidos lo cual resulta 66,600,00 pesos al año. La distribución de este costo para cada producto se efectuó igual que en el inciso 2.

#### 8.- Prestaciones

Este concepto incluye generalmente seguro social, vacaciones, gratificaciones, comedor, ausencias imprevistas del personal, etc. Se estimó como un 40% anual del costo de mano de obra directa, lo cual representa 146,640 pesos. La distribución de este costo para cada producto se efectuó igual que en el inciso 2.

#### 9.- Impuesto sobre ingresos mercantiles

Se consideró, de acuerdo con la ley, como un 4% sobre el monto total de ventas anuales, el cual representa 1,13 millones de pesos.

#### 10.- Seguros

Con objeto de asegurar a la empresa, se estimó un 2% anual del capital fijo, lo cual representa 115,700.00 pesos. La distribución de este costo para cada producto, se efectuó como en el inciso 2.

## 11.- Intereses

Como se vio, en el subcapítulo 6.3, se estimó conveniente solicitar un crédito del orden de 7 millones de pesos. Este crédito, como en casos similares a este, podría solicitarse a un plazo de 6 años, incluyendo un año de gracia, con un interés anual estimado de 14% sobre saldos insolutos.

En esta forma, en el primer año, tendría que pagarse - 980,000.00 pesos por concepto de intereses. La distribución de este costo para cada producto, se efectuó como en el inciso 2.

## 12.- Impuesto predial

El costo por este concepto se consideró como el 0,5% - anual sobre la inversión fija, lo cual representa 28,925.00 pesos. La distribución de este costo, para cada producto, se efectuó como en el inciso 2.

Los costos totales de producción, así como los renglones que la componen, se encuentran detallados en la Tabla 29.

## B.- Costos de Administración y Ventas.

Dentro de este renglón se agruparon aquellos gastos efectuados por la empresa que no se incluyen dentro de los costos de manufactura. Se tomaron como el equivalente a un 10% del valor promedio de las ventas anuales de cada producto lo que da un costo global de 2,825,000.00 pesos al año.

### C.- Costo Total de Producción

El costo total de los productos se obtuvo, sumandole al costo de producción, los gastos de administración y ventas, el costo de los envases y los gastos de distribución.

El costo de los envases, se estimó como un porcentaje del costo de producción de cada producto, tomando en cuenta que la harina de soya integral será envasada en bolsas de polietileno grueso, de dos y 50 kilos de capacidad, el alimento tipo botana será envasado en bolsas de celofán con 100 y 500 gramos, y el alimento sustituto de carne podrá envasarse en cajas de cartón con 300 gramos cada una. Tomando en cuenta el costo aproximado que tiene cada uno de esos envases, en industrias que elaboran productos similares, se consideraron las siguientes cantidades: para los envases de la harina de soya integral se consideró el 4% del costo de su producción que equivale a 266,317.00 pesos al año. Para los envases del alimento tipo botana, consistente en bolsas de papel celofán impreso, se consideró el 15% del costo de su producción que equivale a 583,293.00 pesos al año. Para los envases del alimento texturizado sustituto de carne se consideró el 18% del costo de su producción que equivale a 775,827.00 pesos al año.

Los costos de distribución de los productos terminados se estimaron en base al tamaño de los envases y a la fragilidad del producto, así por ejemplo, la manipulación y transporte de

las bolsas de harina integral de soya será más fácil y requerirá de menos cuidados que los otros dos productos, además de que podrá distribuirse envasada en bolsas de 50 kg, que resultan mucho más grandes que los envases de los otros productos. Esas circunstancias hacen que se reduzca considerablemente su costo de distribución, por lo que se consideró como un 10% de su costo de producción, que equivale a 665,794.00 pesos al año.

En lo referente a los alimentos tipo botana y sustituto de carne, se consideró un 25% del costo de su producción, en ambos casos ya que su distribución deberá efectuarse en cajas que contengan varias unidades las cuales además, ocuparán un volumen mucho mayor que el de la harina, en función de la baja densidad de ambos productos. En el caso del alimento tipo botana este costo equivale a 972,155.00 pesos anualmente y en el del sustituto de carne equivale a 1,077,538.00 pesos al año. Un resumen de esas cantidades y los costos por tonelada de cada uno de los tres productos se presentan en la Tabla 29.

