

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - LA MOLINA

Programa Académico de Industrias Alimentarias  
Departamento de Tecnología de Alimentos y  
Productos Agropecuarios



"Obtención de Bebida de Soya en  
Polvo a partir de Frijol de Soya  
(Glycine Max) Integral"

Tesis para Optar el Título de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

POR

Walter Francisco Salas Valerio

Lima - Perú

1981

# C O N T E N I D O

Pag.

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

I.	INTRODUCCION -----	1
II.	REVISION DE LITERATURA -----	3
1.	ASPECTOS GENERALES SOBRE EL FRIJOL DE SOYA -----	3
1.1.	Clasificación y Características Botánicas -----	3
1.2.	Producción de Frijol de Soya en el Perú -----	4
1.3.	Planes de Desarrollo -----	10
2.	PARTES DEL GRANO Y COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL DE SOYA -----	12
2.1.	Partes del Grano de Frijol de Soya -----	12
2.2.	Composición Química del grano de soya -----	14
2.2.1.	Proteínas -----	14
2.2.1.1.	Aminoácidos -----	17
2.2.1.2.	Propiedad Física de las Proteínas de Soya -----	19
2.2.1.3.	Desnaturalización de la Proteína de Soya -----	21
2.2.1.4.	Propiedades Funcionales de la Proteína de Soya -----	24
2.2.2.	Lípidos -----	26
2.2.3.	Carbohidratos -----	31
2.2.4.	Minerales -----	34
2.2.5.	Enzimas y Vitaminas -----	36

	<u>Pag.</u>
3. CARACTERISTICAS NUTRICIONALES .....	42
4. FACTORES ANTINUTRICIONALES ASOCIADOS AL FRIJOL DE SOYA .....	45
4.1. Proteínas y Derivados Proteicos .....	45
4.1.1. Inhibidor de Tripsina .....	45
4.1.2. Hema glutininas .....	47
4.2. Goiterógenos .....	50
4.3. Compuestos Asociados a los Metales .....	50
4.4. Factores Antivitámínicos .....	52
5. APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL FRIJOL DE SOYA .....	52
5.1. Harina de Soya .....	52
5.1.1. Harina de Soya Integral .....	53
5.1.2. Harina de Soya Semi-Desgrasada y desgrasada .....	55
5.1.3. Harina de Soya Procesada por Extrusión .....	56
5.2. Productos Similares a los Productos Lácteos .....	59
5.3. Productos Similares a la Carne .....	61
5.4. Productos Fermentados de Frijol de Soya .....	63
5.4.1. Shoyu .....	64
5.4.2. Tempeh .....	65
5.4.3. Sofu .....	66
6. BEBIDA DE FRIJOL DE SOYA O LECHE DE FRIJOL DE SOYA .....	67
6.1. Historia .....	67
6.2. Usos más comunes de la Bebida de Frijol de Soya .....	68
6.3. Características Químicas y Físicas .....	70
6.4. Características Nutricionales .....	71
6.5. Métodos de Elaboración de la Bebida de Frijol Soya .....	78

6.5.1. Extracción con Agua Fría .....	80
6.5.2. Extracción con Agua Caliente .....	81
6.5.3. Extracción Ácida .....	83
6.5.4. Extracción Alcalina .....	84
6.5.5. Extracción con Aislamiento de la Proteína .....	84
6.5.6. Método donde se utiliza el Grano de Soya - Entero .....	85
6.5.7. Método de la Universidad de Illinois EE.UU. ....	87
6.6. Problemas en la Elaboración de la Bebida de Frijol de Soya .....	89
6.6.1. Problemas Asociados al Inhibidor * de Trip- sina .....	89
6.6.2. Problemas Asociados con la Enzima Lipoxi- gasa .....	93
6.6.3. Problemas Asociados con la Flatulencia ---	97
6.6.4. Problemas Asociados a la Textura Tizosa ("Chalkiness") .....	98
6.7. Microbiología de la Bebida o Leche de Soya .....	99
6.8. Secado de la Bebida de Soya por Atomización .....	101
III. MATERIALES Y METODOS .....	106
1. MATERIA PRIMA .....	106
2. EQUIPOS .....	107
2.1. Laboratorio .....	107
2.2. Planta Pilote .....	107
3. MATERIALES Y REACTIVOS .....	109
4. METODOS DE CONTROL FÍSICO QUÍMICO .....	109
4.1. Determinación de los Componentes y Característi- cas del Grano de Soya .....	109
4.2. Determinación de Sólidos Totales .....	110



	Pag.
4.3. Determinación de pH -----	110
4.4. Determinación de Color -----	110
4.5. Determinación de Densidad -----	110
4.6. Análisis Granulométrico -----	110
4.7. Determinación de La Viscosidad -----	111
4.8. Determinación de La Densidad Aparente -----	111
4.9. Determinación de La Capacidad de Rehidrata- ción -----	111
4.10 Determinación de La Forma y Distribución del Tamaño de Partícula -----	111
4.11 Determinación de La Cobertura Monomolecular (Isotherma de Adsorción) -----	111
4.12 Determinación del Índice de Solubilidad -----	111
4.13 Determinación de Humedad -----	111
4.14 Determinación de Proteína Total -----	112
4.15. Determinación de Grasa -----	112
4.16. Determinación de Fibra Neta -----	112
4.17 Determinación de Ceniza -----	112
4.18 Determinación de Carbohidratos -----	112
4.19 Determinación de Acidez -----	112
4.20 Determinación del Índice de Acidez -----	112
4.21 Determinación del Índice de Iodo -----	113
4.22 Determinación del Índice de Peróxidos -----	113
4.23 Determinación del Índice de Proteína Disper- sable (IPD) -----	113
4.24 Determinación del Índice de Actividad Ureási- ca -----	113
5. ANALISIS MICROBIOLÓGICO -----	113
5.1. Determinación de Germenés Viables -----	113
5.2. Determinación de Coliformes Viables -----	113
5.3. Determinación de Hongos y Levaduras -----	113



	<u>Pág.</u>
4. EVALUACION SENSORIAL -----	154
5. EXAMEN MICROBIOLÓGICO -----	171
6. CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO -----	172
6.1. Análisis Proximal -----	172
6.2. Isotherma de Adsorción -----	175
V. CONCLUSIONES -----	181
VI. RECOMENDACIONES -----	185
VII. BIBLIOGRAFIA -----	186
VIII. ANEXOS -----	192
ANEXO A.	
ANEXO B.	
ANEXO C.	

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO N°</u>	<u>TITULO</u>	<u>PAG.</u>
1	PERU: SERIE HISTORICA DE LA PRODUCCION NACIONAL DE SOYA (1969-1980) .....	6
2	SUPERFICIE CULTIVADA CON SOYA EN EL PERU Y RENDI- MIENTOS UNITARIOS (1971 - 1977) .....	8
3	PRINCIPALES VARIEDADES DE FRIJOL DE SOYA QUE SE CULTIVAN EN LA COSTA Y SELVA DEL PERU. ....	9
4	PERU: IMPORTACION DE ACEITE Y SEMILLA DE SOYA (1972 - 1979) .....	11
5	COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE LAS VARIEDADES DE SOYA RECOMENDABLES PARA EL PERU .....	11
6	PARTES DEL GRANO DE SOYA Y COMPOSICION APROXIMADA DEL FRIJOL SOYA .....	12
7	CANTIDAD APROXIMADA Y COMPONENTES DE LAS FRACCIO- NES ULTRACENTRIFUGADAS DE PROTEINA DE SOYA EXTRAI- DA CON AGUA .....	16
8	COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE SOYA ...	18
9	PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA PROTEINA DE SOYA .....	25
10	ACIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE DE FRIJOL DE SOYA .....	25
11	COMPOSICION DE LOS CARBOHIDRATOS DEL GRANO DE FRI- JOL DE SOYA .....	32
12	CONTENIDO DE MINERALES EN FRIJOL DE SOYA Y PRODUC- TOS ALIMENTICIOS DE SOYA .....	35
13	ENZIMAS PRESENTES EN EL FRIJOL DE SOYA .....	37
14	VITAMINAS PRESENTES EN PRODUCTO ALIMENTICIOS DE SOYA .....	40
15	COSTO RELATIVO DE LA PROTEINA DE ALGUNOS ALIMEN- TOS .....	41

31	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA HARINA DE SOYA (VAR: NACIONAL) .....	140
32	TAMANO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE -- SOYA EN POLVO CON RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE .....	147
33	TAMANO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO CON RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE .....	153
34	VARIACION DE LA DENSIDAD APARENTE CON RESPEC- TO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE .....	154
25	VARIACION DE LA DENSIDAD APARENTE CON RESPEC- TO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE .....	155
36	VARIACION DEL COLOR DE LA BEBIDA DE SOYA EN -- POLVO CON LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE (VAR: IMPROVED PELIKAN) .....	156
37	EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL TAMANO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO .....	159
38	EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL INDICE DE SOLUBILIDAD DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO .....	160
39	EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL COLOR DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO .....	162
40	RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA DE LOS EXA- MENES ORGANOLEPTICOS, PARA LAS CARACTERISTICAS DE ACEPTABILIDAD Y CONSISTENCIA .....	165
41	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DUNCAN PARA DIFEREN- TES MUESTRAS DE BEBIDA RECONSTITUIDA DE SOYA Y LECHE DE VACA .....	168
42	PUNTAJE PROMEDIO DE QUINCE JUECES EN LA EVALUACION SENSORIAL PARA LAS MUESTRAS DE BEBIDA DE SOYA .....	170

CUADRO N°

TITULO

PAG.

43	ANALISIS MICROBIOLOGICO REALIZADOS A LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO .....	172
44	ANALISIS PROXIMAL DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO .....	173
45	RELACION ENTRE LA COMPOSICION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO Y SU CAPACIDAD ADSORCION (%, BASE SECA) .....	173

## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N°</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pag.</u>
1	EFEECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LA EFICIENCIA PROTEICA Y LA INACTIVACION DEL INHIBIDOR DE TRIPSINA DE PRODUCTOS DE SOYA CRUDO -----	48
2	FLUJO DE PROCESAMIENTO DE HARINA DE SOYA DESGRASADA, LEGITINA Y ACEITE -----	58
3	DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESAMIENTO POR EXTRUSION DE HARINA DE SOYA -----	58
4	RELACION DEL ESFUERZO DE CORTE CON LA VELOCIDAD DE CORTE EN LA BEBIDA DE SOYA DE 7% DE SOLIDOS -----	75
5	COMPORTAMIENTO DE LA VISCOSIDAD DE LA BEBIDA DE SOYA CON EL TIEMPO -----	75
6	INACTIVACION DEL INHIBIDOR DE TRIPSINA, UREASA Y LIPOXIGENASA DURANTE LA COCCION ---	94
7	EFECTOS DE LOS ADITIVOS SOBRE LA INACTIVACION POR CALOR DE LA ENZIMA LIPOXIGENASA DURANTE LA COCCION DE 15 MINUTOS -----	96
8	FORMATO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS DE EVALUACION SENSORIAL -----	115
9	FLUJO EXPERIMENTAL INICIAL PARA LA OBTENCION DE LA BEBIDA DE SOYA, EMPLEANDO INTEGRANTE EL GRANO -----	121
10	DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO -----	123
11	BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO (VAR: IMPROVEDPELIKAN) -----	142
12	BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO (VAR: NACIONAL) -----	143

<u>FIGURA Nº</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pag.</u>
13	VARIACION DE LA VISCOSIDAD APARENTE CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE SOLIDOS DE LA BEBIDA DE SOYA (28°C) -----	145
14	RELACION DEL INDICE DE PROTEINA DISPERSABLE (IPD) CON EL pH DE LA BEBIDA DE SOYA RECONSTITUIDA, TEMPERATURA DE SECADO : 150°C -----	148
15	EFFECTO DE LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE EN LA DISTRIBUCION DE TAMANO DE PARTICULA P2 LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO -----	151
16	DISTRIBUCION DE TAMANO DE PARTICULA DE BEBIDA DE SOYA EN POLVO A TRES TEMPERATURAS DE SECADO -----	158
17	EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LA DESHIDRATACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO-----	163
18	ISOTERMA DE ADSORCION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO (T = 37°C) -----	176
19	GRAFICACION DE LA ECUACION DE B.E.T. PARA BEBIDA DE SOYA EN POLVO.-----	177



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha demostrado la factibilidad técnica de la elaboración de una bebida de soya en polvo utilizando grano de soya integral, logrando un producto de un alto contenido de proteína (35-41 %, base seca) y aceptables características organolépticas.

La investigación se dividió en cuatro partes, las cuales fueron: ensayos preliminares, ensayos definitivos, análisis organoléptico y caracterización de la bebida de soya en polvo.

Los ensayos preliminares se realizaron con la finalidad de establecer un flujo y condiciones de procesamiento más convenientes, las cuales fueron: limpieza del grano, pretratamiento térmico (105°C por 15 minutos), quebrado en molino de rodillos, descascarado, molienda, formación de la suspensión acuosa de la concentración deseada con adición de bicarbonato de sodio 0.25 % y antioxidante BHA (0.02% en función al contenido de aceite del grano), tratamiento térmico en una olla con chaqueta de vapor (90°C por 30 minutos), molienda coloidal, primera homogenización (primera etapa a 3500 lb/pul<sup>2</sup> y segunda etapa a 500 lb/pul<sup>2</sup>), regulación del pH con ácido clorhídrico 1N y una segunda homogenización en las mismas condiciones que la primera.

En las pruebas definitivas se investigó sobre el secado de la bebida de soya (secado por atomización) y la influencia del pH de la bebida base, la concentración inicial de la bebida base y la temperatura del secado; sobre el producto final. Las variables en estudio (pH, concentración inicial y temperatura de secado) fueron evaluadas de acuerdo al

índice de proteína dispersable (IPD), tamaño y distribución de tamaño de partícula, índice de solubilidad,  $\alpha$ -D-glucosa, densidad aparente y rehidratabilidad de la bebida de soya en polvo. Los resultados obtenidos fueron: pH óptimo de la bebida base 7.5, donde se obtuvo un alto valor de índice de proteína dispersable (59%) y ausencia de sabor a soda; la concentración inicial más recomendable de la bebida base fue 12 % de sólidos totales y la temperatura de secado de 200°C.

Los análisis organolépticos se realizaron con la finalidad de evaluar la bebida de soya en polvo obtenida. Se empleó un panel de jueces semi-entrenados para determinar las muestras con buenas características organolépticas y parecidas en su sabor a la leche de vaca en polvo. Con los datos reportados por los jueces se realizó un análisis de variancia y la prueba de Duncan (con un nivel de significación del 5 %) para dos características de calidad: aceptabilidad y consistencia. Los resultados estadísticos reportaron que la bebida de soya de la variedad Nacional con leche de vaca (1:1, en peso) son estadísticamente iguales a la leche de vaca en polvo reconstituida y, además, tienen buenas características de calidad organolépticas (ausencia de sabor extraño, moderadamente fluida, apariencia aceptable, grado de dulzor normal).

La caracterización de la bebida de soya en polvo se realizó mediante un análisis proximal, dando para la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan los siguientes resultados: proteína 35.1%, grasa 23.5%, ceniza 6.81%, fibra neta 3.2% y carbohidratos 31.3% (base seca) y para la bebida de soya en polvo de la variedad Nacional: proteína 41.2%, grasa 21.5%, ceniza 5.6%, fibra neta 2.37% y carbohidratos 29.33% (base seca); además se determinó las isotermas de absorción para la bebida de soya en

polvo para las dos variedades las cuales demostraron que siguen la forma típica de isotermas de adsorción de alimentos ricos en proteínas; el valor de la cobertura molecular fue 0.019 y 0.021 gr de Agua/gr de Sólido para la bebida de soya en polvo de la variedad Improved Pelikan y Nacional respectivamente.

Las pruebas realizadas a la bebida de soya en polvo de las dos variedades reportaron que el número de coliformes por gramo fue nulo el cual cumple con los requisitos de calidad microbiológica.

## I. INTRODUCCION

La creciente necesidad de alimentos ricos en proteínas para la población mundial y en especial para los países en vías de desarrollo, como el Perú, hace que se busquen sustitutos a las fuentes de proteínas y calorías tradicionales (carne y leche de vaca).

La soya, leguminosa de alto contenido proteico (30-50 %) y de 8 a 20 % de aceite, contiene una proteína de alto valor biológico por lo que es una de las alternativas para la elaboración de productos sustitutos de otras fuentes proteicas. Además, se tiene la evidencia de la potencialidad de su cultivo en nuestro país.

Una de las formas de utilización del grano de soya es para la preparación de una bebida proteica, similar a la leche de vaca, que sustituya en forma parcial a este producto. En nuestro país esta utilización se justifica ya que en los últimos años se ha venido incrementando la importación de leche en polvo y grasa anhidra de leche para suplir el déficit de leche en el país. Sin embargo, existe el problema en la bebida proteica de soya, del incremento del precio en el transporte y la necesidad de cámaras de refrigeración por su alta percibibilidad, lo que hace su aplicabilidad práctica muy restringida.

Una alternativa de solución de estos problemas es la obtención de los sólidos de la bebida de soya (bebida de soya en polvo) con lo que se conseguiría una reducción en los costos de transporte, de manejo y almacenaje; al facilitarse enormemente estas operaciones.

Además, la bebida de soya en polvo puede llegar a lugares lejanos de los centros de producción por su largo tiempo de conservación.

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Determinar el flujo de procesamiento más adecuado para la obtención de una bebida de soya en polvo.
- Fijar los parámetros de procesamiento a nivel de laboratorio.
- Determinar las características físicas, químicas y organolépticas de la bebida de soya en polvo obtenida.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### I. ASPECTOS GENERALES SOBRE EL FRIJOL DE SOYA.

La soya es una planta anual, perteneciente a la familia de las leguminosas, que ha sido conocida por el hombre desde épocas remotas. Por primera vez se menciona el frijol de soya en los manuscritos de Tzar San Mu que datan del año 2838 antes de Cristo (Kopsic. et al., 1975).

Esta leguminosa es natural de China, Japón y Manchuria. Lugares en que se la cultiva intensamente, como alimento para la población humana (Troll, 1974).

La soya llegó al mercado europeo a principios del siglo XX, en el año de 1901 arribó el primer barco a Londres y 1908 a Hamburgo -- transportando esta leguminosa. Estos primeros embarques fueron para sustituir la semilla de algodón en la industria jabonera.

En los E.E.U.U. de América este cultivo ha tomado tanto impulso, que hoy es el primer país productor mundial.

En el Perú la soya se cultiva en escala reducida, en los valles de la Costa del Norte del país y en algunas zonas de la Selva alta o ceja de Selva.

#### 1.1 Clasificación y Características Botánicas.

El frijol de soya Glycine max (L) Merr., es un miembro de la familia leguminosa, subfamilia Papilionoideae (Hernn, 1952, citado

por Smith y Circle, 1972). Otras nomenclaturas usadas incluyen: Phaseolus max (L), Soja max (L) Piper y Soya Hispida Moench (Smith y Circle, 1972)

La planta es una herbácea anual, de forma compacta, constituida por tallos de 30 a 60 cm.

Los tallos y hojas están provistos de vellosidades; las flores, muy pequeñas, forman racimos auxiliares y son de color blanco o azul violáceos, según las variedades; las vainas son oscuras vellosas y encierran 3 ó 4 granos redondos de color variable (Hatos, 1940 citado por Troll, 1974).

La longitud de la vaina varía entre un mínimo de 2 cm. en la soya silvestre, hasta un máximo de 7 cm. o algo más, en variedades mejoradas.

En la raíz que penetra a 20 cm. en la tierra, puede apreciarse nódulos característicos, provenientes de su simbiosis, con Rhizobium radicicola o Rhizobium japonium. Estas bacterias son fijadoras de nitrógeno atmosférico, que abonan la tierra merced al nitrógeno del aire, por lo que la soya ocupa un papel importante en la rotación de cultivos.

## 1.2. Producción de Frijol de Soya en el Perú.

Históricamente, la mayor parte de la producción de soya en el Perú ha tenido lugar en el área de la Costa, pero últimamente las áreas de cultivo que se están aprovechando con el

apoyo de convenios internacionales, (INTSOY - AID - Gobierno Peruano) están todas en la Selva Alta, las tres ubicaciones son: Jaén - Pagua, Tarapoto - Tinco María y San Ramón - Satipo.

La investigación sobre soya en el Perú se inició en el año de 1929 en la Estación Experimental Agrícola de La Molina, con la introducción de germoplasma. Esta experimentación continuó, pero es a partir de 1967, con la creación del Departamento de Oleaginosas de la Estación Experimental Agrícola - La Molina que da mayor impulso a la investigación de la soya a nivel nacional. En el año de 1971 se sembró soya en la Costa Central y en el valle de Huailaga (Villamonte, - 1978). El Proyecto Integral de Desarrollo de la Soya (PIDES) que considera un convenio entre el Gobierno del Perú y la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), fue firmado en setiembre de 1976. El contrato entre AID y el Programa Internacional de la Soya (INTSOY) para suministrar asistencia técnica al Perú, dentro del PIDES, fue firmado en noviembre de 1977 (Harms, 1979).

El área, la producción y el rendimiento de soya para el período 1969 - 1980 se presenta en el Cuadro I. Durante este período la tendencia de la producción a sido a aumentar, con un considerable incremento del área de cultivo en 1975 y 1978.

Las estadísticas nacionales sobre la ubicación de la produc



**CUADRO 1.- PERU : SERIE HISTORICA DE LA PRODUCCION NACIONAL DE SOYA (1969-1980)**

<b>AÑO</b>	<b>AREA CULTIVADA (Ha)</b>	<b>PRODUCCION (TM)</b>	<b>RENDIMIENTO (kg/Ha)</b>
1969	135	151	1118
1970	370	399	1078
1971	655	817	1247
1972	555	607	1094
1973	745	938	1259
1974	1350	1798	1328
1975	1055	1473	1396
1976	2020	2869	1420
1977	1947	2943	1512
1978	2547	4056	1512
1979*	4543	7055	---
1980**	9368	13632	---

**FUENTE:** ANUARIO DE ESTADISTICA AGROPECUARIA. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Oficina Sectorial de Estadística e Información de Alimentación.

\* Dirección General de Comercialización del Ministerio de Agricultura y Alimentación (DGC-MAA).

\*\* Estimado por la Dirección General de Comercialización. Ministerio de Agricultura y Alimentación

ción de soya para 1977 - 1979 no se encuentran disponibles, pero en años anteriores la mayor parte del cultivo ha sido ubicado en la zona de la Costa, con concentraciones en Tumbes por el Norte y en áreas de Lima y Callao en la zona central. En el Cuadro 2 se muestra la producción y rendimientos de soya en la Costa y Selva del Perú.

Existen aproximadamente 15 variedades de soya que se cultivan en el Perú, siendo las más representativas las siguientes: Nacional, Improved Pelikan y Pelicano.

En el Cuadro 3 se hace un resumen de las variedades de frijol de soya que se cultivan tanto en la Costa como en la Selva del Perú, además, se especifican los días de vegetación y rendimiento en Kgr. por Hectárea.