TABLA 29 - COSTO TOTAL DE LOS PRODUCTOS

Concepto	Harina de soya integral		Alimento tipo Botana		Substituto de Carne	
	Por ton. de producto	Anual	Por ton. de producto	Anual	Por ton. de producto	Anual
	\$	\$	\$	\$	\$	\$
1.-Materias Primas	3,920.00	4,900,000.00	3,998.00	2,998,500.00	5,609.85	2,804,925.00
2.-Mano de Obra	123.17	153,972.00	102.64	76,986.00	271.28	135,642.00
3.- Servicios	72.20	90,244.00	75.04	56,274.00	72.13	36,065.00
4.-Supervisión	96.76	120,960.00	80.64	60,480.00	213.12	106,560.00
5.-Mantenimiento	97.18	121,485.00	80.99	60,742.00	214.04	107,022.00
6.-Depreciación	187.82	234,780.00	156.52	117,390.00	413.66	206,830.00
7.-Amortización	22.37	27,972.00	18.64	13,986.00	49.28	24,642.00
8.-Prestaciones	49.27	61,588.00	41.05	30,794.00	108.51	54,256.00
9.-Impuesto sobre ingre- sos mercantiles	379.68	474,600.00	316.40	237,300.00	836.20	418,100.00
10.-Seguros	38.87	48,594.00	32.39	24,297.00	85.61	42,809.00
11.-Intereses	329.28	411,600.00	274.40	205,800.00	725.20	362,600.00
12.-Impuesto Predial	9.71	12,148.00	8.09	6,074.00	21.40	10,702.00
<b>COSTO DE PRODUCCION</b>	<b>5,326.31</b>	<b>6,657,943.00</b>	<b>5,184.20</b>	<b>3,888,623.00</b>	<b>8,620.28</b>	<b>4,310,153.00</b>
Envases	213.05	266,317.00	777.70	583,293.00	1,551.65	775,827.00
GASTOS DE ADMINIS- TRACION Y VENTAS	800.00	1,000,000.00	1,300.00	975,000.00	1,700.00	850,000.00
Distribución	532.63	665,794.00	1,296.05	972,155.00	2,155.07	1,077,538.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>6,871.99</b>	<b>8,590,054.00</b>	<b>8,557.95</b>	<b>6,419,071.00</b>	<b>14,027.00</b>	<b>7,013,518.00</b>

## 7.2.- Rentabilidad de la Inversión

Los análisis económicos más usados para determinar la rentabilidad de una inversión, son la relación que existe entre la utilidad neta y la inversión total, y la que existe entre la utilidad neta y el capital social, que al multiplicarlas por 100 originan el denominado porcentaje de rentabilidad. Estas relaciones proporcionan un medio muy eficiente y claro para determinar la rentabilidad de una inversión sobre todo - cuando se emplea la utilidad neta, es decir, la que queda después de considerar impuestos y reparto de utilidades.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Inversión Total}} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital Social}} \times 100$$

Para el cálculo de la utilidad neta, se estimó primero la utilidad bruta, Tabla 30, la cual resulta de la diferencia entre las ventas anuales y los gastos erogados antes de pagar impuestos y el reparto de utilidades. El ingreso total obtenido por concepto de ventas se calculó en base a los datos que se presentan en la Tabla 31.

En lo que respecta al pago de impuestos, se consideró un 42% de las utilidades brutas y para el reparto de utilidades un 7% de las mismas. En la Tabla 31 se presenta las cantidades resultantes en cada caso y la distribución de las mismas

para cada producto, con objeto de estimar la utilidad neta - que genera cada producto en forma independiente.

En esa misma Tabla puede apreciarse como la elaboración de cada uno de los tres productos resulta rentable. La rentabilidad global con respecto a la inversión total resulta 21.3% y la rentabilidad con respecto al capital social resulta 40.15%, lo que implica que pueda recuperarse el capital social en 2.5 años.