Los resultados obtenidos en la experimentación sobre variedades introducidas en la Costa y Selva del país, indican la factibilidad de su cultivo, más aún si se tiene en cuenta que se importa aceite vegetal existente, como se muestra en el Cuadro 4.

En cuanto al trabajo de experimentación el aspecto que se consideró de mayor importancia fue el

**CUADRO 2. SUPERFICIE CULTIVADA CON SOYA EN EL PERU Y RENDIMIENTOS UNITARIOS (1971-1977)**

AÑO	TOTAL NACIONAL		COSTA		SELVA	
	Área (Ha)	Redto. (kg/Ha)	Área (Ha)	Redto. (Kgr/Ha)	Área (Ha)	Redto. (Kgr/Ha)
1971	655	1245	570	1160	85	1235
%			87		13	
1972	595	1093	430	1006	125	1600
%			77		23	
1973	745	1259	585	1216	160	1419
%			79		21	
1974	1350	1328	1150	1259	200	1723
%			85		15	
1975	1055	1396	840	1342	215	1607
%			80		20	
1976	2020	1420	1615	1424	405	1402
%			80		20	
1977	1947	1512	--	--	--	--

FUENTE : Anuarios de Estadística Agropecuaria.

Ministerio de Agricultura y Alimentación

Oficina Sectorial de Estadística e Información de Alimentación.

CUADRO 3. PRINCIPALES VARIEDADES DE FRIJOL SOYA QUE SE CULTIVAN EN LA COSTA Y SELVA DEL PERU

LUGAR	VARIEDAD	VEGETACION (Días)	RENDIMIENTO (kg/ha)	
Tumbes	Pelicano e Improved Pelikan	90	2,580	C
San Lorenzo (Piura)	E.E. S 220 L-625 y Hardee	90	2,320	
Sullana (Piura)	Hood, Bienville E.E.S-220 Semindole y Hardee	100	2,270	O
Palján	Nacional y Pelicano	110	2,610	S
	L-625	100	2,620	
Chimbote	Nacional, L-625 y Bienville	-	2,140	
Valle de Ica	Pelicano e Improved Pelikan	140	2,850	T
	Hill y Bienville	95 - 100	2,750	
La Molina	L-625, Bienville I.A.C.I. y Hardee	110 - 120	2,730	A
Valle de Cañete	Improved Pelikan Nacional y Pelicano	125 - 130	3,900	
Tarapoto	Pelicano e Improved Pelikan	95	1,150	S
	Nacional	115	2,210	
Espe	Pelicano e Improved Pelikan	95	1,150	
Quillabamba	Nacional	110	2,380	E
	E.E.S. 220	105	2,050	
Escopipata	Nacional	115	2,030	L
Dingo María	Nacional	115	3,570	V
	E.E.S. 220	100	3,500	
IQUITOS	Nacional	110	4,310	
Yurimaguas	Nacional	105	2,630	
Pucallpa	Pelicano e Improved Pelikan	95	2,240	A

FUENTE : Montalvo (1979).

comparativo de variedades en la Costa y Selva conducido desde las campañas 1976-1977, hasta la campaña 1977-1978 - cuyos resultados se resumen en el Cuadro 5 (Montalvo, 1980).

Sobre las épocas de siembra se ha experimentado poco, sin embargo; se cuentan con algunos datos de interés. Para las condiciones de la Estación Experimental Agrícola - La Molina, es decir para la Costa Central, la época óptima de siembra corresponde a los meses de Noviembre y Diciembre.

En las condiciones de la Estación Experimental "El Porvenir" en Tarapoto, se obtuvieron sembrando en los meses de Diciembre y Marzo; en las localidades de la Selva, con abundante precipitación pluvial, como Tingo María, permiten elegir como la época más recomendable de siembra a los meses de Mayo y Junio.

### 1.3. Planes de Desarrollo.

Dadas las condiciones anotadas anteriormente y tomando en cuenta las condiciones ecológicas que existen para el cultivo de la soya en el país, tanto en la Costa como en la selva, así como su importancia agronómica, por ser una leguminosa de verano de corto período vegetativo su importancia económica, al ser un cultivo rentable, y su importancia industrial, capaz de crear polos de desarrollo agro-industriales en nuestra Selva, es necesario incentivar el cultivo de la leguminosa dentro de la agricultura de nuestro país (Villamonte, 1978).

**CUADRO 4. PERU: IMPORTACION DE ACEITE Y SEMILLA DE SOYA  
(1972 - 1979)**

ANO	ACEITE (T.M.)	SEMILLA * (T.M.)	TOTAL COMO ACEITE
1972	46,400	42,445	54,040
1973	62,000	20,000	65,500
1974	69,900	15,400	72,670
1975	52,200	34,600	58,420
1976	79,500	34,300	85,670
1977	59,560	26,155	74,260
1978	81,650	35,000	87,950
1979	20,450	22,434	24,496

\* Para vertir semilla a aceite se utilizó el 18 % de extracción  
FUENTE: Dirección General de comercialización del Ministerio de  
Agricultura y Alimentación.

**CUADRO 5.- COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE LAS VARIETADES DE SOYA  
RECOMENDABLES PARA EL PERU.**

VARIETADES	RENDIMIENTO (kg./Ha)	MADURACION (Días)	ALTURA (cm)	REGION
Pellicano	3020	112	83	COSTA
Mandarin Sy-ICA	2970	118	75	
Nacional	2900	123	90	
Jupiter	2850	122	80	
Improved Pelikan	2670	108	74	
Jupiter	2730	113	68	SELVA
Nacional	2670	111	96	
Pellicano	2570	98	75	
Improved Pelikan	2370	103	66	

FUENTE : MONTALVO (1977)

No existe información oficial de la producción de soya para los próximos años en el país. Esto se debe a que predecir en estos momentos la producción de soya es muy difícil e implica tener en cuenta muchas variables que están sujetas tanto a la producción misma como a la política gubernamental y a los precios en el mercado nacional e internacional.

En cuanto a la producción, el cultivo de la soya está ligado íntimamente al cultivo de arroz, por ser estos cultivos de rotación. En la zona de Jaén y Bagua la introducción del cultivo de la soya se ha hecho paralelamente con el cultivo del arroz, mientras que en la zona de Tarapoto, donde no se cultiva arroz, no se ha podido introducir el cultivo de la soya.

El precio de la soya, relativamente más ventajoso que los precios de otros productos agropecuarios, han incentivado la producción en otros lugares donde tradicionalmente no se cultivaba este grano, habiéndose contado con la ventaja de la asesoría técnica del Ministerio de Agricultura y Alimentación, en apoyo de los pequeños agricultores.

## 2. PARTES DEL GRANO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRIJOL DE SOYA.

### 2.1. Partes del Grano de Frijol de Soya.

El grano de soya es de forma casi esférica y tiene un peso promedio de 120-180 mgr., del cual la cáscara constituye aproximadamente el 10%.

Esencialmente tiene tres partes, las cuales son: Cotiledón, cáscara e Hipocotiledón; los porcentajes de dichos componentes, con respecto al total, y los respectivos porcentajes de proteínas, lípidos, carbohidratos y cenizas se dan en el Cuadro 6.

Los componentes de mayor interés comercial son los lípidos (grasas) y las proteínas, además son las que se encuentran en mayor cantidad; estos constituyen aproximadamente el 60 % del grano.- Estos compuestos se encuentran en mayor cantidad en el cotiledón.

Variaciones, causadas por la diferencia de variedades, diferentes cultivos, etc.; da como resultado un nivel de proteína que fluctúa entre 30 - 46 % y de lípidos en el orden de 12 - 24 % (Orthoefer, 1978).

CUADRO 6. PARTES DEL GRANO Y COMPOSICION APROXIMADA DEL FRIJOL DE SOYA\*

P A R T E	%	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Carbohidratos (%)	Cenizas (%)
Grano de Soya entero	-	40	21	34	4.9
Cotiledón	90	43	23	29	5.0
Cáscara	8	9	1	86	4.3
Hipocotiledón	2	41	11	43	4.4

\* Porcentaje en base seca

FUENTE : Wolf y Cowan (1971) citado por Orthoefer (1978)



## 2.2. Composición Química del grano de soya.

El grano de frijol de soya está compuesto de proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales.

En las siguientes líneas se dará una reseña de cada uno de estos componentes.

### 2.2.1. Proteínas

El frijol de soya es una de las fuentes más ricas en proteínas. Aun alimentos tales como la carne de res (20 %) y queso (28 %) contienen menos proteína que la que contiene el frijol de soya (40 %) (Horvath, 1938; citado por -- Troll, 1974).

La proteína reside en lugares de reserva llamados cuerpos proteicos o grano aleurónicos. Estas estructuras celulares tienen un diámetro de 2 - 20 milimicras y están compuestas de aproximadamente de 75 % de proteína (Orthofer, 1978)

Muchas de las proteínas de la soya son globulinas y son insolubles en su punto isoeléctrico pero solubles en soluciones salinas. El punto isoeléctrico está ubicado entre un pH de 4.2 a 4.6 (Smith y Circle, 1972). La extracción de la proteína de soya, a partir de harina, con agua a un pH neutro, seguido por una ultracentrifugación, separa a la proteína de soya en cuatro grandes fracciones.

Basándose en sus coeficientes de sedimentación, estas frac

ciones se les denomina 2S, 7S, 11S y 15S. Cada fracción incluye a todas las proteínas que tienen similar velocidad de sedimentación. La composición general y el peso molecular de cada fracción se muestran en el Cuadro 7.

La fracción 2S es la que predomina durante el temprano desarrollo del grano y se ha determinado que al menos 5 clases de proteínas se encuentran presentes en esta fracción y constituye cerca del 20 % del total de proteína presente en el grano.

La fracción 7S representa la tercera parte de la proteína soluble en el grano. La mitad de la fracción 7S es una proteína que está constituida por 12 glucosaminas y 39 residuos de manosa por mol. La globulina 7S consistente de 9 sub-unidades las cuales disociadas dan fracciones 2S y 5S en bajas concentraciones de sal y bajo pH.

La fracción 11S constituye cerca de un tercio del total de la proteína de soya y tiene un sólo componente. Esta fracción proteica es la que tiene mayor peso molecular (350,000) y puede ser fácilmente separada con una extracción con agua fría de una harina de soya, luego se enfría el extracto hasta 0°C y el precipitado estará constituido por 69 - 88 % de la fracción de proteínas 11S.

CUADRO: 7 : CANTIDAD APROXIMADA Y COMPONENTES DE LAS FRACCIONES ULTRACENTRIFUGADAS  
DE PROTEINAS DE SOYA EXTRAIDAS CON AGUA.

FRACCION	PORCENTAJE DEL TOTAL	COMPONENTES	PESO MOLECULAR
2S	22	Inhibidor de Tripsina	8,000 - 21,500
		Citocromo C	12,000
7S	37	Hemaglutininas	110,000
		Lipoxigenasas	102,000
		- Amilasas	61,700
		7S Globulinas	180,000 - 210,000
11S	31	11S Globulinas	350,000
15S	11		600,000

FUENTE : Wolf y Cowen (1971) citado por Orthoefer (1978)

La fracción 15S es un doceavo de la proteína total de la soya y es un polímero de otras proteínas, cuyo peso molecular es de medio millón. La fracción 15S se puede hacer precipitar por el enfriado de un extracto acuoso proveniente de una harina de soya, como el caso de la proteína 11S (Smith y Circle, 1972).

La proteína de soya se diferencia de las demás leguminosas pues pertenece al tipo de la caseína, químicamente está dentro el grupo de las núcleos albuminoides. Se transforma en el estómago dando glicina, faseolina, y legulina las que al hidrolizarse se descomponen en ácido amino e insignificantes cantidades de bases puricas y xánticas (Kopsic, 1975).

2.2.1.1 Aminoácidos.- Los aminoácidos presentes en diferentes productos de soya se presentan en el cuadro 8. Basandose en los requerimientos humanos, la soya contiene los aminoácidos esenciales y exceden la cantidad de aminoácidos presentes en el huevo, excepto por los aminoácidos que contienen azufre, (la metionina es el aminoácido limitante). La proteína de soya tiene un alto contenido de lisina y puede ser usada para incrementar los valores nutricionales de otros alimentos (Orthofer, 1978).

El inhibidor de tripsina, que es una proteína de la soya, es usualmente alta en cistina pero defi-

CUADRO 8. COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE SOYA \*

AMINOACIDO	FAO AMINOACIDOS MODELO			HARINA DE SOYA INTEGRAL	CONCENTRADO DE SOYA
		Grano DE SOYA	Tota de soya		
Isoleucina	4.2	4.5	4.8	4.8	4.9
Leucina	4.8	7.8	7.8	7.8	8.0
Lisina	4.2	6.4	6.1	6.5	6.6
Metionina	2.2	1.3	1.4	1.4	1.3
Cistina	4.2	1.3	1.7	1.6	1.6
Fenilalanina	2.8	4.9	5.0	5.1	5.3
Tirosina	2.8	3.1	3.8	3.9	3.7
Treonina	2.8	3.9	4.3	4.2	4.3
Triptofano	1.4	1.3	1.5	-	1.4
Valina	4.2	4.8	5.2	5.0	5.0
Arginina	-	7.2	7.1	-	-
Histidina	-	2.5	2.5	-	-
Alanina	-	4.3	4.5	-	-
Acido Aspártico	-	11.7	11.5	-	-
Acido Glutámico	-	18.7	18.5	-	-
Glicina	-	4.2	4.5	-	-
Prolina	-	5.5	5.6	-	-
Serina	-	5.1	5.6	-	-

\* Las datos son expresados en gr/16 gr. de Nitrógeno

FUENTE: Wolfe (1979)

ciente en glicina y triptofano. En contraste con el inhibidor de tripsina las hemaglutinas no contienen cistina.

La fracción 7S, globulina aislada por Koshimaya, se diferencia de las demás fracciones de proteína por contener bajos niveles de metionina. La más significativa diferencia entre la 7S globulina y la 11S globulina es de mayor contenido de triptofano, metionina y cistina de esta última (Smith y Circle, 1972).

#### 2.2.1.2 Propiedad Física de las proteínas de la soya.

A.- Solubilidad.- La solubilidad de las proteínas de soya está en función al pH y a las concentraciones salinas. Las globulinas de soya son insolubles en su punto isoeléctrico y a las bajas concentraciones salinas, pero su solubilidad se ve incrementada grandemente cuando se incrementa la concentración de sales; un ejemplo claro es el de la fracción 11S que es soluble a un pH 4.0 en una solución de 1 M. de cloruro de sodio pero precipita a bajas concentraciones de sulfato de amonio y a un pH 7.0 (Wolf et al, 1952 citado por Smith y Circle, 1972).

La solubilidad de la proteína de soya es también influenciada por los fitatos y el bisulfito, otros de los compuestos usados en el es

tudio de la precipitación de la proteína de soya son los buffer fosfato de pH 7.6, estos contienen una concentración de 0.01 M de mercaptoetanol y su efecto es el de separar las proteínas en dos fracciones, una soluble y la otra insoluble.

B.- Peso Molecular.- Los pesos moleculares correspondientes de las fracciones de proteínas son mostrados en el Cuadro 7. Todavía hay muchas proteínas no identificadas de los productos de soya, pero es evidente que estas proteínas - tienen un amplio rango de pesos moleculares.

La fracción 11S globulinas puede ser considerado como proteína de gran peso molecular por el orden de 350,000. La fracción 15S se estima que tiene un peso molecular de medio millón o más (Smith y Circle, 1972).

C.- Estructura Molecular y Conformación.- Es muy escasa la información acerca de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria de muchas de las fracciones de la proteína de soya. El inhibidor de tripsina fue aislada hace 20 años y es el que ha recibido más atención que cualquier otra proteína de soya, pero aún así su estructura es desconocida. Relativamente - el inhibidor de tripsina tiene una estructura molecular simple, comparada con las fracciones

11S y 15S globulinas, las cuales tienen una estructura molecular muy compleja.

### 2.2.1.3 Desnaturalización de la proteína de soya.

La desnaturalización de la proteína de soya es interpretada como un cambio de estructura nativa sin la alteración de la secuencia de los aminoácidos (Tanford, 1968, citado por Smith y Circle, 1972).

Esta propiedad provee algunos tipos de información, tales como: (a) Los límites de los parámetros bajo los cuales las estructuras nativas son estables (b) La naturaleza de los cambios ocurridos durante la desnaturalización y (c) información acerca de la estructura de la proteína.

#### A.- Desnaturalización por calor.

La desnaturalización de la proteína de soya por efecto del calor húmedo es bien conocido y es bastante usado para eliminar los factores anti-nutricionales en los alimentos de soya, tanto de alimentos para humanos como de alimento balanceado para ganado. La soya mezclada con grandes cantidades de agua y donde recibe un tratamiento térmico continuado de 30 minutos, solubiliza grandes cantidades de proteína (Fukushima



1950, *Journal of Biological Chemistry* y Circle, 1972).

Otros estudios han demostrado que calentando un extracto de proteína de soya el cual tiene un pH 7.0, se obtiene la formación de un precipitado, pero este precipitado contiene de proteína 5S y -2S (las cuales fueron detectadas por ultracentrifugación); después de 30 minutos de tratamiento térmico la fracción 5S se solubiliza dejando a la fracción 2S que forma el precipitado.

#### B.- Desnaturalización por pHs Extremos.

La desnaturalización de la proteína de soya, especialmente las fracciones 7S y 11S globulinas, produce la disociación de la proteína en sub-unidades; esto es posibilitado por la repulsión electrostática producida por los altos valores de las cargas positivas y negativas en las proteína cuando se encuentra a valores extremos de pH. Los cambios producidos en la estructura de la proteína son frecuentemente irreversibles.

Experiencias realizadas con pH ácidos, han demostrado que se obtienen precipitado de fracciones -2-3S y 7S en un rango de pH 3.8 a 2.0, estas fracciones se obtuvieron de la conversión de una mezcla de fracciones 2S, 7S, 11S y 15S, que son solubles en valores de pH alcalino. La fracción 11S

obtenida a un valor de pH de 3.0 no es estable y tiende a agruparse con otras fracciones. En soluciones ácidas se da una serie de reacciones de asociación - disociación de estas fracciones, que están influenciadas por el pH y por el valor de sus respectivas energías iónicas de cada fracción de proteína.

Similares conclusiones fueron obtenidas por Kretovich, et al (1958); citado por Smith y Cirie, (1972), los estudios los hicieron en glicina y una subfracción de glicina en una solución ácida; en un valor de pH de 2.2 la subfracción de glicina (la cual está constituida de fracciones 7S y 11S) se sedimentó a una velocidad de 2.36S y que corresponde a un peso molecular de 19,800.

El tratamiento con soluciones alcalinas, caso del hidróxido de sodio 0.01N que proporciona un pH 12, produce cambios en la estructura de la proteína de la soya la cual precipita y generalmente estos cambios son irreversibles.

Soluciones de globulina de soya de 1 - 4.5 % de concentración a valores de pH alcalinos (12) incrementan su viscosidad y por último puede formar geles si se incrementa la concentración de globulinas.

Una de las formas de obtener fracciones 3S globulinas de soluciones donde hay mezcla de globulinas es con soluciones alcalinas (pH 12) la conversión de las globulinas a la forma 3S es casi completa en 15 minutos. Si la solución alcalina es dializada con buffer fosfato (pH 7.6) sólo se obtienen pequeñas fracciones de 3S y 7S globulinas.

#### 2.2.1.4 Propiedades Funcionales de la Proteína Soya.

Una de las utilizaciones principales de la proteína de soya es la que se refiere a sus propiedades funcionales, que son tan buenas como sus propiedades nutricionales.

Las propiedades funcionales de la proteína de soya y sus respectivas aplicaciones son mostradas en el Cuadro 9.

La funcionalidad de la Soya está relacionada a las propiedades activas de las superficies de sus proteína, las que producen una absorción de agua y grasa. Las propiedades activas de la superficie de la proteína son derivadas de las tendencias de las proteínas a orientarse en la interfase aceite - agua de la emulsión resultante, que tiene una baja tensión superficial.

CUADRO 9 : PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA PROTEINA DE SOYA

PROPIEDADES	FORMA DE PROTEINA USADA	PRODUCTO
Emulsificación Formación de Emulsión	H, G, C, A H A	Frankfurters Bologna Panes, Tortas, Sopas Postres congelados
Estabilización de la Emulsión	H, G, C, A H	Frankfurters y Sopas
Absorción de Grasas Promoción	H, G, C, A	Frankfurters y bologna análogos de carne
Control Absorción de Agua Promoción	H, A, H, C	Buñuelos, panqueques Panes, tortas, confec ciones, etc.
Control Retención	H H, C C	Pastas Panes, Tortas
<b>Textura</b>		
Viscosidad	H, C, A	Sopas, ajf
Gelatinización	H, C, A	Carne molida
Formación de Superficie dura	H, A	Análogos de Carne
Formación de Fibras	H	Análogos de carne frutas y vegetales
Formación de estructura esponjosa	A	Análogos de carne, y "TOFU" seco.
Formación de masa Adhesión Cohesión	H, C, A C, A H, A	Panificación Pasteles de carne Panificación Pastas
Elasticidad	A A	Análogos de Carne Panificación, análogos de carne, gelatinas
Control del Color Blanqueado Empardecimiento	H H	Panes Panes, waffles, etc.
Aireación	A	Mezclas alimenticias

\*H, G, C y A significa : harina, hojuelas, concentrados y productos aislados respectivamente.

FUENTE : Wolf y Cowan (1971), citado por Orthofer, (1978)

La propiedad de absorción agua/grasa, es probablemente la función más utilizada de las proteínas de soya; la harina de soya absorbe agua 2 ó más veces su peso mientras que los concentrados absorben 3 a 5 veces su peso. La absorción de agua está relacionada a la naturaleza hidrofílica de la proteína y a una limitación o disminución de esta propiedad - ocurre cuando la proteína se encuentra cerca de su punto isoeléctrico.

Otra propiedad muy utilizada es la coagulación de la proteína de soya. La proteína aislada de soya forma un gel cuando es calentada a 70 - 100°C por 30 minutos, esta coagulación es irreversible y es especialmente importante para la obtención de la textura en la elaboración de productos análogos a la carne de res.

Los mecanismos de absorción de grasa no son bien conocidos, se piensa que se puede relacionar con las propiedades de la emulsificación (Orthoefer, 1978).

### 2.2.2 Lípidos

El contenido promedio de lípidos en el grano de soya es de 18%; esto está en función a la

variedad, clima y condiciones del terreno, etc. Los lípidos se encuentran en la célula en inclusiones llamadas esferosomas de 0.2 - 0.3 - micras de diámetro (Wolf, 1972, citado por Trolí, 1974). Los lípidos del frijol de soya incluyen a los glicéridos y los fosfolípidos, los componentes menores, que son liposolubles incluyen los pigmentos, tocoferoles y esteroides; también existen productos derivados de los triglicéridos.