TABLA 30

UTILIDAD BRUTA POR VENTAS

Producto	Costo de Producción anual	Ventas anuales	Utilidad bruta por ventas
	\$	\$	\$
Harina de soya integral	8,590,054.00	10,000,000.00	1,409,946.00
Alimento tipo botana	6,419,071.00	9,750,000.00	3,330,929.00
Substituto de carne	7,013,518.00	8,500,000.00	1,486,482.00
<b>Total</b>	<b>22,022,643.00</b>	<b>28,250,000.00</b>	<b>6,227,357.00</b>

TABLA 31

ESTIMACION DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Concepto	Harina de soya integral	Alimento tipo botana	Substituto de carne	Total
	\$	\$	\$	\$
Utilidad Bruta	1,409,946.00	3,330,929.00	1,486,482.00	6,227,357.00
Reparto de Utilidades	(98,696.00)	(233,165.00)	(104,054.00)	(435,915.00)
Impuestos	(592,177.00)	(1,398,990.00)	(624,322.00)	(2,615,490.00)
Utilidad Neta	719,073.00	1,698,774.00	757,706.00	3,175,952.00
Inversión Total				14,909,984.00
Capital Social				8,506,000.00
Rentabilidad 1 <sup>1/</sup>				21.3%
Rentabilidad 2 <sup>2/</sup>				40.15%

<sup>1/</sup> Rentabilidad con respecto a la inversión total.

<sup>2/</sup> Rentabilidad con respecto al capital social.

### 7.3.-Estimación de Capacidad Mínima Económica

Para determinar la capacidad mínima a la que la planta podrá operar sin tener pérdidas, se efectuó una clasificación de los costos para separar los fijos de los variables, para poder aplicarlos en una gráfica del punto de equilibrio.

En la Tabla 32 se presenta el desglose de los costos de operación global de la planta. En la gráfica del punto de equilibrio, Figura 11, puede apreciarse que la capacidad mínima económica de operación es de 56 %.

TABLA 32

COSTOS FIJOS Y VARIABLES TOTALES PARÁ DETERMINAR LA  
CAPACIDAD MINIMA ECONOMICA DE LA PLANTA.

<u>COSTOS FIJOS</u>	CANTIDAD
	\$
Supervisión y control de calidad	288,000.00
Mantenimiento	28,250.00
Depreciación	559,000.00
Amortización	66,600.00
Seguros	115,700.00
Impuesto predial	28,925.00
Administr. y Ventas	2,825,000.00
Distribución	2,715,487.00
Intereses	<u>980,000.00</u>
Total	\$ 7,867,962.00

<u>COSTOS VARIABLES</u>	
Materia Prima	10,703,425.00
Envases	1,625,437.00
Mano de Obra directa	366,600.00
Servicios	182,583.00
Prestaciones	146,640.00
Impuesto sobre ingresos mercantiles	<u>1,130,000.00</u>
Total	\$ 14,154,685.00