El aceite de soya, según su composición química, puede ubicarse entre el aceite de lino y de oliva. Puede decirse que es un aceite polisaturado, que después de su extracción y refinamiento, se convierte en un producto alimenticio que día tras día va ganando aceptación en la alimentación humana (Kopsic, 1975).

Con respecto a la función triglicéridos, estos presentan aproximadamente el 95 % de la grasa extraída del grano (usando hexano como solvente). La composición de los ácidos grasos se muestran en el Cuadro 10. El valor del índice de iodo del aceite varía con la forma de cultivo, medio ambiente y durante el crecimiento, el valor promedio del índice de iodo es de 130, pero también se ha hallado valores bajos -

**CUADRO 10. ACIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE DE FRIJOL DE SOYA.**

ACIDOS SATURADOS (%)		ACIDOS INSATURADOS (%)	
Laúrico	0.0 - 0.2*	Dodecanoico	
Mirfístico	0.1 - 0.4	Tetradecanoico	0.05 - 0.64
Palmítico	6.5 - 9.8	Hexadecanoico	0.42 - 1.6
Estearico	2.4 - 5.5	Palmitoleico	--
Araquidónico	0.2 - 0.9	Oleico	10.9 - 60
Lignocérico	0.0 - 0.1	Linoleico	25.0 - 64.8
		Linolénico	0.3 - 12.1

\* Incluye trazas de ácidos grasos de bajo peso molecular.

FUENTE : Wei (1979).

como 103 y altos como 152.

El aceite de soya pertenece al grupo del ácido linolénico, junto con el aceite de linaza y de oliva, se dice esto porque la distribución de los glicéridos que conforman estos aceites tienen una misma distribución patrón (Orthofer, 1978).

El aceite de soya tiene una tendencia a desarrollar sabores y olores desagradables cuando se expone al aire o a la luz. El desarrollo de los sabores y olores desagradables es causada por la auto-oxidación y es atribuida a una "reversión". Los sabores han sido descritos como sabor a grasa, sabor a pintura o sabor a pescado; el mayor precursor de esta oxidación es, el ácido linolénico, además un gran número de compuestos se desarrollan durante la reversión, algunos de ellos son: - etil vinil cetona; pentanol; 2 pentilfuran; 4 cis heptanol; 3 cis-hexanol y diacetil (Orthofer, 1978).

El aceite de soya es un aceite secante. el término "secante", se refiere a su transformación a la exposición del aire, que al poner una película fina de aceite al contacto con el aire, se endurece y se solidifica. Este proceso involucra una polimerización del aceite a través de reacciones de condensación.



La habilidad de secado del aceite de soya es menor que las obtenidas con otros aceites tales como el de linaza, el cual tiene aplicaciones industriales.

Los principales fosfolípidos del frijol soya son fosfatidicolina, fosfatidiletanolina y fosfatidilinositol. Los fosfátidos representan el 1.5 - 5 % del aceite extraído por solventes. Aunque originalmente desechados como desperdicio los fosfolípidos, han venido siendo utilizados en la producción de la industria de alimentos. Algunas de las propiedades de los fosfolípidos incluyen la emulsificación, dispersión y acumulación de agua. Comercialmente el fosfolípido más conocido es la lecitina; la lecitina comercial, mezcla de fosfolípidos, es distinta de la lecitina química. Los fosfolípidos son insolubles en acetona lo que es contrario a los triglicéridos; el índice de solubilidad en la acetona es usado para cuantificar la presencia de fosfolípidos en una mezcla de aceites, la extracción con acetona también puede ser usada para producir aceite libre de lecitina.

El aceite de soya crudo contiene varios tipos de esteroides: campesterol, estigmasterol y beta-sitosterol, que en la mayoría de los ca-

Los esteroides se encuentran libres. Los esteroides también se presentan como glucósidos acilados. La distribución de los esteroides entre los diferentes tipos no cambia durante el proceso de maduración del grano. Los esteroides son solubles en acetona y están usualmente presentes en la fracción cruda del aceite.

Otro de los compuestos es el tocoferol que tiene actividad antioxidante y precursores de la vitamina E.

### 2.2.3. Carbohidratos.

El frijol de soya contiene aproximadamente entre 20 - 25 % de carbohidratos, los cuales varían de acuerdo a las características genéticas y las variedades. Existen dos fracciones de carbohidratos: una fracción soluble y otra insoluble en agua. Los principales carbohidratos que se encuentran en el frijol se muestran en el Cuadro 11.

Del total de carbohidratos presentes en el frijol soya maduro la cantidad de almidón no excede el 3 %, los demás componentes presentes son: glucosa, manosa, arabinosa, galactosa y estaquiosa, es decir, azúcares que pueden ser aprovechados por los diabéticos y tienen la ventaja de que en el organismo humano son fácilmente transformados y asimilados, excepto pequeñas cantidades de azúcares, tales como la rafinosa (trisacárido)

CUADRO II. COMPOSICION DE LOS CARBOHIDRATOS DEL GRANO DE FRIJOL DE SOYA

CARBOHIDRATOS	GRANO ENTERO (%)	COTILEDON DESGRASADO (%)	HIPOCOTILEDON DESGRASADO (%)	CASCARA (%)
Frijol de Soya EE.UU. (6 variedades)				
Sucrosa	4.5	6.2	6.0	0.58
Rafinosa	1.1	1.4	1.7	0.11
Estaquiosa	3.7	5.2	6.4	0.39
Arabinosa	0.002	-	-	0.023
Glucosa	0.005	-	-	0.06
Frijol de Soya Japonas ( 3 variedades)				
Sucrosa	5.7	7.4	9.6	0.64
Rafinosa	1.1	1.4	2.1	0.16
Estaquiosa	4.1	5.4	6.7	0.45
Arabinosa	0.001	-	-	0.015
Glucosa	0.007	-	-	0.04

FUENTE : Kawamura (1967), citado por Smith y Circle (1972).

causante de la flatulencia en humanos por la falta o ausencia de la enzima alfa-galactosidasa (Smith y Circle, 1972 y Orthofer, 1978)

Las cáscaras contienen la mayor parte de carbohidratos insolubles. Los polisacáridos insolubles consisten en galactomanosa, ácidos polisacáridos, hemicelulosa y celulosa. Probablemente también la lignina se encuentra presente. Los carbohidratos insolubles de los cotiledones son una mezcla de ácidos polisacáridos y arabinogalactano.

Los carbohidratos solubles en agua no han sido estudiados seriamente como una potencial fuente para la alimentación humana. Su principal utilización es en la alimentación animal donde contribuyen con las calorías de la dieta, especialmente para rumiantes.

Los principales carbohidratos solubles en agua son - sucrosa y rafinosa,

Sucrosa, Kraybill et al (1937), citado por Smith y Circle, <sup>(1972)</sup> aisló e identificó este carbohidrato del frijol de soya utilizando dos métodos. A hojuelas de soya desgrasadas se le hizo una extracción con etanol y el extracto de alcohol fue concentrado utilizando un baño de vapor hasta hacer cristalizar el azúcar. En el segundo método con etanol al 80 %, se obtiene

el azúcar a partir de su precipitación de un jarabe altamente concentrado utilizando acetato, el precipitado removido y filtrado es tratado con hidróxido de bario.

La refinosa es un azúcar no reductor y es posible hidrolizarla, utilizando hidrólisis ácida, en sus componentes: galactosa, glucosa y fructuosa. La refinosa puede ser hidrolizada por dos tipos de enzimas: la invertasa y alfa-D-galactosidasa (Smith y Circle, 1972).

#### 2.2.4. Minerales

El Cuadro 12 muestra los compuestos minerales presente en el frijol de soya y sus productos. El contenido de minerales varía considerablemente con la variedad del grano y esta variación está dentro del rango de 3.6 a 6 % (Mazzani 1963, citado por Troll, 1974). algunos de los minerales más importantes son:

Calcio.-Mucho del interés nutricional en el contenido de calcio involucra una comparación entre la leche de soya y la leche de vaca. Los análisis realizados para la determinación del contenido de calcio en la leche de soya preparada por la manera tradicional reportaron un valor desde 0.08 % comparado con el contenido en la leche de vaca que es el 0.11 % (Shurpalekar et al., 1961, citado por Smith y Cir-

CUADRO 12.- CONTENIDO DE MINERALES EN FRIJOL DE SOYA Y PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE SOYA\*

PRODUCTOS DE SOYA	CALCIO (%)	FOSFORO (%)	MAGNESIO (%)	ZINC (mg/kg)	FIERRO (mg/kg)	MAGNESO (mg/kg)	COBRE (mg/kg)
Grano No-Maduro	0.10	0.26			21.3		
Grano Maduro	0.16 - 0.47	0.42- 0.82	0.22 - 0.24	37	90 - 150	32	12
Tallos	0.40				100		
Torta	0.24 - 0.31	0.60	0.24 - 0.30	55.77	140	24 - 29	14 - 24
Narina	0.42 - 0.64	0.60			110 - 160		
Cajada (Tofu)	0.80	0.80- 1.0			105		
Leche, Tradicional	0.76	0.15			68		
Leche en polvo	0.7 - 1.0	1.1			30 - 170		
Miso	0.11				35		
Natô	0.18	0.42			62		

\* Todos los valores corregidos de acuerdo al contenido de humedad

FUENTE : Smith y Circle (1972).

cle, 1972).

Schofoeder et al (1946), citado por Smith y Circle, (1972), comparan el aprovechamiento del calcio de la leche de soya con el proveniente de leche de vaca evaporada en humanos y concluyeron que el 22.6 % de calcio de preparación de leche de soya fue aprovechada comparando con el 29.1 % de leche de vaca.

Fosforo.- Aunque el frijol de soya contiene, por lo menos, dos veces más que otros cereales, aproximadamente la mitad a 2/3 de este está presente como ácido fítico (Nelson, 1967, citado por Smith y Circle, 1972).

Zinc.- Aunque el frijol de soya contiene una apreciable cantidad de zinc, por experimentos con ratas se ha determinado que solamente el 44 % de este es utilizable (Forbes - York, 1960). El aprovechamiento del zinc de la proteína aislada de soya varía de una fuente a otra.

#### 2.2.5 Enzimas y Vitaminas.

Enzimas.- Las enzimas halladas en el frijol de soya se muestran en el Cuadro 13. Comercialmente la enzima lipoxigenasa es considerada la de mayor importancia, estas catalizan la oxidación de los lípidos formando hidroperóxidos de ácidos grasos. Los hidroperóxidos, rotos sus enlaces, dan lugar al desarrollo de sabores y aromas desagradables. Las enzimas H-

lipoxigenasas son específicas para lípidos que tienen un sistema cis, cis - 1, 4 - pentadieno y el isómero 9-Hidroperóxido es formado como resultado de la auto-oxidación.

Por lo menos 4 tipos de enzimas lipoxigenasa están presente en el grano de soya, dos de ellas son específicas para los ácidos grasos libres. Se ha determinado, por el aislamiento de esta enzima cristalizada, que no posee grupos prostéticos y no requiere de activadores metálicos o coenzimas. Recientes descubrimientos indican un requerimiento del hierro como un activador.

CUADRO 13.- ENZIMAS PRESENTES EN EL FRIJOL DE SOYA

---

Alantoínaasa	Lipoperoxidasa
Amilasa	Lipoxigenasa
Ascorbinasa	Malico Deshidrogenasa
Coenzima Q	Alfa-Manosidasa
Citocromo C	Peroxidasa
Glicosiltransferosa	Fosfatasa
Hexoquinasa	Fosforilase
Deshidrogenasa Láctica	Transaminasa
Lipasa	Ureasa
	Uricasa

---

FUENTE : Smith y Circle (1972)

Los hidropéroxidos, formados como resultado de la actividad de la lipoxigenasa, prontamente bloquean las



pigmentos carotenoides, por el efecto del mecanismo - de radicales libres.

La enzima lipoxigenasa activa tiene un efecto blanqueador del pan. Cuando se incorpora harina de soya, basada en la harina total, para la fabricación de pan - blanco.

Otras enzimas relacionadas con los lípidos que están - presentes en el frijol de soya son la lipoperoxidasa y la lipasa. La actividad de la lipoperoxidasa destruye los hidroperóxidos de los ácidos grasos y es similar al citocromo C en la pre-formación del hidroperóxido - timoleato que es usado para blanquear el beta-caroteno. La lipasa, que contiene dos tipos de esta enzima, cataliza el desarrollo de ácidos grasos libres.

Las enzimas alfa - y beta - amilasa muestran una gran actividad en carbohidratos altamente ramificados. El grano inmaduro contiene solamente 34 % de actividad - de amilasa en relación al grano maduro. Las funciones de esta enzima son desconocidas porque el grano macho no contiene almidón.

La ureasa, la cual cataliza la hidrólisis de la urea a amonio y dióxido de carbono, se encuentra presente en el grano de soya y su actividad varía con las condiciones de cultivo y crecimiento (su actividad también

incrementa con la maduración). Esta enzima es rápidamente inactivada por el calor húmedo y es usada como una guía para determinar el grado de tratamiento de calor dado a diversos productos de soya (actividad ureasica).

Vitaminas.- El contenido vitamínico de varios productos de soya es resumido en el cuadro 14. Además, puede existir grandes variaciones en la bibliografía consultada, esto principalmente por los tipos de análisis utilizados (Smith y Circle, 1972).

Existen dos tipos de vitaminas presentes en el frijol de soya, los liposolubles y las hidrosolubles. Dentro de las vitaminas liposolubles el beta-caroteno, el precursor biológico de la vitamina A, está presente en el grano no maduro en una cantidad de  $2-7 \times 10^{-6}$  gr/gr. de grano (Sherman y Salman, 1939, citado por Smith y Circle, 1972 ). La cantidad de beta-caroteno en la leche de soya es la mitad de la que contiene la leche de vaca (Shurpalekar et al., 1961, citado por Smith y Circle, 1972 ). El frijol de soya y productos derivados de este pueden ser considerados esencialmente desprovistos de vitamina D, es por esto que si la soya es utilizado como remplazante de la leche de vaca esta debe ser suplementada con vitamina D.

Pequeñas cantidades de vitamina E está presente en el

CUADRO 14.- VITAMINAS PRESENTES EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE SOJA

VITAMINAS	Grano no maduro	Grano Maduro	Tallos	Hojuelas	Harina	Cuajada (Tofu)	Leche *	Miso
Beta-Caroteno ( $10^{-6}$ gr./gr.)	2 - 7	0.2 - 2.4					7.5	
Tiamina ( $10^{-6}$ gr/gr)	64	11 - 17.5	11.9 - 21.9	12 - 41.1	11 - 15	3.9	0.8	1.3
Riboflavina ( $10^{-6}$ gr/gr).	3.5	2.3	4.5 - 7	2.7 - 3.3	4 - 4.4	3.7	1.1	1.4
Niacina ( $10^{-6}$ gr/gr)		20 - 25.9	21.9 - 48	19 - 40	20.3 - 29	5.5	2.5	
Acido Pantoténico ( $10^{-6}$ gr/gr)	12	12	18.8 - 34.4	13.3 - 16	47 - 50			
Piridoxina ( $10^{-6}$ gr/gr)	3.5	6.4	14.1 - 57.7	8.8				
Biotina ( $10^{-6}$ gr/gr)	0.5	0.6	1.1 - 1.7	0.2				
Acido Fólico ( $10^{-6}$ gr/gr)	1.3	2.5	3.7	4 - 4.9	0.8 - 0.9			
Inositol (mgr/gr.)		1.9 - 2.6	2.5 - 3.9	1.8 - 2.1				
Colina (mgr/gr)	3 - 3.3	3 -		3.5 - 3.8				
Acido Ascórbico (mgr/gr)	0.2	0.2						21.5

\* Expresado como mgr/L, con la excepción de beta-caroteno, el cual expresado en término de Unidades Internacionales de Vitamina A por litro.

FUENTE : Smith y Circle (1972)

frijol de soya, contenido en el aceite, en razón de  $1.4 \times 10^{-6}$  gr/gr. de aceite (Harris et al., 1950, citado por Smith y Circle, 1972). Durante el proceso de fermentación de soya, como es el caso de la preparación del tempeh, se produce un antioxidante, el cual retarda el proceso de oxidación y previene una deficiencia de vitamina D.

Dentro de las vitaminas hidrosolubles, en comparación con los cereales, los productos de soya son buena fuente de vitaminas del complejo B. A pesar de su termolabilidad, la tiamina está presente en los productos de soya procesada por el calor, es así que el tostado de hojuelas de soya destruye cerca de la mitad de la cantidad de tiamina presente (Weakley et al., 1951, citado por Smith y Circle, 1972).

También se producen apreciables pérdidas de ácido ascórbico cuando el frijol de soya es cocinado, a tal punto que los productos de soya deben ser considerados como una relativa fuente pobre de Vitamina C (Mc Gregor y Bedford, 1948, citado por Smith y Circle, 1972).

Se ha estimado que la leche de soya puede tener de 50 a 90% de tiamina, 90 % de riboflavina y 50-80% de niacina. Además la leche de soya tiene aproximada-

mente un 80% del complejo de vitamina B comparado con la leche de vaca.

## II. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES.

La soya es única entre los vegetales. A diferencia de otros vegetales, proporciona proteína de una calidad similar en valor alimenticio a la proteína animal (carne, leche, pescado y huevo). Esto quiere decir que la proteína de soya contiene en proporciones casi óptimas todos los aminoácidos esenciales de la dieta del hombre y los animales. El único aminoácido y algunas veces se agrega a la proteína de soya para elevar al máximo la proporción de eficiencia proteica (P.E.R.) en la alimentación de animales es la metionina. Un kilo de harina de soya contiene tanta proteína como 2.270 kilos de carne sin hueso, 0.2 kilos de queso o 6 docenas de huevos o 15 litros de leche. En cuanto al costo de kilo de proteína, la soya es muy barata, como se muestra en el Cuadro 15. Además, la soya tiene vitaminas y minerales, especialmente calcio, fósforo y hierro.

La soya proporciona el aceite alimenticio más abundante y menos costoso. La mayoría de los aceites vegetales, aceites para cocinar, mantecas vegetales y margarinas se obtienen de la soya.

En la conferencia de Keystone sobre proteína de soya y nutrición humana, que se llevó a cabo en Keystone, Colorado EE.UU., quedó de manifiesto que el 10% de infantes son alimentados con fórmulas a base de soya. El Dr. Forman de la Universidad de Iowa ha conducido diversos estudios sobre el balance de nitrógeno y crecimiento de in

CUADRO 15.- COSTO RELATIVO DE LA PROTEINA DE ALGUNOS ALIMENTOS

Alimento	Soles/kilo	Proteína (%)	Soles/kg de Proteína
Res	1,500	15.2	9,868.4
Cerdo	1,700	12.0	14,166.7
Ave	750	20.0	3,750.0
Leche de vaca en polvo	625	35.6	1,755.6
Frijol canario	450	22.0	2,045.5
Frijol de soya	200	35.0	571.4

fantes, comparando la proteína de la soya a los productos lácteos. Los parámetros de crecimiento y retención de nitrógeno son similares para las fórmulas infantiles basadas tanto en la proteína de soya como en leche (Soya Noticias, 1979).

Se reportó que la digestibilidad de la proteína aislada de soya resulta ser equivalente a la leche de vaca. Basándose en la retención de nitrógeno de la proteína consumida, se encontró que la proteína aislada de soya es equivalente a la de la leche. El valor proteico relativo de la proteína de soya respecto a la proteína del huevo fue de 86% (Young, et al 1977).

Dado que la proteína aislada de soya puede remplazar la carne en la dieta, por ese motivo se llevó a cabo experimentos comparativos de estos dos alimentos, dando como resultado que a un nivel mínimo (en la dieta humana) la proteína aislada de soya es comparable con la carne de res. Todos los resultados de estos estudios efectuados recientemente con humanos apoyan el hecho de que la proteína aislada de soya, no solamente es una proteína de alto valor nutricional, sino que, además, la calidad de su proteína posee un "status" comparable con el de las proteínas derivadas de la carne, leche y huevos (Soya Noticias, 1977).

## 4. FACTORES ANTINUTRICIONALES ASOCIADOS AL FRIJOL DE SOYA.

### 4.1. Proteínas y Derivados Proteicos.

#### 4.1.1. Inhibidor de tripsina.

Los inhibidores de tripsina son los que se encuentran en mayor cantidad, en los alimentos de soya, en comparación con cualquier otra enzima proteolítica. En 1972, Rackis y sus colaboradores aislaron dos inhibidores de tripsina designándolos con los nombres de  $ABTIA_1$  y  $SBTIA_2$ , fue identificado posteriormente con el nombre de inhibidor de Kunitz. Posteriormente Rackis y Anderson (1964), citado por Smith y Circle (1972) aislaron 4 inhibidores de tripsina de frijol de soya designándolos como  $SBTIB_1$ ,  $SBTIB_2$ ,  $SBTIA_1$  y  $SBTIA_2$ . Birk et al (1963) aisló otro inhibidor de tripsina insoluble en acetona, originalmente designado con el nombre de inhibidor de tripsina A A', pero ahora es conocido con el nombre de inhibidor de Bowman - Birk Yanamoto e Ikenaka (1967) obtuvieron 2 inhibidores de tripsina, uno de los cuales parecía ser idéntico con el inhibidor de Kunitz ( $SBTIA_2$ ). El segundo inhibidor designado con el nombre de L.95 contiene 3 enlaces disulfuro por molécula comparando con 2 enlaces disulfuro en el inhibidor de Kunitz ( $SBTIA_2$ ).

La función de los diversos inhibidores de tripsina en el frijol de soya, es desconocida hasta el momento; se ha observado que la heterogeneidad se debe principalmente a factores genéticos.



El inhibidor de tripsina Kunitz es una proteína globular que no tiene una formación helicoidal; los análisis de dispersión rotatoria han demostrado que su conformación se asemeja a un aglomerado sin forma definida; los estudios indican que su verdadero peso molecular es de 8,000 de conformidad con los datos obtenidos de los aminoácidos constituyentes.

Los inhibidores de tripsina son inactivados por el calor, un efecto que generalmente ya acompañado por un aumento del valor nutritivo de la proteína (Liener, 1962, citado por Smith y Circle, 1972). A 100°C, por 15 minutos de tratamiento con vapor saturado se alcanza el máximo de eficiencia proteica e inactivación del inhibidor de tripsina de cualquier producto de soya (con o sin grasa). La actividad del inhibidor de tripsina del grano de soya crudo es también eliminada por el contacto con el vapor saturado por 20 minutos para ello es conveniente que los granos sean llevados a una humedad de 25% antes del tratamiento térmico. Cuando el grano se encuentra a menor porcentaje de humedad, se requiere mayor tiempo y mayor temperatura para inactivar el inhibidor de tripsina. La actividad del inhibidor de tripsina es destruida casi a la misma velocidad con que se destruye la enzima ureasa, bajo condiciones similares de cocinado. (Albrech et al. 1966, citado por Smith y Circle, 1972). La rapidez de inactivación de este inhibidor de productos de soya, con grasa y sin grasa, comparados con los gra-

nos enteros, cotiledones y hojuelas está relacionados - al tamaño de partícula y al proceso de rotura del grano (Nelson, 1977).