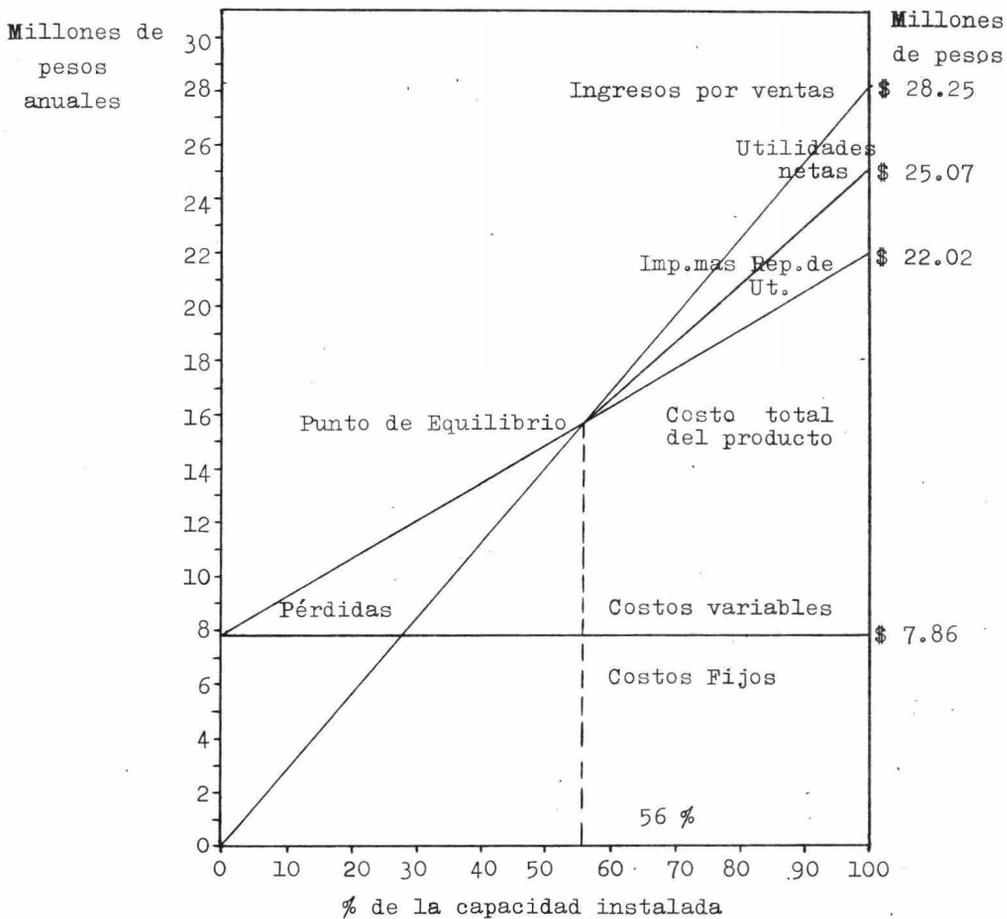


FIG.11.- GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO GLOBAL DE LA CAPACIDAD MINIMA ECONOMICA DE LA PLANTA

## 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El sistema de extrusión resulta adecuado para procesar alimentos a base de soya, sometiendo los a altas temperaturas por pocos segundos, obteniéndose un cocoimiento casi instantáneo, en operación continua, causando míni mos daños a las sustancias nutritivas sensibles al calor y eliminando en forma muy eficiente los inhibidores al crecimiento.
  
- 2.- Estudios recientes demuestran que los principales inhibidores del crecimiento encontrados en algunas leguminosas como la soya son: el inhibidor de tripsina, la hemaglutinina, la lipoxidasa y el factor goitrogénico.
  
- 3.- Los parámetros usados para determinar la eficiencia del tratamiento térmico en la inactivación de los inhibidores al crecimiento son en primer término la determinación de la solubilidad de la proteína en agua y la actividad de ureasa. En segundo término, se tienen las -determinaciones de lisina y tiamina, usadas para saber si un alimento ha sido sobrecalentado durante su procesamiento. Por último, se tienen las pruebas biológicas, como son el valor PER, el valor FER, etc., que pueden dar resultados más concluyentes para con la desventaja de que estas determinaciones pueden durar meses.

- 4.- En lo referente al valor nutritivo de los productos de soya obtenidos por extrusión, se ha demostrado que cuando se complementan con algún cereal como el arroz, pueden llegar a dar resultados de crecimiento y ganancia de peso, similares a la leche de vaca, como se ha comprobado en experimentos efectuados en aves, roedores y en niños de menos de un año.
- 5.- Dentro del grupo de productos alimenticios que es posible elaborar por el sistema de extrusión, se seleccionaron tres que se consideraron con mayores posibilidades de aceptación entre el sector de consumidores a que principalmente serán dirigidos esos productos. Los productos seleccionados son: harina de soya integral, alimento expandido tipo botana y un sustituto de carne expandido.
- 6.- Los precios de venta mínimos de esos productos, que todavía permiten lograr una buena rentabilidad para la empresa productora son; de 8 pesos por kilo para la harina de soya, 13 pesos por kilo para el alimento expandido tipo botana y de 17 pesos por kilo para el sustituto de carne texturizada.
- 7.- En México, actualmente se está produciendo un promedio de 250 toneladas mensuales de productos derivados de la soya

obtenidos por el sistema de extrusión. De esa cantidad, un promedio de 29.5 % es de harina de soya integral obtenida por extrusión y usada en la elaboración de polvos para be bidas y en la preparación de panes. El 70.5 % restante - son de harina de soya desengrasada, usada en panadería, en polvos para bebidas, en el enriquecimiento de cereales, en alimentos infantiles y en la preparación de alimentos tex turizados usados como substitutos de carne.

Se estima que para fines del presente año se eleva rá la producción a 736 toneladas de estos productos por - mes, equivalentes a 8,800 toneladas al año.

- 8.- La capacidad de la planta, fijada inicialmente para operar a 2,500 toneladas por año, podrá duplicarse fácilmente pa ra la producción de cualquiera de los tres productos, dependiendo de la demanda que cada uno de estos logre en el mercado. La tendencia en la planta proyectada, deberá ser a producir cada vez más alimento tipo botana o substituto de carne y disminuir la de la harina integral, debido a - que los dos primeros productos originan mayores utilida-- des y harían todavía más rentable el presente proyecto.
- 9.- La inversión total para efectuar la instalación y opera-- ción de la planta, asciende a \$ 14,909,984.00 de los cua-- les \$ 7,909,984.00 provendrán de los socios y \$ 7,000,000.00 de un crédito refaccionario solicitado a una institución

bancaria, el cual podrá pagarse en un plazo de 6 años.

10.- En los términos en que fue concebido este proyecto, presenta una rentabilidad anual del 40.5 %, después de impuestos y de reparto de utilidades, lo que permite recuperar el capital social en un término medio de 2.5 años.

11.- Con base en el presente estudio, puede concluirse que mediante el sistema de extrusión, en los términos considerados, es factible, producir alimentos de alto valor nutritivo a precios accesibles, adecuados para las clases económicamente más débiles y que los productos aquí propuestos pueden desempeñar un buen papel, sirviendo de complemento proteínico a los alimentos que normalmente se consumen en México.

#### Recomendaciones

Durante la ejecución de la presente tesis, se hizo evidente la necesidad de realizar un programa de investigación con el propósito de lograr nuevos productos, para contar con una amplia variedad de alimentos obtenidos por el sistema de extrusión, modificando su presentación y forma de consumirlos, de manera que resulten adecuados para incorporarse a los hábitos nutricionales principalmente de la población de escasos recursos de nuestro país.

9.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. - Lawrie A.R.  
Proteins as Human Food  
The AVI Publishing Co., USA 1970 p.3
2. - Milner Max Dr.  
Protein-Enriched Cereal Foods for World Needs  
the American Association of Cereal Chemists 1969.
3. - Noyes Robert  
Protein Food Supplements  
Noyes Development Corporation. New Jersey. USA, 1969 p. 116
4. - Shojiro Tango João  
Farinhas de Soja Integral  
Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos No. 29, 1972  
pp. 29, 31, 35, 40.  
Campinas, S.P. Brasil
5. - Liener, I. E.  
The effect of heat processing and storage on the  
nutritive value of proteins of importance in the cereal industry.  
Cereal Chemistry 8, ( 162-185), 1950.
6. - Liener, I. E.  
Soyin, a toxic protein from the soybean  
J. Nutr. 49, ( 527, 539), 1953.
7. - Liener, I. E.  
Effect of heat on plant proteins in processed plant  
protein foodstuffs ( A.M. Altschul, Ed.)  
Academic Press, N.Y. ( 79-129) 1958.
8. - Liener, I. E.  
Toxic constituents of plant foodstuffs  
Academic Press, N.Y. 1969.
9. - Borchers, R.  
Raw soybean growth inhibitors  
Federation Proc. USA 24, ( 1494-1497) 1965