No se encuentra evidencia de hipertrofia pancreática -- en ratas que se alimentaron con Tempeh (producto de soya fermentado). En la preparación de este producto es cocinado con agua durante 30 minutos antes de la fermentación, lo cual es suficiente calor para destruir al inhibidor -- de tripsina. Presumiblemente el inhibidor de tripsina - es también inactivado cuando se cocina los granos antes de hacer el Tofu.

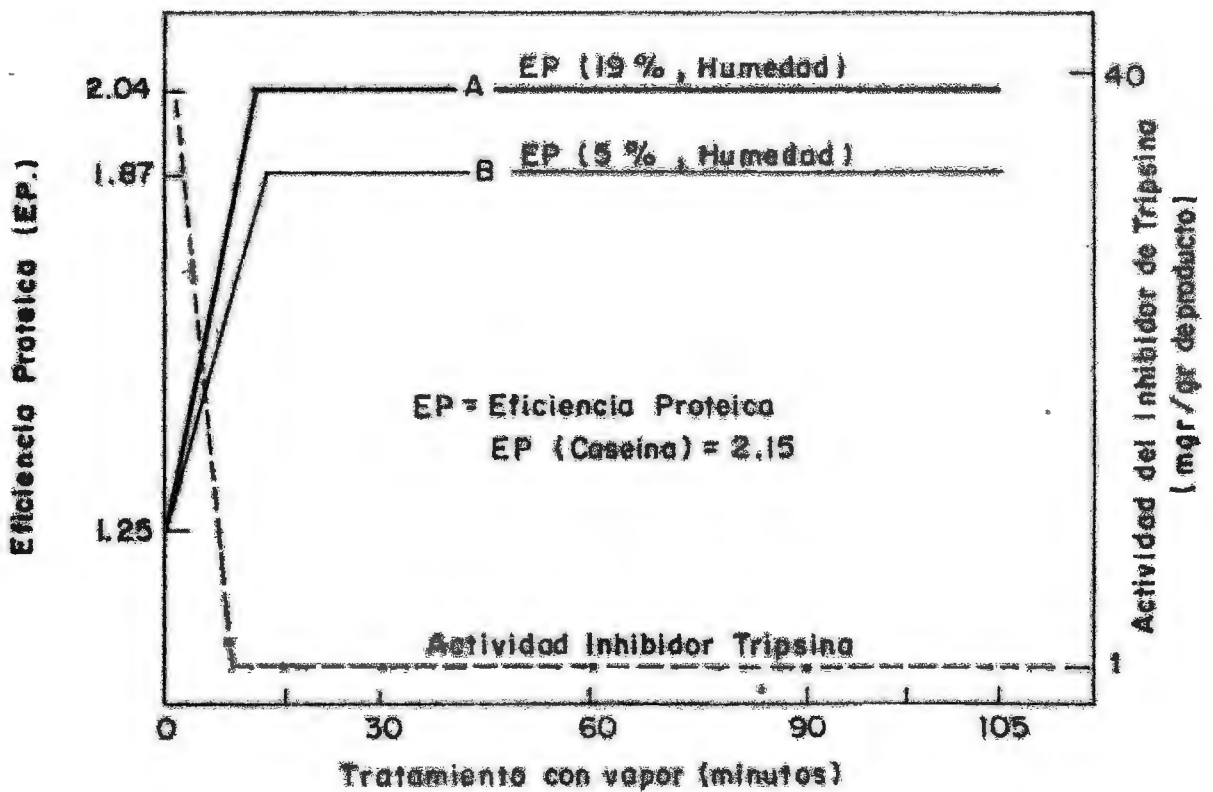
Los productos de aislados proteicos de soya crudos, contie nen suficiente inhibidor de tripsina para causar una significativa hipertrofia pancreática en ratas (Rackis et al 1963, citado por Smith y Circle, 1972).

El incremento del valor nutritivo paralelo a la destruc ción de la actividad del inhibidor de tripsina se presen ta en la figura 1. La incidencia de la hipertrofia pan creática en ratas también decrece cuando el inhibidor de tripsina es destruido.

#### 4.1.2. Hemaglutininas.

Este es otro compuesto presente en el frijol de soya y - es responsable de la baja calidad nutritiva de este pro

**Fig. 1 - EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LA EFICIENCIA PROTEICA Y LA ACTIVIDAD DEL INHIBIDOR DE TRIPSINA DE PRODUCTOS DE SOYA CRUDO**



FUENTE : Smith y Circle (1972)

ducto en el estado natural. Esta protefna tiene la propiedad de causar la aglutinación de los glóbulos rojos de la sangre.

Prácticamente no se conoce nada acerca de la estructura de esta glucoprotefna. Las hemaglutininas de soya fueron extraídas por Liener y Pallanch (1952). Cuatro formas diferentes de hemaglutinina fueron caracterizadas - por atracción eléctrica por Meyer (1969), y fueron designadas por las letras A, B, C y D. Las cuatro son glicoprotefnas que contienen manosa y glucosamina; el mayor contenido de manosa y glucosamina en hemaglutininas son 45% y 1%, respectivamente (Smith y Circle, 1972).

Desde que las hemaglutininas tiene una gran significación nutritiva, especialmente en aquellos productos de consumo popular en los países desarrollados, es necesaria inactivarlas y, por experiencias realizadas, se ha demostrado que el "factor hemaglutínico" puede ser inactivado por el calor.

El factor hemaglutinante de la soya (SBH) se ha demostrado que puede combinarse con las células mucosas que revisten las paredes del intestino, interfiriendo con la absorción de los nutrientes esenciales. A partir de ello generan diversos mecanismos que resultan en la aglutinación de los glóbulos rojos de la sangre (Liener, 1965, citado por Troit, 1974).

#### 4.2. Goiterógenos.

Algunas veces los efectos fisiológicos adversos de ciertas legumbres, no se manifiestan en ellas con tan obvias muestras, tales como: inhibidor de crecimiento, parálisis o muerte. Un caso claro es la enfermedad que produce el consumo de soya - sin previo tratamiento térmico, observado en las ratas y pollos por marcada dilatación de la glándula tiroides (bocio), efecto que puede ser contrarrestado por la suplementación de iodo o la eliminación parcial de este glucósido por el calor.

Desde 1933, muchos reportes indican que la soya causa un agrandamiento de la tiroides. Block et al (1961), citado por Smith y Circle (1972), creen que la soya cruda contiene un goiterógeno que es destruido durante el procesamiento. Investigaciones han demostrado que una edición de  $10^{-4}$  gr. de iodo (como KI) por 100 gr. de alimento (dieta) hace retornar a la normalidad después de haberse producido una hipertrofia de la tiroides en ratas.

Además, ciertos aceites vegetales frescos y oxidados (incluyendo el aceite de soya) contienen goiterógenos o sustancias que la glándula tiroides se dilata grandemente.

#### 4.3. Compuestos Asociados a Los Metales.

Los experimentos realizados han demostrado que se incrementa grandemente los requerimientos de zinc, manganeso, cobre, hie

rro y molibdeno, cuando en la ración se utiliza aislados de proteína de soya, esto se debe principalmente a la presencia de ácido fítico (hexafosfato de mioinositol) en el frijol de soya.

El ácido fítico tiene una gran capacidad de captación, debido a su estructura de fitatos (sales minerales del ácido fítico); se encuentran en el grano de soya crudo y aceite de soya en rango de 1 - 5 %.

La reducida utilización de zinc, cobre, calcio y de otros minerales es probablemente debido a la captación de estos minerales por el ácido fítico, fibras u otros constituyentes de la soya.

La Universidad de Illinois (EE.UU.) está investigando sobre la bioutilización de los minerales de los productos provenientes de soya, incluso hay interés en la posibilidad de métodos de procesamiento que reduzcan el contenido de ácido fítico en los productos de soya. Estudios preliminares han demostrado que el zinc en productos de soya tiene una baja bioutilización. Calcio, magnesio y hierro han sido mejor asimilados que el zinc en las pruebas realizadas. También se ha llegado a la conclusión de que la bioutilización de los minerales varía de producto a producto, esto a consecuencia a los cambios físicos y químicos producidos durante los diferentes métodos de procesamiento (Wei, 1979).

#### 4.4. Factores Antivitamínicos.

Schulzter (1953), citado por Smith y Circle (1972) ha reportado que ciertos aislados de proteína de soya causan atrofia en el proceso de lactación de las ratas. Chang y Yokoja (1967) citado por Smith y Circle (1972) hallaron que la vitamina B<sub>12</sub> y el ácido fólico incrementa la utilización de la metionina en la dieta de ratas que contienen soya. La adición de colina a la proteína aislada de soya en las formulaciones para infantes previene la acumulación de grasa en el hígado, pero no mejora la ganancia de peso y la eficiencia calórica.

Edelstein y Guggenheim (1969), citados por Smith y Circle (1972) demostraron que la dieta de harina de soya es deficiente en vitamina B<sub>12</sub> y contiene una sustancia termolábil que incrementa los requerimientos de vitamina B<sub>12</sub> en la dieta.

### 5. APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL FRIJOL DE SOYA

#### 5.1. Harina de Soya.

Una de las formas más comunes de uso de la proteína de frijol de soya en la dieta es como harina. La harina de soya puede ser usada en las dietas humanas en muchas formas: (1) Como alimento separado de la dieta, aunque los problemas de aceptabilidad frecuentemente limitan su consumo en esta forma; (2) como un ingrediente de una gran variedad de alimentos comunes, tales como sopas, bebidas, postres, etc. (3). En la formulación de productos de panadería, cereales o como sustituto de la carne; (4) -

como materia prima inicial en la preparación de alimentos para infantes, concentrados proteícos, etc. (5) como un suplemento proteíco a los granos de cereales y a otros alimentos.

La harina de soya ha sido usada como única fuente de proteínas en la dieta humana solamente bajo condiciones experimentales - (Smith y Circle, 1972).

La harina de soya es un producto procesado, finamente molido, proveniente de cotiledones, con grasa u hojuelas sin grasa. - De acuerdo a los estándares establecidos por la "Soy Food Research Council", requiere que el 97 % del producto debe pasar a través de una malla N° 100 (U.S. Standard Screen)

Los principales tipos de harina de soya son:

- (1) Harina de soya integral
- (2) Harina de soya desgrasada
- (3) Harina de soya de bajo nivel de grasa
- (4) Harina de soya lecitinada
- (5) Otros tipos de harina de soya, producidos para requerimientos especiales.

#### 5.1.1. Harina de Soya Integral.

La harina de soya, particularmente la integral, sin la extracción de aceite, está adquiriendo considerable importancia debido a la necesidad de suministrar tanto calorías como proteínas para la correcta nutrición de los



pueblos mal alimentados en todo el mundo.

Mustakas et al. (1971), citado por Soya Noticias (1977) consiguieron el desarrollo de un proceso manual y simple para las zonas rurales, en el cual el frijol de soya en tero es remojado en agua antes de su cocción. La actividad de la lipoxigenasa, que es muy termolábil, se des truye a 65°C durante 15 minutos. La inactivación de la lipoxigenasa mejora el sabor y la estabilidad durante el almacenaje de la harina de soya.

La harina de soya integral, a diferencia de la harina de trigo, es un concentrado rico en proteínas mucho más que la leche en polvo, el huevo y la harina de tri go. La harina de soya prácticamente no tiene almidón y es casi carente de gluten de la proteína, la cual es importante desde el punto de vista funcional; debido que el gluten que se encuentra en la harina tiene la propiedad de mantener la forma al pan. A menos que se le agregue gluten concentrado a la harina de soya, para obtener resultados óptimos, no se debe usar más del 25% de harina de soya en panificación (Soyanoticias, 1977).

Numerosos métodos para la determinación de la harina de soya integral ha sido reportados (Wolf y Cowan, 1975) citado por Ferrier et al 1979). En los métodos típicos usados comercialmente en los Estados Unidos de América,

los factores antinutricionales deben ser inactivados - por vapor o calor seco, pero en cualquiera de los métodos el control sobre la solubilidad de la proteína - se halló limitante. El tostado de los granos reduce los sabores desagradables del frijol de soya crudo, además, se mostró una apreciable pérdida de triptofano, lisina, cisteína, histidina y una disminución en el valor del PER (Bandenhop y Hackler, 1971, citado por Ferrer et al., 1979).

#### 5.1.2. Harina de Soya Semi - Desgrasada y Desgrasada.

Los principales tipos de productos de soya desgrasados, basado en el contenido de proteína son:

<u>Producto</u>	<u>Proteína (%)*</u>
Torta	44
Harina y Gritz	49
Concentrado	70
Aislado	90

\* N x 6.25.

El 44 % de los alimentos preparados con soya se utiliza la cáscara, las que se agregan a las hojuelas, que previamente han sido desgrasadas (extracción del aceite). Principalmente estos productos son para alimentación animal.

En el procesamiento de harina de soya desgrasada comer

cialmente, como se muestra en la Figura 2, los frijoles son molidos hasta llegar a un tamaño de 0.009 - 0.010 - pulg., luego son desgrasados por medio de una extracción por solvente, el siguiente paso es el desolventizado, - se le hace un mayor tratamiento térmico para inactivar los antinutrientes y posteriormente un secado y un molido. El procesamiento de los frijoles de soya dará una harina con la mínima desnaturalización, máximo índice - de nitrógeno soluble (INS), por este motivo es recomendable que el solvente sea removido de las hojuelas con un desolventizador "Flash" (Mustakas et al, 1962, citado por Smith y Circle, 1972). Es importante que el nivel de humedad de las hojuelas desgrasadas sea ajustado antes de ser molidos en un molino de martillos, tal que el 97 % pase a través de una malla N°100 (U.S. Standard Screen).

En el Cuadro 16 se da la composición de los diferentes tipos de harina.

### 5.1.3. Harina de Soya Procesada por Extrusión.

Mustakas et al (1964) citado por Ferrier (1979), desarrollaron un proceso para obtener harina de soya por - extrusión en pequeña escala, utilizando un extrusor -- Wender. El diagrama de flujo del proceso de extrusión continuo para elaborar harina de soya integral se muestra en la Figura 3. Las hojuelas son precocinadas y -

CUADRO 16.- COMPOSICION QUIMICA DE FRIJOL SOYA Y HARINAS DE SOYA

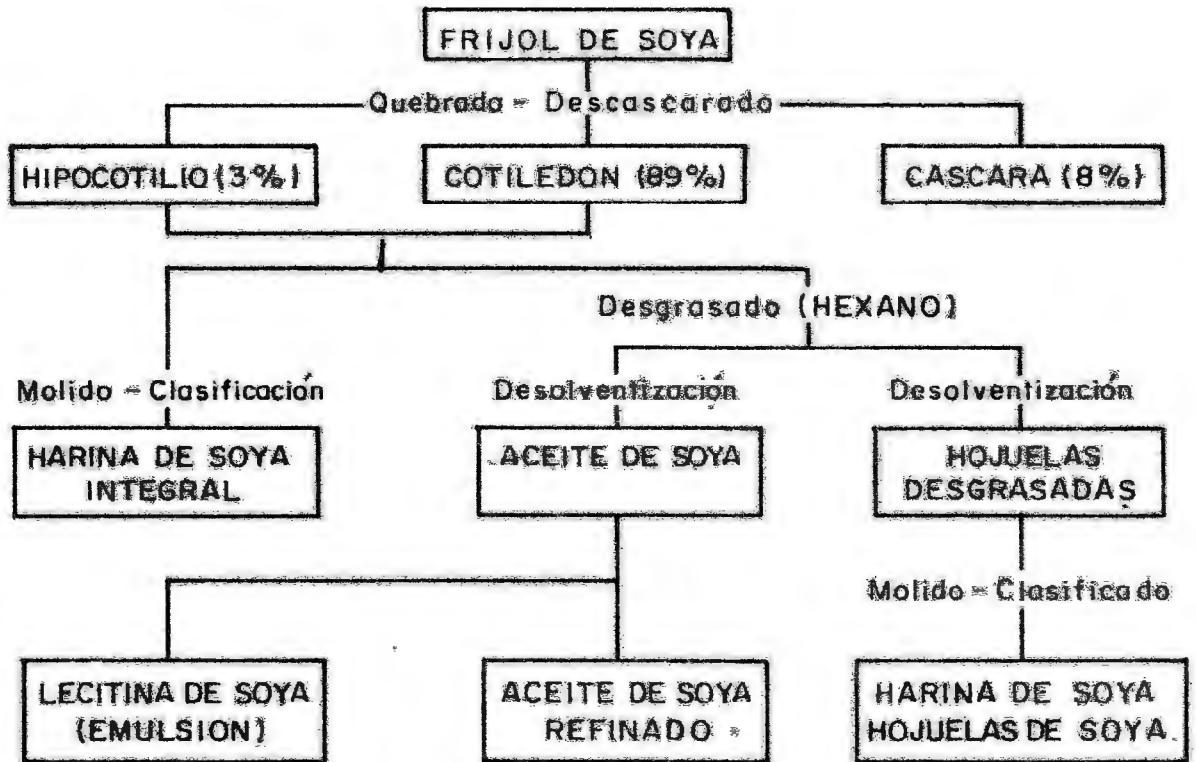
PRODUCTOS	Prot. (%) <sup>1,2</sup>	Humedad (%) <sup>1</sup>	Grasa (%) <sup>1</sup>	Fibra (%) <sup>1</sup>	Ceniza (%) <sup>1</sup>
FRIJOL SOYA	42,6	11,0	20,0	5,3	5,0
Harina de Soya Integral	46,6	5,0	22,1	2,1	5,2
Harina de Soya Desgrasada	59,0	7,0	0,9	2,6	6,4
Harina de Soya Lecitinizada	48,6	5,5	16,4	2,2	5,3

1 Base seca

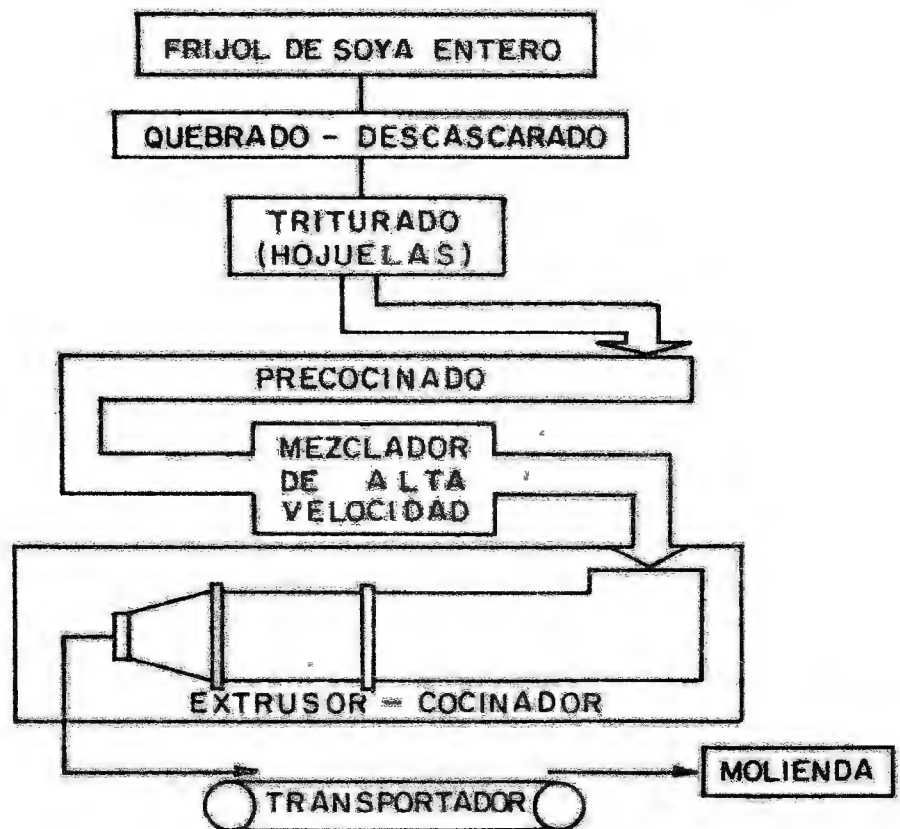
2 N x 6,25

FUENTE + Smith y Circle, (1972)

**Fig. 2.- FLUJO DE PROCESAMIENTO DE HARINA DE SOYA DESGRASADA, LECITINA Y ACEITE**



**Fig. 3.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESAMIENTO POR EXTRUSION DE HARINA DE SOYA**



tratadas con vapor a 200 - 212°F, la humedad es ajustada a 18 % y luego son pasadas a través de un mezclador de alta velocidad con adición de vapor antes de entrar a la sección de extrusión; la harina pasa a través del extrusor en 1.0 - 1.5 minutos a una temperatura que fluctúa entre 250 - 290 °F.

Después el extruido del producto, éste es molido en un molino de pines. El 98 % de la harina debe pasar a través de la malla N° 100, el 2 % restante es fibra.

Mustakas et al (1970), citado por Smith y Circle (1972) reportaron que un producto de alta calidad fue obtenido operando el extrusor en un rango de temperatura de 250 - 286°F, con un tiempo calculado en base a la humedad de 38-47 %. La harina de soya obtenida por este proceso tuvo valores nutritivos óptimos (PER 1.25, comparando con el 2.5 de la caseína), un buen sabor y un tiempo de almacenaje de 12 meses o más.

## 5.2. Productos similares a los productos Lácteos.

Los productos más representativos son el queso soya y el yogurt.

Queso soya o "Tofu" es uno de los alimentos más populares en la mayoría de el continente asiático. Es una masa blanca, suave y de tipo gel, que encierra

en su estructura gran cantidad de agua. Es un producto frágil y de fácil descomposición, aunque desde el punto de vista nutricional es una fuente de proteínas y grasas. Uno de los productos utilizados para la coagulación del queso soya son las sales de calcio y magnesio, que pueden ser remplazados con jugo de frutas cítricas (limón)

La elaboración de queso soya es la siguiente: el frijol de soya maduro se lava y remoja en agua, aproximadamente 8 horas, generalmente al día siguiente, el agua es eliminada y la soya es molida con suficiente agua hirviendo, en la relación 8:1 (peso: volumen) en la cual la temperatura final del líquido debe ser de 80 °C o más - con el objeto de prevenir la formación del sabor característico a vegetal.

Posteriormente, el líquido es hervido durante 5 minutos y luego se filtra. La leche de soya obtenida se convierte en queso por medio de la coagulación por acidez, utilizando sales de calcio o jugo de limón, hasta bajar el pH de la solución a 4.5 (punto isoeléctrico de la globulina de la soya), causando la formación de un cuajo característico en la producción de queso. El cuajo se cubre con unos lienzos y luego se prensa durante 20-30 minutos. El producto obtenido tiene un contenido de 6% de proteína, 4% de grasa, 2.3% de azúcares, 0.7% de ceniza y 85% de humedad (Soyanoticias, 1978).

La preparación y formulación del yogurt, producido a base de soya, se muestra en el Cuadro 17. La bebida base es diluida hasta 3.6 % de proteína, neutralizada y formulada con una mezcla de azúcares. Después de la homogenización, el producto es inoculado con una mezcla de cultivo (L. bulgáricus y S. termophilus) usado para los productos de lechería y el cultivo es hecho bajo similares condiciones al yogurt de leche de vaca.

La textura del producto final es similar al yogurt de leche de vaca, debido a que se puede variar simplemente -- controlando la fermentación. El sabor puede ser mejorado añadiéndole frutas frescas.

### 5.3. Productos similares a la carne.

Los productos similares o análogos a la carne, también llamados productos de proteína texturizada (PPT), son productos procesados de proteína vegetal (proteína de soya) y que son parecidos a la carne de res en textura y sabor. Los principales métodos utilizados son dos: (1) "Tejido o hilado" de la proteína aislada de soya, en equipos especiales para formar fibras, luego son sazonados dando productos similares a la carne; y (2) Por procesamiento y formulación de una masa de harina de soya a través de un extrusor a diferentes tamaños, para dar una textura de un producto parecido a la carne de un sabor agradable. Un tercer método es el de formar



**CUADRO 17.- PREPARACION DE UN PRODUCTO ANALOGO AL YOGURT PROVENIENTE DE UNA BEBIDA BASE DE SOYA**

---

- 1) Preparación de la bebida base de soya (sin cáscara)
  - 2) Mezclar 3 partes con una parte de agua
  - 3) Neutralizar a pH 7.0 con HCl 6 N
  - 4) Añadir azúcar para la fermentación : 1.25% lactosa, 2% de sucrosa y 20% de dextrosa.
  - 5) Homogenizar a 4,000 lbf/pulg<sup>2</sup>
  - 6) Calentar a 82°C
  - 7) Enfriar hasta 40°C
  - 8) Añadir 30% de inóculo, igual al usado en productos de lechería
  - 9) Inocular a 104°F hasta que el pH baje a 4.3 - 4.4 (cerca de 4.5 horas).
  - 10) Enfriar a 60°F en agua helada o almacenar a 1°C.
  - 11) Añadir saborizantes
  - 12) Empaquetado y almacenado a 34°F
- 

FUENTE : Wei, et al (1975).

una textura masticable (gelatinización), por medio del calor o la proteína aislada de soya (Circle y Johnson, 1958, citado por Smith y Circle, 1972).

Algunas compañías han desarrollado análogos de carne por el método continuo de extrusión bajo presión y tratamiento térmico de un preparado de proteína de soya.

#### 5.4. Productos Fermentados de Frijol de Soya

El desarrollo de las técnicas de fermentación de productos provenientes de soya del uso de técnicas microbiológicas sofisticadas, pero se sabe que en la China se conocían estas técnicas hace muchos años. Se ha elaborado una gran variedad de productos fermentados de frijol de soya de los cuales tres: shoyu, tempeh y sofu son los más importantes, además de contener un alto porcentaje de proteína y grasa.

Para la preparación de algunos de estos productos, la fermentación es llevada a cabo directamente en frijol de soya cocinado, con un microorganismo seleccionado y en condiciones específicas. Ocasionalmente se utilizan otros productos, tal es el caso de Koji, en donde se utilizan cereales en una segunda fermentación, los cereales generalmente usados son el arroz y el trigo.

#### 5.4.1 Shoyu.

Shoyu es nombre en japonés que se le da a un líquido marrón oscuro que tiene un sabor salado y ácido. Es obtenido por la fermentación de la soya y trigo, añadiendosele sal como ingrediente. La fermentación del shoyu es principalmente un proceso de hidrólisis enzimática de la proteína, carbohidratos y otros constituyentes de la soya y el trigo o peptinas, aminoácidos, azúcares, alcoholes, ácidos y otros compuestos de bajo peso molecular por la acción de las enzimas de los hongos, bacterias y levaduras. Tradicionalmente, el shoyu es preparado de grano de soya entero; sin embargo, en los últimos años se ha utilizado harina y/o hojuelas de soya.

La fermentación puede durar de 2-3 meses. Un buen shoyu tiene un contenido de sal de 18%, su pH está entre 4.5 - 4.8, debajo de este pH el producto es contaminado por bacterias indeseables (Smith y Circle, 1972).

La calidad del shoyu está relacionada con la proporción de nitrógeno, es decir la conversión del nitrógeno del producto crudo o nitrógeno soluble, de esta forma se puede evaluar la actividad de la enzima.

Los microorganismos utilizados en la fermentación son dos : Aspergillus oryzae y A. soyae.

#### 5.4.2. Tempeh

Este producto se elabora principalmente en Indonesia, en producciones pequeñas, y su técnica de producción es conocida desde hace mucho tiempo. El tempeh goza de popularidad como alimento, este producto apenas se conoce en otros países excepto Malasia, donde se ha montado una pequeña fábrica (FAO, 1975).

La fermentación del tempeh tiene algunos aspectos muy interesantes, que hacen que otros países tomen atención en aprovechar el proceso de elaboración de este producto:

- a) La fermentación es muy corta, no dura más de 24 horas.
- b) La preparación de la materia prima (semilla de soya) es sencilla.
- c) El hongo usado tiene exigencia de cultivo simple y produce enzimas proteolíticas y lipolíticas suficientes.
- d) Crece en medios simples amoniacales, glucosados o salados y bajo aireación reducida.
- e) El alimento resultante de la fermentación es muy suave y muy agradable.

- f) El hongo utilizado, pertenece a un grupo que no produce sustancias tóxicas.
- g) El micelio blanco incoloro, da lugar a un producto atractivo y de olor agradable.
- h) Los gastos de procesos son reducidos.

#### 5.4.3. Sofu

El sofú es un producto suave, parecido al queso, producido por la acción de microorganismos. El proceso de elaboración del sofú fue considerado un fenómeno natural, hasta que en 1929 Wai identificó el microorganismo constante de la fermentación, el cual es el Mucor sofú.

Para la obtención de un producto fermentado de buena calidad, el hongo para la fermentación debe ser blanco o de micelio amarillo claro, esto para obtener una apariencia atractiva. Tres pasos están normalmente involucrados en la elaboración del sofú: preparación del tofu - inoculación con el microorganismo y por último el salado.

De acuerdo a Wai et al (1976) citado por Smith y Circle (1972) el tofu para elaborar el sofú tiene un contenido de agua del 83%, proteína insoluble 9.1%, proteína soluble 0.4% y lípidos 4.0%. Para preparar la inoculación el tofu es cortado en pequeños cubitos, los cubos son sumergidos en una solución salina-ácida por 1 hora y -

luego son esterilizados por 15 minutos a 100°C. Después del enfriado, los cubos son inoculados sobre su superficie con un cultivo puro de un hongo apropiado. Los cubos inoculados son incubados a 20°C o menos por 3-7 días dependiendo del cultivo.

El último paso en la elaboración de sofú es la colocación en la salmuera y luego es añejado (envejecimiento); la salmuera debe tener una concentración de 12% de cloruro de sodio y 10% de alcohol etílico.

## ■ BEBIDA DE FRIJOL DE SOYA O LECHE DE FRIJOL DE SOYA.

### 6.1. Historia.

La leche de soya, llamada de esta manera por su similar apariencia a la leche de vaca, ha sido usada en China por muchos siglos, ha sido y todavía es producida allí, casi exclusivamente en el medio rural. Esta leche de soya es usada, además de China, en Japón, Taiwán y Tailandia (De et al citado por Reed, 1974).

La leche de soya es una de los alimentos usados tradicionalmente en China en el desayuno y se sirva caliente. Leche de soya o "fu chang" en china, ha sido desarrollada y reportada su elaboración antes de la era cristiana por el filósofo Whi Nom Tze. La elaboración tradicional de la leche de soya en China involucra el remojo del grano entero durante toda la noche, molienda del grano remojoado en un molino de piedra, adicionando agua a -

Los granos molidos para formar una solución blanca, luego - sigue un filtrado de la solución a través de una malla de tela, presionando hasta hacer pasar lo máximo de leche de soya posible. El producto es calentado, hasta que hierva y enfriado (Reed et al., 1974).

La primera leche de soya elaborada comercialmente en los Estados Unidos fue producida por el Dr. Harry Miller en 1925. Se pensó en un uso general, pero este producto halló un uso limitado en el consumo de infantes alérgicos a la leche de vaca y en personas vegetarianas. La última década ha producido muchas investigaciones en la tecnología de la producción de leche de soya, principalmente en la Universidad de Illinois - (EE.UU.), India, Tailandia y Brasil.

## 6.2. Usos más comunes de la Bebida de Frijol de Soya.

En Oriente es muy poco consumida la carne de res y los productos lácteos debido al uso de alimentos de frijol de soya. Estos productos han hecho una importante contribución a los requerimientos de grasa de la población. Se acostumbra consumir una cierta cantidad de leche de soya en el Oriente, además es usada para la elaboración de productos coagulados tales como Tofu y yogurt (Reed et al., 1974).

Tofu (japonés), Dan fu (Vietnamita) o Feow fu (chino) es uno de los productos coagulados más comunes hechos a partir de la leche de soya y ha sido producido desde hace siglos.

El producto es similar en la forma al queso y es producido por la precipitación de la proteína de la leche de soya por sales de calcio. Usualmente se utiliza  $\text{Ca SO}_4$  (sulfato de calcio) (Smith y Circle, 1972).

Recientemente ha sido mostrado un gran interés en las propiedades funcionales de la proteína de soya, especialmente en la coagulación del complejo de proteínas de la leche de soya. La proteína de soya en la leche precipitará en presencia de calor. Circle et al (1964), citado por Reed et al (1974), halló que la velocidad de formación de gel y la firmeza del gel es dependiente de la temperatura, tiempo de calentamiento y de la concentración de la proteína. La proteína de soya también forma un cuajo en presencia de ácido. Hang y Jackson (1967), citados por Reed (1974), prepararon un producto muy parecido al queso de leche de soya, usando Streptococcus thermophilus como el microorganismo fermentador.

La coagulación ácida también ha sido utilizada en la preparación de productos tipo yogurt. Yamanaka et al (1970), citado por Reed et al (1974), usó una combinación de Lactobacillus bulgaricus y Streptococcus thermophilus, para producir yogurt a partir de la leche de soya. El microorganismo específico usado fue considerado sin importancia desde que el mismo resultado fue obtenido con otros cultivos comunes de yogurt. Al-Kishtaini (1971), citado por Reed et al (1974), elaboró un yogurt utilizando leche de soya sin cáscara; la leche de soya -



fue calentada hasta 95°C y mantenida así por una hora, enfriada a 40°C e inoculada con una mezcla de cultivo de Streptococcus thermophilus y Lactobacillus bulgaricus, hallando que la adición de sucrosa a los niveles de 2.5 y 5.0% no mejoren la producción de ácido, en cambio la adición de lactosa sí la mejora. El producto obtenido es insípido, pero la adición de saborizantes o jugos de frutas mejora la aceptabilidad.

La leche de soya, en sus diversas formas, ha sido incluida comercialmente en la formulación de comidas para infantes en los Estados Unidos por muchos años, especialmente, estos productos utilizados para infantes que son alérgicos a la leche de vaca. Heiner et al (1964) citados por Reed et al (1974), ha reportado que más del 7% de los infantes den EE.UU. son alérgicos a la leche de vaca.

Además, el uso de la proteína aislada de soya en la formulación de productos para niños ha recibido una considerable aceptación en los últimos años.

### 6.3. Características Químicas y Físicas.

La composición química del grano de soya varía bastante dependiendo de la variedad, así como del clima y las condiciones del terreno (Mazzani, 1963, citado por Roll, 1974), de tal manera que las bebidas obtenidas de dichos granos presenta la composición y características diferentes entre sí. La bebida o leche de soya tiene casi el mismo contenido proteico que la

leche de vaca, por consiguiente puede actuar como un sustituto proteico excelente de la leche de vaca, en el Cuadro 18 se da las composiciones de la leche de vaca, leche de soya y leche de soya con dulce; donde se puede comparar las proporciones de componentes entre si.

La bebida de soya sin dulce es una sustancia blanquecida (dependiendo del color del grano) a la cual se le puede añadir cualquier saborizante. La gran aceptación por muchas personas ha conducido a que se experimenten varias formas de utilización. La bebida de soya puede ser mezclada con la leche de vaca en proporciones altas, tal como 50:50 dando muy buenos resultados, cuyo sabor de la mezcla es casi imperceptible el sabor del frijol de soya. Con la adición de 6 a 7% de azúcar la leche de soya puede ser endulzada, para ser asumida inmediatamente o como base de otras bebidas.

La estabilidad en el almacenamiento es buena, puesto que existen trabajos que demuestran que la leche de soya puede pasteurizarse y almacenarse por espacio de una semana a una temperatura de 5°C (Boletín de la Universidad de Panamá, 1975).

En el Cuadro 19, se compara los aminoácidos esenciales de la leche de soya con los de leche de vaca y leche materna.

**CUADRO 18. COMPOSICION PROMEDIO DE LECHE DE VACA Y LECHE DE SOYA**

COMPONENTES	LECHE DE VACA (%)	LECHE DE SOYA (SIN AZUCAR) (%)	LECHE DE SOYA (CON AZUCAR) (%)
Proteína	3.3	3.2	3.2
Grasa	4.5	1.7	1.7
Carbohidra- tos	-	5.0	3.0
Azúcares	4.6 (lactosa)	1.5	6.0 (Sucrosa)
Minerales	0.7	0.5	0.5
Sólidos Totales	13.1	9.9	14.4

FUENTE : BOLETIN DE UNIVERSIDAD DE PANTNAGAR,  
SOY MILK/BEVERAGE PROCESS. (1975)

CUADRO 19. COMPARACION DE LOS AMINOACIDOS ESENCIALES DE LA LECHE DE SOYA CON LECHE DE VACA  
Y LECHE MATERNA

AMINOACIDOS ESENCIALES	Fuentes de Leche			
	Soya (tradicional)	Soya (comercial) Granos por 10 gr N	Vaca	Humano
Isoleucina	5.1	4.7	7.5	5.5
Leucina	8.3	8.1	11.0	9.1
Lisina	6.2	6.4	8.7	6.6
Metionina	1.4	1.2	3.2	-
Cistina	1.7	0.9	1.0	-
Total Aminoácidos Sulfurados	3.1	2.1	4.2	4.0
Fenilalanina		5.3		
Tirosina		-		
Total de aromáticos	9.0		11.5	9.5
Treonina	3.8	3.9	4.7	4.5
Triptofano	1.3	1.1	1.5	1.6
Valina	4.9	5.0	7.0	6.2

FUENTE : Smith y Circle (1972).

La leche de soya obtenida por una extracción de una relación -- 8.1 (agua: grano) en peso, tiene una densidad de 1.018 gr/cm<sup>3</sup> y un pH de 7.37. Otra propiedad física en el caso de la leche de soya es la viscosidad.

### Viscosidad

Las características reológicas (viscosidad o coeficiente de consistencia o índice reológico) caracterizan la textura de un fluido. Forster et al (1979), desarrollaron una investigación cuyo objetivo era el de obtener información detallada de las características reológicas de la leche de soya, elaborada bajo el proceso de la Universidad de Illinois EE.UU., y también para determinar como es el comportamiento del fluido e influencia por el procesamiento y las variables de formulación.

El comportamiento del flujo de la bebida de soya fue caracterizado usando un Retoviscometer Haake. La bebida de soya contenía 7 % de sólidos de cotiledón de soya, fue mejor descrita por la ecuación de la potencia, como sigue.

$$\tau = 0.67 \gamma^{0.73} \quad (25^{\circ}\text{C})$$

Donde :

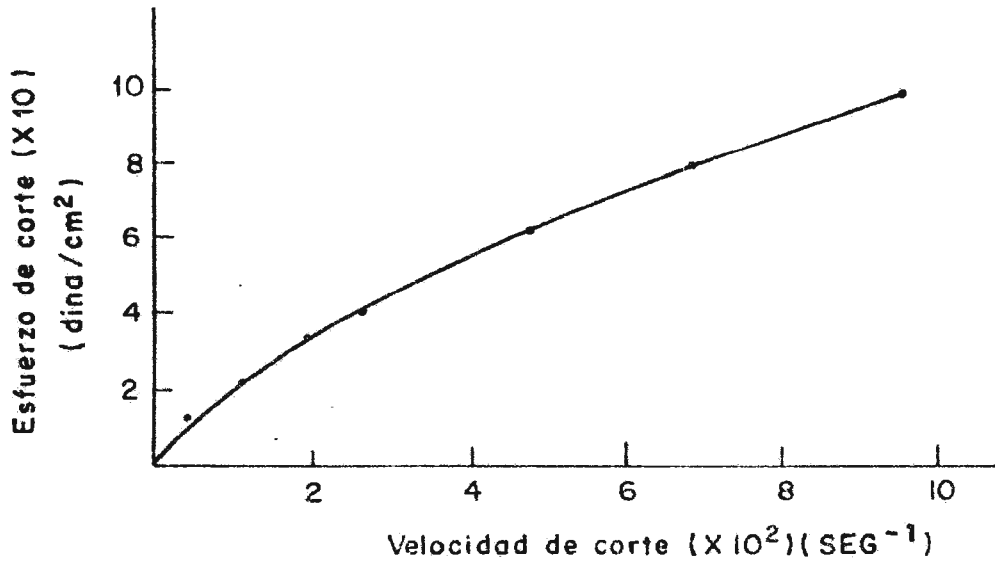
$\tau$  = Esfuerzo de corte

$\gamma$  = Velocidad de corte

0.67 = Coeficiente de consistencia (m)  $\frac{\text{dina.s}^n}{\text{cm}^2}$

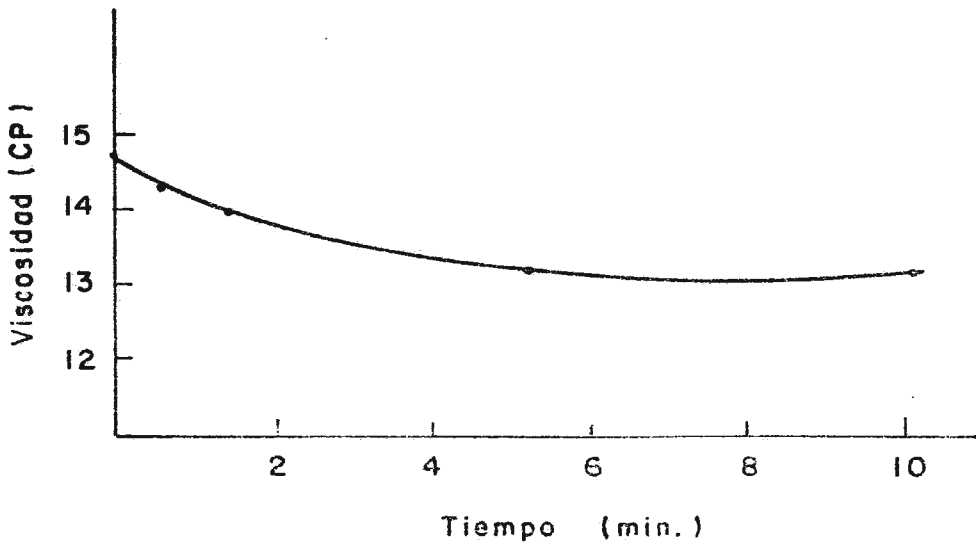
0.73 = Índice reológico (n)

Fig. 4 - RELACION DEL ESFUERZO DE CORTE CON LA VELOCIDAD DE CORTE EN LA BEBIDA DE SOYA DE 7% DE SOLIDO



FUENTE : Forster et al (1979)

Fig. 5 - COMPORTAMIENTO DE LA VISCOSIDAD DE LA BEBIDA DE SOYA CON EL TIEMPO



FUENTE : Forster et al (1979)

Esta ecuación, que se encuentra graficada en la figura 4, indica que la bebida de soya fue moderadamente pseudoplástica y además se determinó que es tixotrópica, Figura 5, (Forster et al, 1979).

El coeficiente de consistencia de la bebida de soya decrece con el incremento de la temperatura pero el comportamiento del índice reológico es inalterable con la temperatura. A niveles de alta concentración de sólidos, la viscosidad aparente ( $m$ ) y el grado de pseudoplasticidad de la bebida de soya se incrementan, como se puede apreciar en el Cuadro 20. La inclusión de la cáscara del frijol de soya en la bebida causa un mayor incremento en la viscosidad aparente, comparadas con las bebidas hechas de solamente cotiledones. La doble homogenización de la bebida produce una disminución de la viscosidad aparente y el comportamiento de la bebida se asemeja a un líquido Newtoniano.

CUADRO 20. EFECTO DE LA CONCENTRACION DE SOLIDOS EN EL COEFICIENTE DE CONSISTENCIA ( $m$ ) Y EL INDICE REOLOGICO ( $n$ )

CONCENTRACION DE SOLIDOS %	COEFICIENTE DE CONSISTENCIA		INDICE REOLOGICO ( $n$ )
	( $m$ )	$\frac{d \ln a - S^n}{cm^2}$	
4.93	0.187		0.90
6.19	0.415		0.85
7.21	0.665		0.84
8.14	1.471		0.78
9.00	2.133		0.76
10.20	4.850		0.71

FUENTE : Forster et al (1979).

#### 6.4. Características Nutricionales.

La escasez de productos de leche, de muchos países y el descenso de las reservas de la leche en polvo deshidratada y/o descremada, demuestra que la necesidad de proteína se torna crítica. Las bebidas de soya son potencialmente el principal recurso para combatir la falta de leche de vaca. Dutra de Oliveira (1967), citado por Quispe (1978), realizó trabajos experimentales para comparar el valor nutritivo de la leche vegetal con la leche animal. El producto fue ~~probado~~ biológicamente en el crecimiento de ratas jóvenes. Las respuestas de dichos crecimientos fue menor con la leche de soya a niveles bajos. Sin embargo, esto podría corregirse con la complementación de metionina. También se mezcló leche de vaca y soya en diferentes proporciones y observó ventajas en la aceptabilidad comercial.

En algunos trabajos se ha investigado el efecto del tratamiento térmico en el valor nutritivo de la leche de soya. Por ejemplo Hackler et al (1967), citado por Reed et al (1974), ha reportado que el valor nutritivo máximo de la proteína de leche de soya es obtenida de 5 a 10 minutos a 121°C, o después de 60 minutos a 93°C. Estas condiciones resultan de la inactivación del 90% del inhibidor de tripsina.

Investigaciones también han demostrado que no es posible mejorar el valor nutritivo de la leche de soya con una posible combinación de leche desgrasada en polvo, pero puede ser justifi-



cabía desde el punto de vista económico.

En el Cuadro 21 se hace una comparación entre los constituyentes de la bebida de soya con los constituyentes de leche de vaca.

#### 6.5. Métodos de elaboración de la bebida de frijol de soya.

Recientes investigaciones en la tecnología de elaboración de la leche de soya comparan la influencia que tiene cada paso del proceso de elaboración básico (chino) en los rendimientos, composición, olor y valor nutritivo de la leche de soya.