- 10.- Lepkovsky, S.; Furuta, K.; Koike, t.; y otros  
The effect of raw soybeans upon the digestion of proteins  
and upon the functions of the pancreas of intact chickens  
and ileostomios  
Brit. J. Nutr., 19 ( 41-56) 1965.
- 11.- Lepkovsky, S.; Bingham, E.; and Pencharz, R.  
The fate of the proteolytic enzymes from the pancreatic  
juice of chicks fed raw and heated soybeans.  
Poultry Sci. 38 ( 1289 - 1295) 1959.
- 12.- Rackis, J.  
Physiological properties of soybean trypsin inhibitors and  
their relationship to pancreatic hypertrophy and growth  
inhibition of rats.  
Federation Proc., 24 ( 1488 - 1493) 1965.
- 13.- Nesheim, M., and Garlich, J.D.  
Digestibility of unheated soybean meal for laying hens  
J. Nutr., 88 ( 187-192) 1966.
- 14.- Oak B. Smith  
History and status of specific protein-rich foods  
Extrusion-processed cereal foods  
Ed. Dr. Max Milner - The Am. Ass. of Cer. Chem. 1969, p. 143
- 15.- Oak B. Smith  
Why use extrusion  
Symposium on Extrusion Cooking  
Am. Ass. of Cer. Chem., St. Louis Missouri, USA 1971 p. 18
- 16.- Rohr Rodolfo  
A soja sua industrialização e seus derivados  
Faculdade de Tecnologia de Alimentos da Universidade  
Estadual de Campinas, Brasil 1972 p. 15
- 17.- Wolf, J. Walter  
Trypsin inhibitors, hemagglutinins, saponins and isoflavones of soybeans  
Proceedings of International Conference on Soybean Protein Foods.  
Peoria, Illinois, USA, USDA, ARS-71-35, 1967 p. 112.

- 18.- Carlson, C.W.  
Iodine, vitamins, minerals, and phytic acid as related to soybean protein  
Proceedings of International Conference on Soybean Protein Foods.  
Peoria, Illinois, USA., USDA, ARS-71-35, 1967 p. 81.
- 19.- Pomeranz, Y. and Sinder, C.  
A simple method for evaluation of heat treatment of soybean meals.  
J. Am. Oil Chem. Soc. 37: 124-126, 1960.
- 20.- Po-Chao Huang y otros  
Feeding of infants with full-fat soybean-rice foods  
Proceedings of International Conference on Soybean Protein Foods.  
USDA, ARS - 71-35, 1967 p. 183.
- 21.- Mustakas G.C., Griffin, E.L.  
Production and Nutritional Evaluation of Extrusion-Cooked  
Full-fat Soybean Flour  
J. Am. Oil Chem. Soc., 41, 9, 610, 1964.
- 22.- Mustakas G.C. Albrecht, J.W. and Griffin E.L.  
Extruder-processing to improve nutritional quality, flavor and  
keeping quality of full-fat soy flour  
Food Technology 24, 11, 102-8, 1970.
- 23.- Harrison, R.G.  
El pan: un alimento mejorado  
Soyanoticias, Febrero 1o. de 1974 p. 3
- 24.- Atkinson T.W.  
Patente U.S. 3,480,442  
Archer-Daniels Midland Co. 1969.
- 25.- Mc Anelly K.J.  
Patente U.S. 3,142,571  
Swift & Co.
- 26.- Alden D.E.  
Patente U.S. 3,615,656  
Swift Co., 1971.
- 27.- Anónimo  
Amino-acid content of foods and biological data on proteins  
Food Policy and Food Service, Nutrition Division  
FAO, Roma 1970

- 28.- Información Directa  
Asociación Americana de Soya  
México, D.F. Río Sena 26, mayo 1974.
- 29.- Información Directa en tiendas y supermercados del D.F.  
Mayo de 1974.
- 30.- Orr E. and Adair D.  
The production of protein foods and concentrates from oilseeds  
Tropical Products Institute, London, 1967 p. 43
- 31.- Harrison, R. Gilford  
Soyanoticias, Abril 1 de 1974 p. 3  
Asociación Americana de Soya.
- 32.- Popper, Herbert  
Modern Cost Engineering Techniques  
Mc.Graw-Hill Book Co., New York 1970
- 33.- Oak B. Smith  
Processing costs abroad for short time/high temperature  
cooking  
International Symposium on Oilseed Proteins and Concentrates  
CFTRI, Mysore, India, July 1967. p. 11