El remojado del grano antes del procesamiento propiamente dicho es un paso general incluido en algunos de los métodos antiguos y presentes en la elaboración de la leche de soya.

Lo et al. (1968), citado por Reed (1974), reportó que la cantidad de sólidos diluidos en el agua de remojo se veían incrementados con el aumento de la temperatura y el tiempo.

Wilkens et al. (1969), citado por Reed (1974), reportó que cuando el frijol de soya es descascarado la cantidad de sólidos diluidos en el agua de remojo se incrementa y la proporción de agua que proviene del remojo, es incrementada al hacer las diluciones posteriores.

CUADRO 21. COMPOSICION PROMEDIO DE LA BEBIDA DE SOYA Y DE LECHE DE VACA \*

CONSTITUYENTES	Bebida de Soya		LECHE ENTERA DE VACA
	10% de Concentrac.	12.5% de Concentrac.	
Agua (%)	90	87.5	87.4
Solidos (%)	10	12.5	12.6
Energía (cal)	47	59	65
Proteína (gr)	3.3	4.1	3.5
Grasa (gr)	3.0	3.7	3.5
Carbohidratos (gr)	2.4	3.1	2.9
Fibra (gr)	0.14	0.2	0.0
Ceniza (gr)	0.6	0.8	0.7
Calcio (mgr)	52.0	65.0	118.0
Fósforo (mgr)	55.0	66.0	93.0
Hierro (mgr)	1.1	1.3	Trazas
Sodio (mgr)			
Vitamina A (U.I)	173.0	217.0	14.0
Tiamina (mgr)	0.06	0.08	0.17
Niacina (mgr)	0.9	1.1	0.1

\* Los valores están calculados para 100 gr.

FUENTE : Watt et al (1975) citado por Quispe (1978)

Otros autores hallaron que los frijoles de soya remojados en una solución de 0.5% de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) fueron más suaves que los frijoles remojados en agua pura y esto facilitó los pasos posteriores, especialmente en la molienda.

El remojo es usado como un paso previo en la elaboración de la bebida de frijol de soya o leche de frijol de soya. Luego, la elaboración propiamente dicha puede tomar diferentes formas, algunas de las cuales son descritas a continuación.

#### 6.5.1. Extracción con Agua Fría.

Este es el método tradicional chino de la elaboración de la bebida de soya y puede ser clasificado como una extracción con agua fría de los compuestos solubles que se encuentran en el frijol soya. Cuando la leche de soya es calentada o llevada hasta su punto de ebullición, por cerca de 30 minutos, el producto es mejorado nutricionalmente debido a la inactivación del Inhibidor de Tripsina. Sin embargo, si el calentamiento es hecho después de que los granos han sido molidos, con agua el producto tradicional tiene el sabor a vegetal ("beany flavor") ocurrido por la presencia de la actividad de la enzima tripsinasa.

El método tradicional chino es como sigue: Incluye el remojado de los granos de soya enteros en agua toda la noche, molienda de los granos remojados en un molino de

piedra o en otros aparatos, adición de agua a los granos molidos para formar una solución, filtrado de la solución a través de una tela presionando la tela hasta escurrir lo máximo posible de leche de soya, entonces el producto es calentado y enfriado.

#### 6.5.2. Extracción con Agua Caliente.

Es uno de los más recientes métodos en la elaboración de leche de soya, donde se involucran la extracción de los sólidos solubles del frijol de soya con agua caliente (Bourne, 1970, citado por Reed, 1974) esto es una modificación del método tradicional de elaboración.

Este método se desarrolló en la Universidad de Cornell E.E.U.U.; consiste en que los granos enteros de frijol de soya son remojados en agua a temperatura ambiente - por 5 a 10 horas y luego son introducidos en agua caliente y posteriormente son molidos (el molino anteriormente es calentado haciendo pasar agua hirviendo. La temperatura en el molino no debe ser menor a 80°F. - Después de la molienda, la solución es filtrada y el filtrado resultante es llevado hasta su punto de ebullición por 30 a 60 minutos, con el fin de inactivar el inhibidor de tripsina.

Al producto resultante se le añade azúcar y saborizante y luego se le enfría por debajo de 5°C. El producto

final obtenido está libre de todo sabor y olor a vegetal, porque se inactivó la lipoxigenasa durante la molienda húmeda.

Bourne (1970), citado por Reed et al (1974), reportó - que el calentamiento de esta bebida, inmediatamente después de la molienda húmeda, no fue efectivo en la prevención de los sabores desagradables, porque la acción de la lipoxigenasa es extremadamente rápida. El calentamiento de los granos enteros antes de la molienda con agua no dio buenos resultados porque la proteína fue alterada (desnaturalizada) de tal forma que se convirtió en una sustancia insoluble.

Investigaciones de esta misma extracción con agua caliente, por otros investigadores, reportaron que el sabor del producto fue favorable cuando se mantuvo una temperatura de 80 a 100°C en la molienda. Ellos también establecieron que también pueden ser usadas las bajas temperaturas, por ejemplo 60 a 80°C, si es que se le añade suficiente antioxidante al agua. También se observó que se obtiene el máximo rendimiento (en sólidos) cuando se aplican temperaturas altas.

Wilkens y Hackler (1969), citados por Reed et al (1974), reportan que el máximo de concentración de sólidos ocurrió cuando se realizó una molienda hume-

da, donde el agua estaba a una temperatura entre 55 y 65°C. En las temperaturas superiores a los 80°C, se observó una significativa reducción de la concentración de sólidos y esto fue atribuido a la coagulación de proteínas, las cuales obstruían la filtración.

También se observó que, cuando se calienta la bebida de soya a temperaturas menores a 75°C, todavía la enzima lipoxigenasa se encuentra presente.

### 6.5.3. Extracción Ácida.

Kon et al (1970), citado por Reed et al (1974), observaron que la extracción de los sólidos solubles del frijol de soya con agua acidificada a pH 3.85 y por debajo de este pH, dio como resultado una bebida sin sabor desagradable por la inactivación de la actividad de la lipoxigenasa. La acidificación del medio a un pH cerca a 2.0 fue necesaria para obtener un máximo de concentración de proteína en la leche de soya. Esta leche de soya fue elaborada utilizando una molienda con agua acidificada, de frijol de soya seco; el filtrado de la solución se hizo en un filtro que se utiliza para la filtración de leche de vaca. Posteriormente la leche de soya fue sometida a un tratamiento térmico por espacio de una hora, una segunda filtración y un neutralizado del producto a un pH de 6.5.

La elaboración de una leche de soya a partir de grano de soya sin cáscara y remojado, dió como resultado una leche sin sabores desagradables. (Alkishtaini, 1970, - citado por Reed et al, (1974). El agua utilizada en el remojado debe estar a 25 °C y ajustada a un pH 3.0 ó - por debajo de este valor. La inactivación de la lipoxi- genasa, por acción acida del agua, es completamente -- irreversible. Los rendimientos máximos de sólidos to- tales en la leche de soya fueron obtenidos cuando la - extracción se hizo a un pH 3.0.

#### 6.5.4 Extracción Alcalina.

Al - Kishtaini (1970), citado por Reed et al -- (1974), reportó un ensayo de extracción alcalina de bebida de soya utilizando un frijol descasca- rado.

Los cotiledones fueron molidos con agua que tenfa un pH 9.5 y luego fue filtrado. La leche de soya estuvo libre de sabores y olores desagradables, pe- ro el inconveniente fue que posefa una gran activi- dad de la lipoxigenasa, como reportaron los análi- sis realizados.

#### 6.5.5. Extracción con Aislamiento de la Proteína.

El problema de fátulencia, presente en los produc-

tos tales como la leche de soya, ha hecho que se investiguen nuevos métodos de elaboración, donde sólo se utiliza la proteína aislada de soya, que es soluble en agua. Mustakas (1974), citado por Reed et al (1974), aisló un concentrado de lipoproteínas a partir de harina de soya (con grasa) por una cocción ácida y los carbohidratos solubles fueron separados en una fracción del suero por centrifugación. Luego el contenido de lipoproteínas resultantes fue disuelto en agua, cocinado en agua, a un pH 9.0 (para inactivar los antinutrientes), molienda húmeda y homogenización. Posteriormente a la homogenización una clasificación y centrifugación.

El resultado fue una bebida de 3.9 % de proteína.

#### 6.5.6. Método donde se utiliza el grano de soya entero.

Este método, esencialmente, involucra el uso de todos los constituyentes del frijol de soya, grano como tal o en harina de soya. Esto determina que en el proceso de elaboración no se va a producir una filtración.

Lo (1971), citado por Reed et al (1974), describe la elaboración de una bebida de frijol de soya con grasa; la harina es preparada con una molienda seca, a partir de frijol de soya, y luego siguiendo una cocción, con la finalidad de inactivar la lipoxigenasa y el inhibidor de tripsina. Anteriormente al cocinado, se le



añade a la harina estabilizadores y se forma una suspensión añadiendo agua. Después de cocinado la mezcla es homogenizada a 800 lb/pulg.<sup>2</sup>, embotellada y estabilizada. El estabilizador que mejores resultados dió fue la carragenina.

Lo (1971), citado por Reed et al (1974), estableció que la adición de estabilizador y la homogenización proveen a la bebida una permanente estabilidad de la suspensión.

Mustakas (1972), citado por Redd et al (1974), ha elaborado una bebida que posteriormente fue secada por atomización, obtenida a partir de harina de soya con grasa y desgrasada, la cual puede ser convertida a un producto líquido con la adición de agua.

Otros investigadores elaboraron una leche de soya a partir de granos descascarados y remojados. Los granos secos fueron puestos en contacto con el vapor saturado por 2.5 minutos a 100°C, con la finalidad de desprender las cáscaras. Posteriormente, los granos descascarados fueron remojados toda la noche en agua, escurridos y puestos al contacto con el vapor por espacio de 45 minutos a 100°C. Siguiendo al tratamiento térmico los granos fueron molidos con agua, para obtener una concentración de sólidos totales en la suspen

sión, la cual fue homogenizada y seca por atomización.

#### 6.5.7. Método de la Universidad de Illinois - EE.UU.

El proceso empieza con la hidratación de los granos de soya enteros y la inactivación de la enzima lipoxigenasa, para prevenir completamente la formación de cualquier sabor a vegetal. Posteriormente, los granos son molidos y con la adición de agua se obtiene una suspensión y el proceso finaliza con la obtención de una bebida no filtrada que, por consiguiente, no ha perdido proteína.

El efecto del procesamiento usado en la inactivación del inhibidor de tripsina y de la lipoxigenasa y lo mismo que la estabilidad coloidal, fueron estudiados en el método desarrollado por Nelson (1976). Además, las muestras fueron evaluadas por métodos apropiados, subjetivos y objetivos. La preparación de la bebida de soya a partir de grano de soya entero siguió los siguientes pasos:

- 1.- Frijol de soya.- Frijol de soya entero, seco (variedad Waine).
- 2.- Remojado.- Remojado toda la noche en agua potable (84 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , dureza) solución de 0.5% de  $\text{NaHCO}_3$  (1:3 grano: agua).

- 3.- Ecurrido.- Ecurrido.
- 4.- Blanqueado.- Blanqueado con agua potable, solución de 0.5 % de  $\text{NaHCO}_3$ , por 30 minutos - (1:3; granos secos originales: agua).
- 5.- Ecurrido.- Ecurrido y cambio de agua
- 6.- Adición de Agua.- Molienda en un molino de martillos (Fitz Patrick modelo D), con suficiente agua hasta hacer una suspensión de 12% de sólidos de soya.
- 7.- Molienda.- Primero a través de una malla de 0.25 pulg. de abertura y luego a través de una malla de 0.028 pulg. de abertura.
- 8.- Calentamiento.- Calentamiento a  $95^\circ\text{C}$  en una olla con chaqueta de vapor.
- 9.- Homogenización.- Homogenización a 3,500 lbf/pulg<sup>2</sup> abs. (primer paso) y 500 Lbf/pul<sup>2</sup> abs. (segundo paso), con un homogenizador Gaulin modelo 15 MBTA.
- 10.- Adición de Agua.- Mezcla de la suspensión - con agua para obtener el nivel de proteína - deseado.
- 11.- Neutralización.- Neutralización con HCl 6N a pH 6.8 - 7.2.

12.- **Formulación.-** Adición de azúcar, sal y saborizante:

5.0 % de azúcar

0.2 % de NaCl

0.2 % de vainilla

13.- **Calentamiento.-** Calentamiento a 80 °C.

14.- **Homogenización.-** Homogenización como el paso (9)

15.- **Embotellado.-** Embotellado.

16.- **Enfriado.-** Enfriado y almacenado a 1 °C.

## 6.6. Problemas en la elaboración de la bebida de frijol de soya.

### 6.6.1 Problemas Asociados con el Inhibidor de Tripsina.

La presencia de factores antinutricionales en el frijol de soya ha sido conocida desde 1977, cuando Osborne y Mendel observaron que la soya, que no había sido cocinada, causaba inhibición en el crecimiento de ratas. Estas afirmaciones han sido confirmadas por muchos autores. (Mc Millan, 1974 y Orthoefer, 1978).

La mejora de los valores nutricionales de la proteína de soya, después del tratamiento térmico, está relacionada a la destrucción del inhibidor de tripsina y otros posibles factores antinutricionales como las hemaglutininas.

Kunitz primero separó un inhibidor de tripsina cristalizada del frijol de soya en 1945. Posteriormente, en 1979, Rackis logró separar al menos 7 a 10 inhibidores de tripsina de frijol de soya (Mc Millan, 1974 y Smith y Circle, -- 1972).

Hackler et al (1965), citado por Mc Millan 1974, Baker y Mustakas (1972) investigaron los efectos de varios tratamientos térmicos durante el procesamiento de los valores nutritivos de la leche de soya y del frijol de soya.

Ellos hallaron que la leche de soya calentada a 93 °C por una a seis horas no tiene efectos adversos en el crecimiento de las ratas. Ellos reportaron que el calentamiento de leche de soya a 120 °C por 5 a 10 minutos destruyó el 90 - al 95 % del inhibidor de tripsina activo y continuando el tratamiento térmico a esa temperatura resultaba una reducción en el valor del PER. Ellos atribuyeron la disminución del PER a la leche de soya por haber recibido un tratamiento térmico más severo del necesario para inactivar el inhibidor de tripsina.

También se reportó que el 90 % de inactivación del inhibidor de tripsina en la leche de soya, pudo ser obtenida en 30 a 75 minutos a 200 °F (94 °C) o en 5 a 10 minutos a -- 250 °F (121 °C). Se notó una disminución en la solubilidad del nitrógeno durante las etapas iniciales del tratamiento térmico, con un subsecuente incremento de éste, con

forme el tratamiento térmico continuaba (Van Buren et al, 1964, citado por MC Millan, 1974).

Baker, et al (1973) reportó que en la cocción de una hora, fue el inhibidor de tripsina el que demostró mayor resistencia inicial a la inactivación de los tres compuestos que fueron estudiados (lipoxigenasa, ureasa e inhibidor de tripsina), y esto mismo sucede cuando la cocción es de 15 minutos y de 2 horas. También reportó que ninguno de los aditivos (HCl y NaOH) produjeron inactivación significativa a 120 °F (49 °C) o a 150 °F (65 °C), pero si, la inactivación del inhibidor de tripsina se ve retardada por un pH bajo.

Nelson (1976), reportó que la destrucción del inhibidor de tripsina es más fácil complementando con un blanqueado y un remojado (hidratado) del grano crudo. También el inhibidor de tripsina puede ser más fácilmente destruido con la adición de bicarbonato de sodio al agua de blanqueado y no realizando el remojado previo, como se muestra en el Cuadro 22. Así, con 30 minutos de blanqueado del frijol de soya en una solución de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), seguido de un remojado del grano durante toda la noche, se obtuvo una bebida completamente libre del inhibidor de tripsina.

CUADRO 22. PRUEBAS DE REMOJADO Y BLANQUEADO DEL FRIJOL SOYA PARA DESTRUIR EL INHIBIDOR DE TRIPSINA

TRATAMIENTO DE REMOJADO	SOLUCION DE BLANQUEADO	TIEMPO DE BLANQUEADO (min)	mq de IT* por gr. de Soja	% IT DESTRUIDO
Toda la noche	0.5%	5	0.0	100
0.5% NaHCO <sub>3</sub>	Na HCO <sub>3</sub>	10	0.0	100
Toda la noche	Agua	5	0.0	100
Agua		10	0.0	100
Toda la noche	0.5%	5	0.0	100
Agua	Na HCO <sub>3</sub>	10	0.0	100
Ninguno	Agua	10	6.0	79
		20	0.0	100
Ninguno	0.5%	10	4.4	85
	Na HCO <sub>3</sub>	20	0.0	100
0.5% Na HCO <sub>3</sub>	0.5%	5	0.6	98
por 4 horas	Na HCO <sub>3</sub>	10	0.0	100
Ninguno	Ninguno	Ninguno	28.2	0.0

\* IT = Inhibidor de Tripsina

FUENTE : Nelson (1976).

### 6.6.2. Problemas Asociados a la Enzima Lipoxigenasa.

La enzima lipoxigenasa es considerada de mayor importancia porque cataliza la oxigenación de los lípidos, formando hidroperóxidos de ácidos grasos. Los hidroperóxidos son los causantes de olores y sabores desagradables (Orthofer, 1978)-

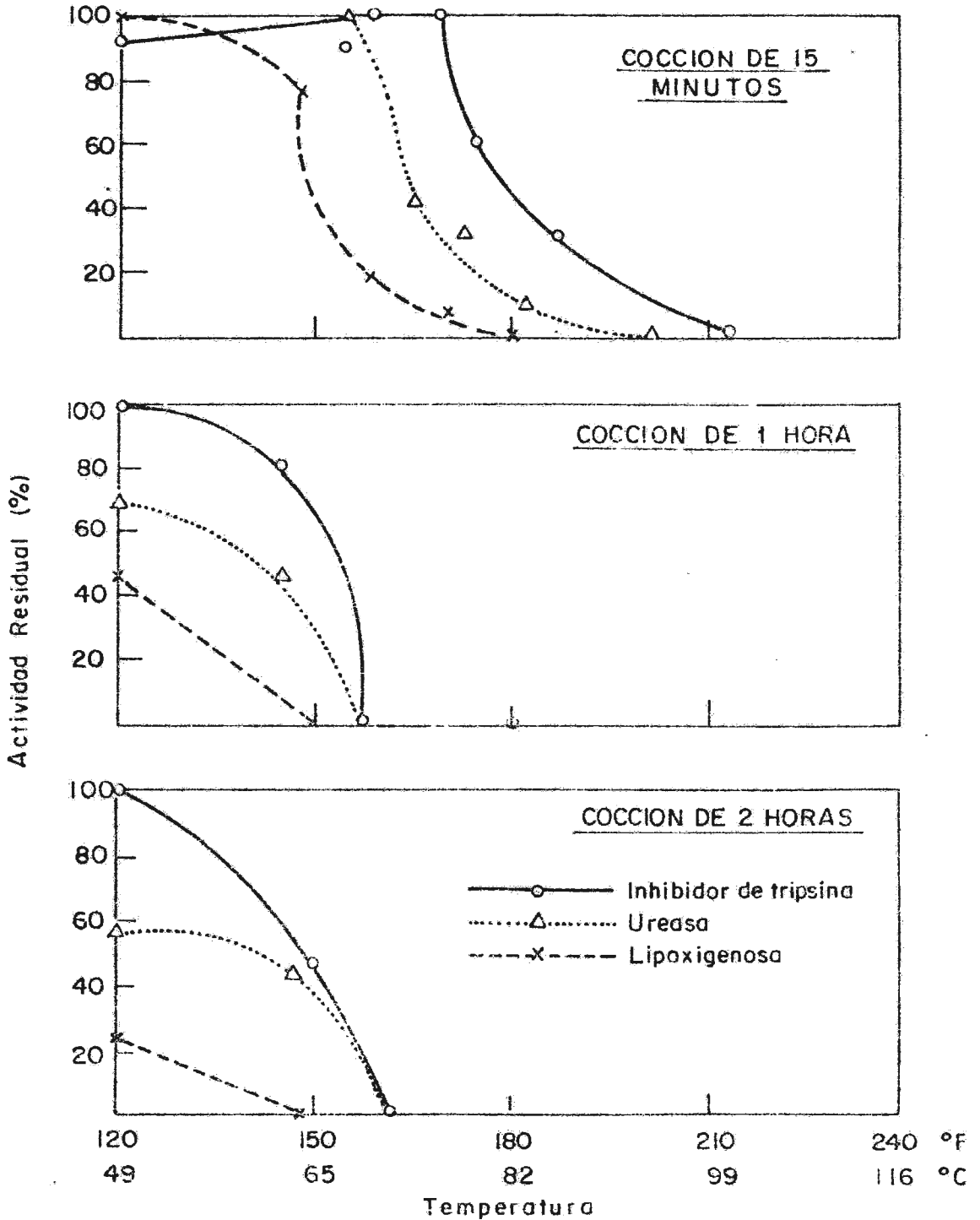
El mecanismo de oxigenación es el siguiente: La lipoxigenasa ataca a los ácidos grasos de la soya principalmente al linoleico y linolénico en una fracción de segundo, -- produciendo así un olor y sabor desagradable. La lipoxigenasa divide las cadenas de ácidos grasos no saturados produciendo un gran número de compuestos de menor peso molecular. Se han aislado 80 compuestos volátiles, de los cuales 41 fueron identificados; un compuesto que da el típico sabor es el etil-vinil-cetona (Lundsted, 1974, citado por Reed et al., 1974).

Baker y Mustakas (1972) reportaron que la enzima lipoxigenasa es el factor más termolábil de las tres enzimas que fueron estudiadas (lipoxigenasa, ureasa e inhibidor de tripsina). La inactivación total de la lipoxigenasa se observó a los 15 minutos a 82 °C (Figura 6).

Por otro lado la selección de las condiciones de tiempo y temperatura para la inactivación de la lipoxigenasa es taría influenciada por el nivel de desnaturalización de



Fig. 6.- INACTIVACION DEL INHIBIDOR DE TRIPSINA, UREASA Y LIPOXIGENASA, DURANTE LA COCCION



FUENTE : Baker y Mustakas (1972)

la proteína.

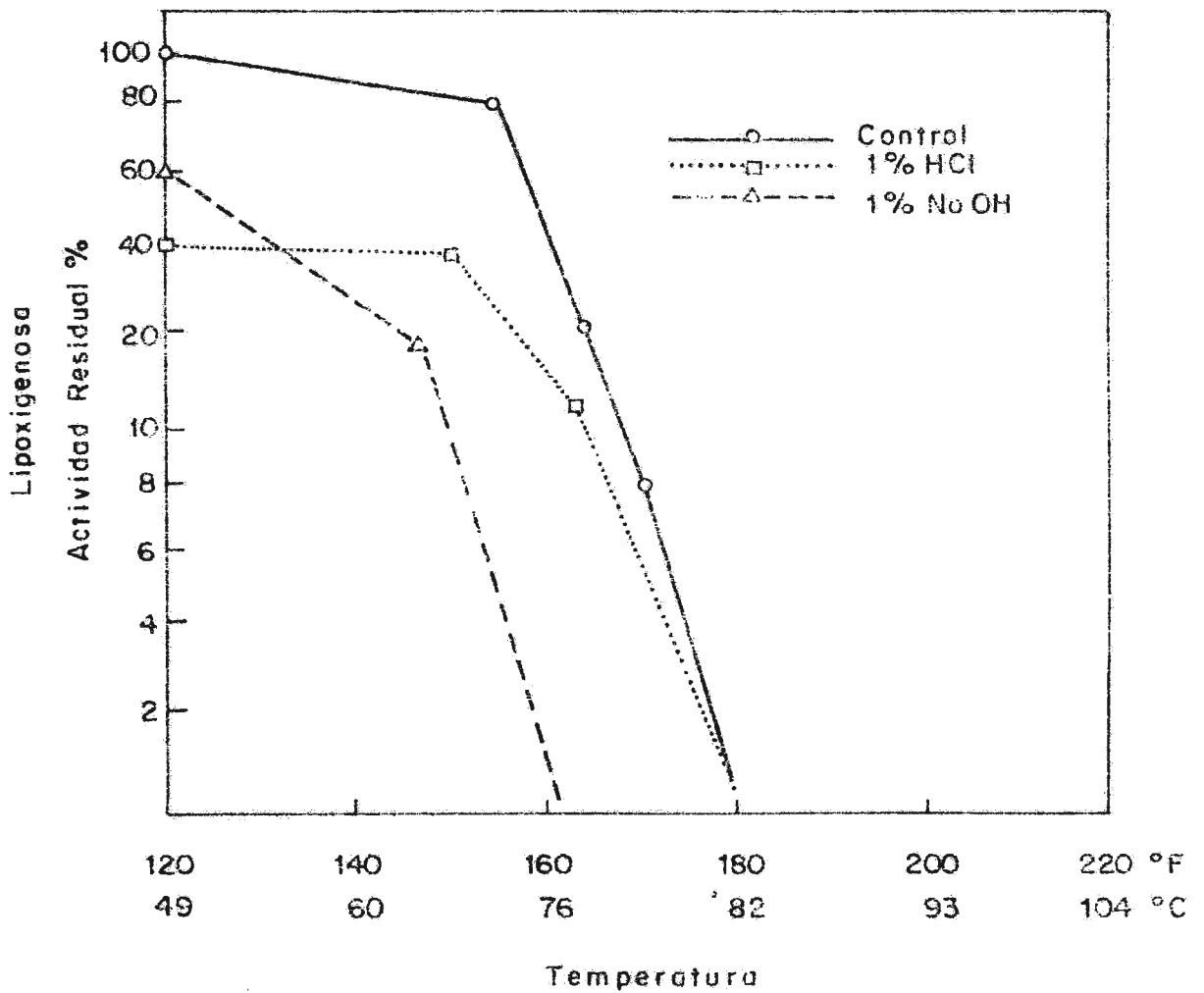
La utilización de aditivos en la inactivación de la lipoxigenasa dieron los siguientes resultados: Sin los aditivos no se observó inactivación de la lipoxigenasa en 15 minutos a 40 °C (Figura 7). La adición del ácido HCl ó de la base al agua de cocción causó la inactivación de cerca de la mitad de la enzima en 15 minutos a 49 °C. A medida que la temperatura aumentó, el efecto del ácido fue disminuyendo, hasta que su acción se anuló a 82 °C.

En el caso de la adición del álcali, la inactivación total se llevó a cabo a los 74 °C en comparación con 82 °C sin aditivos (Baker y Mustakas, 1972).

Wilken et al (1967) mencionó que el ácido nordihidroquarético (NDQA) redujo la formación de compuestos volátiles cuando la soya fue procesada en agua a 60 - 80 °C. También halló que el propil galato, alfa - tocoferol, BHA, ácido cítrico y ácido L-ascórbico, añadidos individualmente o en combinación no prevenían la oxidación catalizada por la lipoxigenasa, durante la extracción de leche de soya a una temperatura entre 65-75°C.

Estudios posteriores han indicado que la soya procesada correctamente todavía tiene un olor y sabor a vegetal y que esto es inherente al frijol de soya, y no está asociada a la actividad de la lipoxigenasa (Reed et al, 1974).

Fig. 7 - EFECTO DE LOS ADITIVOS SOBRE LA INACTIVACION POR CALOR, DE LA ENZIMA LIPOXIGENASA DURANTE LA COCCION DE 15 MINUTOS



FUENTE : Baker y Mustakas (1972)

### 6.6.3. Problemas Asociados con la Flatulencia.

La flatulencia es la producción de ciertos gases (nitrógeno, dióxido de carbono, metano e hidrógeno) en el tracto digestivo. Esto ha sido atribuido a la fermentación bacteriana, secreción gastrointestinal y a la ingestión de muchos alimentos incluyendo el frijol de soya - (Smith y Circle, 1972) Staggerda et al (1965), citado por Reed et al (1974), reportó que la producción de flatulencia es debido principalmente a carbohidratos de bajo peso molecular los cuales están compuestos principalmente de sucrosa, rafinosa y estaquiosa. También reportaron que las cáscaras de frijol de soya, las grasas, las proteínas y polisacáridos insolubles en agua (producto residual) están asociados con la producción de flatulencia. Otro reporte fue que las colonias de micro flora presentes en el tracto digestivo fueron capaces de utilizar la estaquiosa y producir gas, esto indica que la hidrólisis bacteriana de la rafinosa y la estaquiosa en el intestino es posible fuente de flatulencia.

Muchos de los oligosacáridos contenidos en el grano de soya pueden ser extraídos con agua hirviendo. Un simple cocinado del grano con agua por espacio de 20 minutos extrae el 16% de estos. Un cocinado por 5 minutos seguido por un remojo por 30 minutos, un proceso de descascarado y una extracción continua con agua a 85°C

#### 6.6.4. Problemas Asociados a la Textura Tizosa ("Chalkiness")

Investigaciones han reportado que las bebidas de soya producidas por extracción con agua hirviendo y filtración carecen de textura tizosa y que esta característica indeseable es propia de la leche de soya producida sin ser filtrada (Wilkens, 1969, citado por Kuntz, - 1978).

La textura tizosa en la leche de soya es el defecto en el cual la garganta y el paladar es cubierto por finas partículas. Algunos procesos de elaboración de leche de soya que proviene a partir de cotiledones, utilizando presiones de homogenización de 5,000 a 8,000 lb/ - pulg<sup>2</sup> absoluta, molido y clarificado en una centrífuga para mejorar las características de textura de la bebida. El proceso de Illinois que utiliza grano de soya entero proporcionó una buena textura, cuando el frijol de soya fue lo suficientemente ablandado en el blanqueado y en el homogenizado hecho a 93 °C y 3500 lb/ pulg<sup>2</sup> (Nelson, 1976).

Kuntz (1978) reportó que el incremento de la alcalinidad de la solución blanqueadora produce una gran mejora en la hidratación y ablandamiento de los tejidos de los cotiledones, por el hecho de que el medio alcalino produce mayor destrucción de los tejidos durante la homogenización, también reportó que la "tizosidad" -

incrementa con el incremento de la concentración de sólidos de la bebida de soya.

La centrifugación reduce la tizosidad a un nivel imperceptible. Las partículas retenidas por la malla 150 - fueron principalmente responsables de este defecto. - Las mejores condiciones para minimizar el efecto de la textura tizosa fueron: El blanqueado directo de los cotiledones en una solución de 0.25% de bicarbonato de sodio  $\text{NaHCO}_3$ ; homogenización a  $82^\circ\text{C}$  y  $3500 \text{ lb/plg}^2$ ; - formulación de una bebida de 6% de sólidos y el pH de la bebida de 7.5 (Kuntz, 1978).

#### 6.7. Microbiología de la Bebida o Leche de Soya.

Se ha demostrado que la leche es un medio ideal para el desarrollo de bacterias que producen ácidos (Reed et al., 1974), halló que los cultivos de Streptococcus thermophilus producen ácidos (Reed et al., 1974), halló que los cultivos de Streptococcus thermophilus producen suficiente ácido para precipitar la leche de soya en 5 horas.

Angeles (1971), citado por Reed et al. (1974) halló que la actividad óptima de muchos organismos, examinados por él que fueron inoculados en la leche de soya. Los microorganismos utilizados en estos exámenes incluyeron :

Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus y Lactobacillus.

Muy poco se ha investigado acerca de la microbiología de la bebida de soya relacionado a su tiempo de almacenamiento.

Lo et al (1968), citado por Reed et al (1974), describieron los diferentes deterioros de la leche de soya a temperatura ambiente; la acidificación produce una rápida caída del pH - (esto se produce en 24 horas, a la temperatura de 1°C), el deterioro proteolítico ocurre en una semana y mencionó que el tiempo de almacenamiento con refrigeración fue de 5 días y sin refrigeración de 8 horas.

La bebida de soya pasteurizada, obtenida a partir de grano de soya entero elaborada por Nelson (1976), tuvo un tiempo de almacenamiento a 34°F (1°C) de una a tres meses, dependiendo de las condiciones sanitarias durante el proceso. El deterioro que ocurre después de este tiempo es acompañado por un aumento en la cantidad de bacterias viables totales y una disminución del pH. El pH disminuye conforme se va formando en la bebida en coajada y dejando salir el suero.

Un análisis de la bebida de soya fresca hecha por Wang (1971), citado por Reed et al (1974) reportó la presencia de las siguientes bacterias:

Clostridium, Enterococcus, Bacillus, Streptococcus y Aerobacter.

### 6.8. Secado de la Bebida de Soya por Atomización.

El secado por rociada o atomización consiste en la transformación de una solución o suspensión en un producto pulverulento, mediante una sola operación. El proceso se basa en la atomización del producto en finas gotas que ingresan a una cámara y con un flujo de aire caliente en contracorriente al flujo de las gotas; produciéndose de este modo una rápida evaporación y un subsecuente secado; la separación del material seco se efectúa mediante un ciclón y el aire húmedo es extraído a través de un ducto central.

Debido al pequeño tamaño de las gotas (10 micras de diámetro), se consigue una superficie de contacto aire-suspensión muy grande, lo que favorece una rápida deshidratación y transferencia de masa y calor (Masters, 1972). El breve tiempo de contacto entre la suspensión atomizada y el aire caliente no permite alcanzar una temperatura de equilibrio lo que proporciona un eficaz secado sin que el material sufra defectos dañinos provocados por el calor. El producto así obtenido es superior en cuanto a su valor nutritivo y dispersibilidad en agua, al procedente de un secado por tambor.

Estas características fundamentales hacen que la deshidratación por atomización sea muchas veces el proceso de secado más eficiente en las exigencias nutricionales del producto.

Las ventajas del secado por atomización son:



- a) Es adecuado para ciertos materiales sensibles al calor, - que de otro modo requerirían un alto vacío para conseguir bajas temperaturas de secado.
- b) Aún cuando la temperatura del aire de entrada es elevada, - la temperatura del bulbo húmedo raramente excede los 55°C y las partículas ya secas alcanzan los 100°C. Esto es conveniente para muchos productos, que en estado húmedo son - sensibles al calor pero soportan mayores temperaturas en - estado seco.
- c) El tiempo de secado es muy corto y generalmente el produc- to a los 30 segundos sale del secador.
- d) Se simplifican algunas operaciones tales como filtración - del producto y se eliminan otras como la reducción de tama ño del producto seco.
- e) El producto terminado resulta a menudo en polvo, con características adecuadas para ser transportado por un flujo de aire.
- f) Se reduce el costo de mano de obra y se aumenta el volumen de producción en un mínimo de área ocupada.
- g) Permite una granulación uniforme y un contenido de humedad constante y bajo.

La elaboración de una bebida de soya en polvo es bastante con- veniente porque los productos deshidratados tienen mucho más -

tiempo de almacenamiento y, además, porque sus costos son más bajos que la leche de soya nasteurizada. El secado por atomización ha sido el método más apropiado para la industria de productos lácteos y ha sido utilizado satisfactoriamente en la elaboración de bebida de soya en polvo (Mustakas et al, 1971; Van Buren et al, 1964, citado por Aminlari, 1977).

Sin embargo, la reconstitución de la bebida deshidratada deja mucho que desear a consecuencia de los cambios físicos y químicos producidos durante el proceso de secado. Una bebida de alto contenido de grasa, tal como la leche entera o la bebida de soya con grasa, es frecuentemente difícil secar por atomización y reconstituir y tiene un tiempo limitado de almacenamiento, debido a los deterioros de los lípidos o de otros cambios indeseables en el secado por atomización o durante el almacenamiento, (Webb et al, 1974, citado por Aminlari, 1977).

Guy et al (1969), citado por Mc Millan (1974) reportaron que el sabor a vegetal del grano de soya se reducía durante la concentración al vacío y con el secado por atomización.

Van Buren et al (1964), citado por Mc Millan (1974) hallaron que la solubilidad del nitrógeno de la bebida de soya en polvo, secada por atomización con temperaturas entre 140 y 300 °C, fue máxima a una temperatura del aire de entrada de 160 °C. Guy et al (1969), citado por Mc Millan (1974) hallaron que el índice de solubilidad del queso soya secado por atomización, mez

clado con harina de soya, decreció tanto como incrementó la presión de homogenización de la suspensión antes del secado.

Hackler et al (1967), citado por Mc Millan (1974) demostraron que la temperatura del aire de entrada en el secado por atomización es importante y que el deterioro de la proteína por este proceso es diferente al producido por el calentamiento de la bebida de soya a 121°C. Por otro lado, ni la cistina ni la metionina son destruidas en el secado por atomización, sin embargo, cuando la temperatura de entrada del aire es superior a 270°C el PER disminuye. A 270°C se pierde el 16% de lisina, el 16% de histidina y 15% de tirosina, entre otros aminoácidos.

Se ha observado que la temperatura del aire de entrada del secador tiene un marcado efecto en la calidad de la proteína. Mayores temperaturas provocan una menor solubilidad del nitrógeno y una disminución de la lisina disponible, como de los radicales aminos libres. La diferencia de color es bastante marcada y el efecto del tostado aparece en las temperaturas altas.

Los índices más eficientes para evaluar el posible daño a las proteínas pueden ser la lisina disponible y los valores "Hunter L" de color. Aunque la lisina está presente en la proteína de la soya en buenas cantidades y no es aminoácido

limitante en las dietas que constituyen soya, la estimación de su pérdida de un índice del daño ocurrido en la proteína por el calor.

### III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los laboratorios del Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Universidad - Nacional Agraria - La Molina y en el Laboratorio de Panificación y en la Planta de Procesamiento de Frutas y Hortalizas del Instituto de Investigaciones Agroindustriales del Ministerio de Agricultura y Alimentación.

Las actividades experimentales se ejecutaron entre Abril de 1979 y - Mayo de 1980.

Es importante destacar que el tema de investigación es parte del Plan de Investigación del Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Universidad Nacional Agraria - La Molina y - del Proyecto Integral de Desarrollo de la Soya (PIDES), que se desarolla en el Instituto de Investigaciones Agroindustriales IIA con - la asistencia técnica del Programa Internacional de la Soya (INTSOY).

#### 1. MATERIA PRIMA.

Se trabajó con muestras de frijol de soya (Glycine max), correspondiente a las variedades Improved Pelikan y Nacional, que se cultivan en nuestro país.

Estas muestras fueron proporcionadas por El Programa Internacional de la Soya (INTSOY), y procedieron mayormente de la zona norte del Perú.

## **EQUIPOS.**

### **2.1. Laboratorio.**

- a) Estufa.- Estufa marca Memmert tipo 500, con termostato incorporado (0-250°C).
- b) pH metro.- Potenciometro marca Radiometer Copenhagen-26.
- c) Balanza de precisión.- Balanza analítica marca E. Mettler tipo 4. Capacidad máxima 150 gr, sensibilidad 0.001 gr.
- d) Colorímetro.- Colorímetro marca Buhler modelo MLU-109.
- e) Viscosímetro.- Viscosímetro rotacional marca Brookfield - Synchro-Lectric, Modelo LVT.
- f) Agitador.- Agitador giratorio de paletas de metal marca - Gallenham-England. Con eje que gira a diferentes revoluciones por minuto.
- g) Agitador de tamices.- Agitador de tamices marca Buhler, de laboratorio, para tamices circulares de 0.5 m de diámetro.

### **2.2. Planta Piloto.**

- a) Quebrador.- Descascarador de Grano.- Quebrador - Descascarador sin marca de fabrica. Consiste en dos rodillos estriados, accionados por un motor de 1.2 HP de potencia. Construcción nacional con planos de INTSOY.
- b) Clasificador - Limpiador de Grano.- Clasificador de tamices marca Carter Lockage Tester modelo 35. Tiene una capacidad de 27 kg. de grano/hr.

- c) Molino Coloidal.- Molino coloidal marca Koruma, tipo T-1. Posee un motor de 3 HP de potencia y su capacidad es 15 - 60 kg/hr.
- d) Homogenizador.- Homogenizador marca Gaulin, tipo 160 M. 35 tb5 empleado normalmente para leche de vaca. Sus presiones de operación son 5,000 lb/pulg<sup>2</sup> en la primera etapa y 500 lb/pulg<sup>2</sup> en la segunda etapa. Posee un motor de 10 HP y una capacidad de 160 Gal/hr.
- e) Olla con Chaqueta de Vapor.- Olla marca Lee de acero inoxidable de 15 kg de capacidad y con trampa de vapor.
- f) Selladora.- Selladora eléctrica de bolsas plásticas, marca Touch-H-Seal. Modelo M-300 Japan, La temperatura de sellado es regulable.
- g) Molino.- Molino de martillos marca Cristy, accionado por un motor de 2,5 HP. Posee tamices intercambiables para obtener diferentes tamaños de partícula.
- h) Secador por Atomización.- Secador Marca Niro Atomizer, tipo FU-11-BA06, especial para investigaciones y aplicaciones semi-industriales. El calentamiento del aire se hace por la acción de la combustión del gas metano. Tiene una capacidad de 20 kg de suspensión/hr.
- i) Secador por Atomización.- Secador marca Niro Atomizer Nimor 53, especial para investigaciones en laboratorio. El calentamiento del aire se hace por medio de resistencias eléctricas. Tiene una capacidad aproximada de 1 kg de suspensión/hr.
- j) Exhauster.- Exhauster por el cual circula vapor a 100°C. Sin marca de fábrica.

k) Otros Equinos.- Adicionalmente, se han empleado otros accesorios, vinculados al procesamiento de soya, así como - diversos equinos de laboratorio necesarios para la realización de las diferentes pruebas de control físico-químico y de evaluación organoléptica de los productos obtenidos.

### 3. MATERIALES Y REACTIVOS.

- a) Antioxidante.- Los antioxidantes utilizados fueron: BHA (Hidroxibutylato) y TBHQ (Mono-terciario-butilhidroquinona).
- b) Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).- El bicarbonato de sodio utilizado fue el de uso comercial.
- c) Acido Clorhídrico (HCl) 1 N.
- d) Baldes de plástico.
- e) Adicionalmente se utilizaron otros materiales y reactivos para los diferentes análisis y pruebas en planta piloto.

### 4. METODOS DE CONTROL FISICO - QUIMICO.

#### 4.1 Determinación de los componentes y Características del Grano de Soya.

Este análisis se le realizó a las dos variedades de frijol de soya: Improved Pelikan y Nacional. Se tomaron 200 gr de cada una de las dos variedades, se llevaron las muestras a la estufa por 15 minutos a 105 °C. La ruptura del grano se hizo en un molino de rodillos estriados de abertura regulable. Luego la separación de la cáscara y del cotiledón del hipocotiledón



se hizo en forma manual.

Las demás características del grano (tamaño, color, peso de - 100 granos) se hizo en forma simultanea.

El método utilizado fue similar al recomendado para semilla - de Tung (AOCS, 1970).

#### 4.2. Determinación de Sólidos Totales.

Se determinó sólidos totales de la bebida de soya siguiendo el método de la AOAC (1960).

#### 4.3. Determinación de pH.

Se determinó utilizando el método de la AOAC (1960).

#### 4.4. Determinación de Color.

Se determinó el color de la bebida de soya en polvo siguiendo el procedimiento descrito en el manual de funciones del colorímetro Buhler.

#### 4.5. Determinación de la Densidad.

Se determinó la densidad utilizando el método de la AOAC - (1960).

#### 4.6 Análisis Granulométrico.

Se realizó el análisis granulométrico siguiendo el método descrito en el manual de funcionamiento del tamizador Buhler.

#### 4.7. Determinación de la Viscosidad.

La medición de la viscosidad de la bebida de soya reconstituida se realizó siguiendo el método descrito en el manual de funciones del viscosímetro rotacional Brookfield. Las mediciones se realizaron a la velocidad de rotación del cilindro de 60 RPM.

#### 4.8. Determinación de la Densidad Aparente.

Se determinó la densidad aparente utilizando el método empleado por Herrera, citado por Uesu (1977) y Febres (1977).

#### 4.9. Determinación de la Capacidad de Rehidratación.

Se determinó la capacidad de rehidratación utilizando el método de Stitt (1958).

#### 4.10 Determinación de la Forma y Distribución del Tamaño de Partícula

Se determinó utilizando el método de Schoch y Maywald (1956).

#### 4.11 Determinación de la Cobertura Monomolecular, (Isotherma de Absorción).

Se realizó siguiendo el método de Stitt (1958).

#### 4.12 Determinación del Índice de Solubilidad.

Se determinó siguiendo la forma técnica correspondiente a la leche de vaca en polvo (ITINTEC, 1978).

#### 4.13 Determinación de la Humedad

Se utilizó el método de la AOCS (1970).

#### 4.14 Determinación de Proteína Total

Se utilizó el método de Kjeldahl, siguiendo el método indicado por la AOCS (1970). Se utilizó el factor 6.25 para el cálculo de la proteína total.

#### 4.15 Determinación de Grasa.

Se determinó el porcentaje de grasa según el método Soxhlet, indicado por la AOCS (1970).

#### 4.16 Determinación de Fibra Neta.

Se determinó el porcentaje de fibra neta de acuerdo al método de AOCS (1970).

#### 4.17 Determinación de Ceniza.

Se determinó el porcentaje de ceniza siguiendo el método indicado por la AOCS (1970).

#### 4.18 Determinación de Carbohidratos.

El porcentaje de carbohidratos se obtuvo por diferencia después de haber completado los análisis de ceniza, fibra, grasa y proteína total.

#### 4.19 Determinación de Acidez.

Se determinó mediante el método de la AOCS (1970). Los resultados son expresados en porcentaje de ácido sulfúrico, utilizado normalmente para harina (ITINTEC, 1974).

#### 4.20 Determinación del Índice de Acidez.

Se determinó mediante el método de la AOCS (1970).

#### 4.21 Determinación del Índice de Iodo.

Se determinó mediante el método de Wijs (AOCS, 1970).

#### 4.22 Determinación del Índice de Peróxidos.

Se determinó mediante el método de la AOCS (1970)

#### 4.23 Determinación del Índice de Proteína Dispersable (IPD).

Se determinó de acuerdo al método de la AOCS (1970).

#### 4.24 Determinación del Índice de Actividad Ureásica.

Se determinó de acuerdo al método de la AOCS (1970).

### 5. ANALISIS MICROBIOLOGICO

Se realizó un control microbiológico de la bebida de soya deshidratada proveniente de las dos variedades de frijol de soya (Improved Pelikan y Nacional).

#### 5.1. Determinación de Gérmenes Viables.

De acuerdo al método de Mossel y Quevedo (1967).

#### 5.2. Determinación de coliformes viables siguiendo el método de Mossel y Quevedo (1967).

#### 5.3. Determinación de Hongos y Levaduras.

Se utilizó el método de Mossel y Quevedo (1967).

### 6. ANALISIS ORGANOLEPTICO.

Para las pruebas organolépticas se contó con un panel semientrenado. Las pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Evaluación Sen-

sorial del Instituto de Investigaciones Agroindustriales I.I.A.).

Las muestras de bebida de soya reconstituida fueron evaluadas mediante cinco características de calidad, utilizando el formato que se muestra en la Figura 8.

Se realizaron 4 pruebas, evaluándose: 4 muestras de bebida de soya, 2 mezclas soya-leche de vaca y una muestra de leche de vaca reconstituida, obtenida en el mercado. Las siete muestras en el Cuadro 23. Las cuatro pruebas que comprendieron las evaluaciones sobre tres muestras aparecen en el Cuadro 24.

Las muestras fueron presentadas a los panelistas bajo la denominación de "Lacto reemplazante", en vasos de 15 ml. de capacidad. En todas las pruebas se presentaron a 20°C de temperatura y los panelistas identificaron las muestras por medio de una clave.

Cada panelista tuvo que darle un valor subjetivo a cada una de las 5 características presentes en el formato, marcando el valor subjetivo que más se acerque a su apreciación personal.

Como patrón de comparación se utilizó leche de vaca en polvo comercial reconstituida.

Fig. 8. FORMATO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS DE EVALUACION SENSORIAL.

PRODUCTO \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CARACTERISTICAS DE CALIDAD		N° de MUESTRA		
1. ACEPTABILIDAD GUSTO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desagrada extremadamente.</li> <li>2. Desagrada mucho</li> <li>3. Desagrada poco</li> <li>4. Desagrada ligeramente.</li> <li>5. No gusta ni disgusta.</li> <li>6. Gusta ligeramente.</li> <li>7. Gusta moderadamente</li> <li>8. Gusta mucho.</li> <li>9. Gusta extremadamente.</li> </ol>			
2. GRADO DE DULZOR	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muy pobre</li> <li>2. Ligeramente pobre</li> <li>3. Normal</li> <li>4. Ligeramente subido</li> <li>5. Excesivo.</li> </ol>			
3. CONSISTENCIA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excesivamente consistente.</li> <li>2. Muy consistente</li> <li>3. Moderadamente fluida</li> <li>4. Normalmente fluida</li> <li>5. Muy fluida.</li> </ol>			
4. APARIENCIA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechazada.</li> <li>2. Indiferente.</li> <li>3. Regular.</li> <li>4. Aceptable.</li> <li>5. Atractiva.</li> </ol>			
5. SABOR EXTRAÑO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pronunciado sabor extraño</li> <li>2. Notable sabor extraño</li> <li>3. Regular sabor extraño.</li> <li>4. Ligero sabor extraño</li> <li>5. No existe sabor extraño</li> </ol>			

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

CUADRO 23. MUESTRAS EVALUADAS EN EL EXAMEN ORGANOLEPTICO Y SUS CARACTERISTICAS DESCRIPTIVAS

MUESTRAS	BEBIDA DE SCYA VAR: IMP. PELIKAN (%)	BEBIDA DE SOYA VAR: NACIONAL (%)	LECHE DE VACA (%)	CONCENTRACION (% DE SOLIDOS TOTALES)	VISCOSIDAD (POISES $10^{-2}$ )	PROTEINA (%)
A <sub>1</sub>	100	0	-	5,80	7,50	2,00
A <sub>2</sub>	100	0	-	10,10	37,00	3,48
B <sub>1</sub>	0	100	-	5,80	3,00	2,37
B <sub>2</sub>	0	100	-	10,10	7,50	4,12
C	50	-	50	8,90	7,50	3,81
D	-	50	50	11,05	7,5	3,81
E	-	-	100	12,00	7,5	3,50

**CUADRO 24. MUESTRAS EVALUADAS EN CADA PRUEBA EN EL EXAMEN ORGANOLEPTICO**

PRUEBA	MUESTRAS ANALIZADAS						
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	D	E
1	*				*		*
2		*			*		*
3				*		*	*
4			*			*	*

La primera prueba (Prueba 1) tuvo como finalidad evaluar la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan con respecto a una mezcla de esta con leche de vaca y con leche de vaca sola, manteniendo la misma viscosidad para las tres muestras.



La tercera prueba (Prueba 3) tuvo la misma finalidad que la primera prueba, pero en este caso con la bebida de soya de la variedad Nacional.

En la segunda prueba (Prueba 2) la finalidad fue evaluar la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan a una concentración de sólidos de 10.1% con la mezcla de esta con leche de vaca y leche de vaca sola.

En la cuarta prueba (Prueba 4) la finalidad fue evaluar la bebida de soya de la variedad Nacional a una concentración de sólidos de 5.8 % comparándola con la mezcla de esta con leche de vaca y con leche de vaca sola.

En la segunda prueba (Prueba 2) se aumentó la concentración de sólidos de la bebida de soya para elevar el porcentaje de proteína a 3.48 y en la cuarta prueba se disminuyó la concentración de sólidos de la bebida de soya (variedad Nacional) para disminuir el porcentaje de proteína de la bebida a 2.37%.

Para evaluar estadísticamente las pruebas realizadas en el análisis organoléptico, se utilizó el análisis de variancia y la prueba de Duncan (Prell, 1976 y Sidel, 1976).

Se realizó un análisis de variancia a cada una de las pruebas, para dos características de calidad: aceptabilidad y consistencia, con la finalidad de determinar si las muestras en cada prueba eran estadísticamente iguales en lo referente a las características mencionadas.

Se tomaron estas dos características por ser las de mayor significación en su evaluación organoléptica. Las pruebas de análisis de variancia se hicieron con un nivel de significación del 5 %.

Las muestras que fueron rechazadas en el análisis, de variancia, - es decir aquellas que estadísticamente fueron diferentes, se les hizo una prueba de Duncan; con la finalidad de evaluar sus promedios si existe significación estadística entre ellas, también con un nivel de significación del 5 %.

También se determinó el promedio total de las cinco características de calidad, con la finalidad de tener un parámetro de evaluación - rápida y simple.

## 7. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el de obtener un producto final de características organolépticas aceptables, que cumpla con los requerimientos nutricionales que se exige normalmente en los productos que provienen del frijol de soya. Para lograr este objetivo se estudio la influencia de las condiciones de operación de las etapas que tienen mayor incidencia en el producto final. En consecuencia, se llevaron a cabo una serie de pruebas experimentales, que serán descritas en los siguientes puntos de este capítulo.

### 7.1. Características de la Materia Prima.

Inicialmente se procedio a analizar la materia prima (grano de

soya) a emplear en los experimentos, a fin de conocer sus características físico-químicas.

Para caracterizar el frijol de soya, este fue sometido a análisis de humedad, proteína total, grasa, fibra, carbohidratos. Se determinó el índice de proteína dispersable (IPD) e índice de actividad ureásica. Además, al aceite de soya cruda se le determinó el índice de Iodo, índice de peróxidos, índice de saponificación y acidez. Asimismo, se identificaron algunas características físicas de las variedades de frijol de soya empleadas en la elaboración de la bebida de soya en polvo.

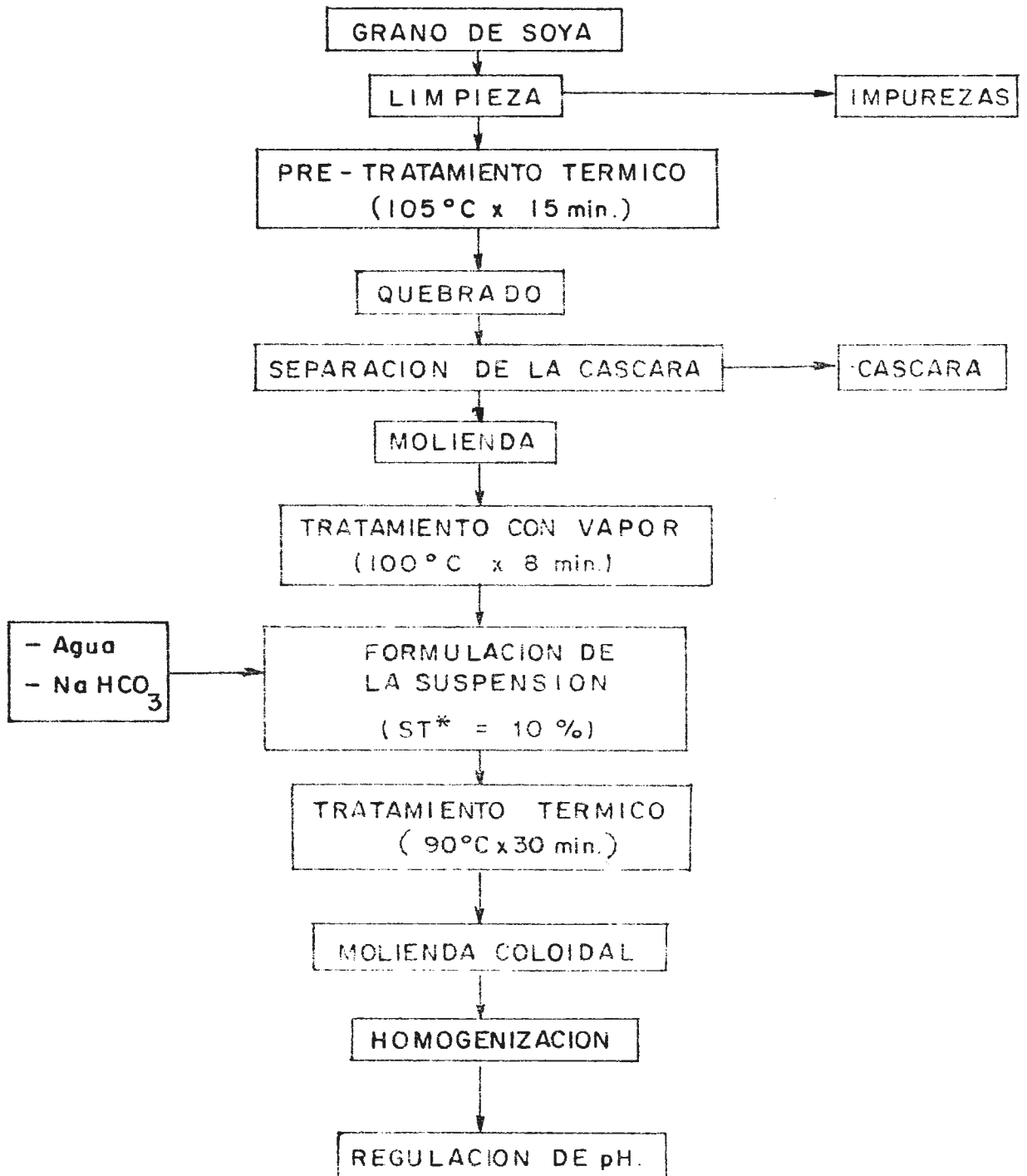
## 7.2. Ensayos Preliminares.

Se realizaron pruebas preliminares, con la finalidad de establecer el flujo y condiciones de procesamiento más conveniente para la elaboración de una bebida de soya base, de características satisfactorias, servirá para la obtención de la bebida de soya en polvo.

Con la finalidad de aprovechar en forma integral el grano de soya, para la elaboración de la bebida base, se tomaron como referencia los procesos desarrollados por Wei (1976) y el desarrollado en el Instituto de Investigaciones Agroindustriales - (Zulueta, 1973).

En la Figura 9, se muestra el flujo experimental inicial seguido para la elaboración de la bebida soya, empleando integralmente

Fig. 9. FLUJO EXPERIMENTAL INICIAL PARA LA OBTENCION DE LA BEBIDA DE SOYA, EMPLEANDO INTEGRALMENTE EL GRANO



ST\* = Sólidos totales

el grano (excepto la cáscara). Este proceso utilizó tanto los compuestos solubles como los compuestos insolubles del grano.

### 7.3. Experimentos Definitivos.

Con los resultados de las pruebas preliminares, se consideró conveniente estudiar los parámetros que permitan obtener una bebida base de características adecuadas para el secado posterior.

En general, se siguió la experimentación de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra en la Figura 10.

#### 7.3.1. Preparación de la Bebida Base de Soya.

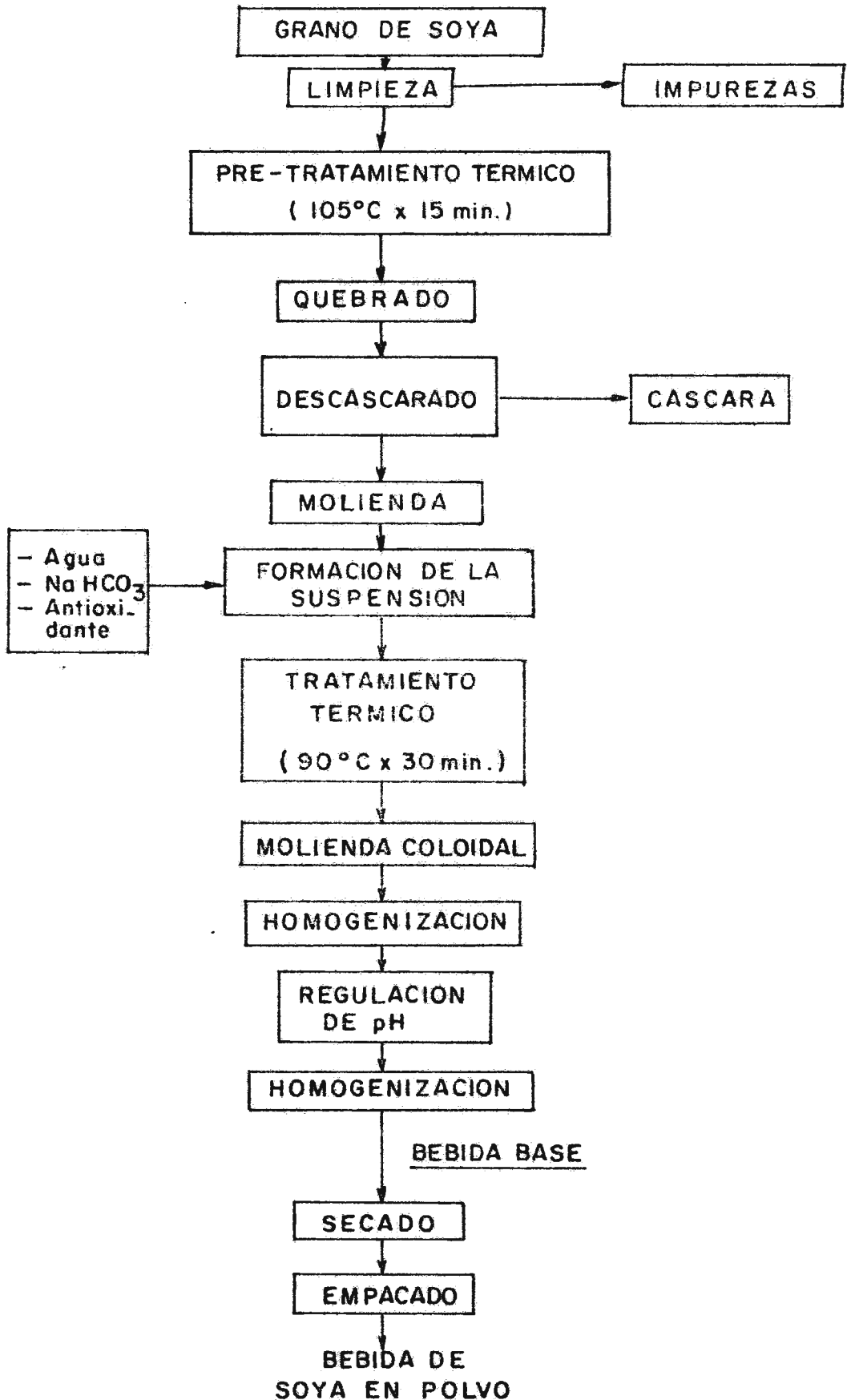
La preparación de la bebida base de soya se hizo siguiendo el flujo de elaboración que se muestra en la Figura 10.

Cada una de las etapas del procesamiento se describen a continuación:

a.- Grano de soya.- Se trabajó con dos variedades de frijol de soya: Improved Pelikan y Nacional. Previamente estas dos variedades fueron sometidas a un análisis físico-químico, para permitir su caracterización.

b.- Limpieza.- El lote utilizado en los experimentos fue

Fig. 10.- DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO



limpiado en forma manual. Se hizo con la finalidad de separar las partículas groseras de tamaño mayor - al grano (tallo, hojas, piedras, etc.), para su posterior eliminación. De este modo se obtuvo un grano libre de partículas groseras para facilitar su posterior quebrado y descascarado. Se determinó en porcentaje de impurezas de la materia prima.

c.- Pre-tratamiento térmico.- Con la finalidad de favorecer el procesamiento de descascarado, se realizó un pre-tratamiento térmico en una estufa (sin circulación de aire) a 105°C por 15 minutos. Este proceso se realizó en planchas de acero inoxidable, donde se colocaron los granos formando una capa de un cm de grosor. Esto con la finalidad de que todos los granos reciban el calor uniformemente y que la cáscara pierda humedad y se convierta quebradiza.

d.- Quebrado.- Se realizó esta operación en el quebrador de rodillos estriados. Los granos aún calientes se hicieron pasar a través de los rodillos que giran y esto hace que los granos se rompan en dos mitales, de tal forma que los cotiledones dejaron libre a las cáscaras.

El espacio entre los rodillos es regulable, según el tamaño del grano.

e.- Descascarado.- En esta etapa se separó las cáscaras de los cotiledones de los granos de soya, en el clasificador Carter. La separación de las cáscaras se efectuó por la acción de una corriente de aire (regulable), que separó las cáscaras por diferencia de densidad.

f.- Molienda.- La molienda se realizó en un molino de martillos marca Cristy. Esta operación permite la reducción del tamaño del grano.

g.- Formación de la suspensión.- Para calcular la cantidad de agua a adicionar a la harina de soya, a fin de obtener una suspensión que contenga un porcentaje de sólidos deseados, se utilizó la siguiente ecuación.

$$A = S F \left[ \frac{(100-X)(1-H)}{X} - H \right]$$

Donde :

A = Cantidad de agua a adicionar.

S = Grano de soya (kg).

F = Factor de rendimiento de soya integral con respecto a harina (0.81).

H = Contenido de humedad del grano, base húmeda (decimal).

X = Porcentaje de sólidos deseados en la suspensión.

En esta etapa también se le agregó el bicarbonato de



sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en un 0.2% del agua que se adiciona al harina; con la finalidad de favorecer la posterior molienda coloidal y el blanqueado de la suspensión formada.

Además, se le agregó el antioxidante BHA (hidroxinasol butilado) en un 0.01% en base a la grasa presente en el grano, con la finalidad de prevenir la oxidación de las grasas en el período de almacenaje.

**h.- Tratamiento térmico.-** La suspensión obtenida, con el porcentaje de sólidos deseados, fue calentada a  $90^\circ\text{C}$  en una olla de chaqueta de vapor, manteniéndola a esta temperatura durante 30 minutos. Se hizo este tratamiento térmico con la finalidad de eliminar por completo la acción de la enzima lipoxigenasa y la acción del inhibidor de tripsina, que afectan la calidad del producto final.

**i.- Molienda coloidal.-** Se realizó con la finalidad de reducir al máximo el tamaño de partícula y, además, permitir poner en contacto íntimo los constituyentes solubles con el medio acuoso, facilitándose de este modo la dispersión y la suspensión de los diferentes constituyentes. Esta operación se realizó dos veces, la primera para reducir las partículas a un tamaño hasta de 50-100  $\mu$ .

micras y la segunda molienda coloidal (mucho más fina) hasta obtener un tamaño de partículas de 1-3 micras. La molienda se realizó a 90°C.

j.- Homogenización.- Se hizo con la finalidad de obtener una reducción mayor del tamaño de partícula, homogenizar los glóbulos de grasa y obtener una textura suave al paladar. Se realizó en dos etapas: la primera a 3500 lb/pulg<sup>2</sup> (temperatura 80°C), la segunda a la presión de 500 lb/pulg<sup>2</sup> y a la misma temperatura que la primera etapa.

k.- Regulación de pH.- Se realizó la regulación del pH con HCl 1N, debido a que al usar bicarbonato de sodio el valor del pH se hace alcalino (mayor a 7.0).

l.- Homogenización.- Esta segunda homogenización se hizo con la finalidad de mezclar el ácido añadido en el paso anterior (regulación de pH) con los demás constituyentes. Se realizó en dos etapas; la primera a 3500 lb/pulg<sup>2</sup> (temperatura 80°C), la segunda a una presión de 500 lb/pulg<sup>2</sup> y a la misma temperatura de la primera etapa.

m.- Secado.- La bebida de soya base obtenida fue secada en un secador por atomización. Por considerarse de importancia, esta operación fue estudiada en mayor detalle, tal como se presenta en el siguiente punto

de este capítulo.

n.- Empacado.- Con la finalidad de preservar en buenas condiciones a la bebida de soya en polvo se empacó en bolsas de polietileno y posteriormente fueron selladas con calor (el sellado no se hizo al vacío).

### 7.3.2. Secado de la Bebida de Soya.

Se utilizó el secado por rociado o atomización. Fue necesario llevar a cabo una serie de pruebas preliminares para establecer un rango de concentración de sólidos de la bebida base de soya. Para determinar el rango de concentración se hicieron determinaciones de viscosidad en el viscosímetro rotacional Brookfield; a la par se hicieron mediciones de densidad de la bebida base de soya a diferentes concentraciones de sólidos, utilizando un picnómetro.

#### 7.3.2.1 Condiciones de trabajo en el Secado.

Para el secado de la bebida base de soya se tuvo en cuenta los parámetros de secado que se indica:

a.- Velocidad de Alimentación.- La velocidad de alimentación de la bebida base de soya se mantuvo constante durante todos los experimentos, siendo de 15 kg/hr.

b.- El calentamiento del aire del secador se hizo con gas propano.

c.- El rodete atomizador centrífugo fue accionado por un motor eléctrico, que giraba a una velocidad de 20,000 revoluciones por minuto.

d.- El flujo del aire fue de 870 a 1000 kg/hr.

#### 7.3.2.2 Evaluación del secado en función de la calidad de la bebida base de soya.

A.- Influencia del pH de la bebida.

Con la finalidad de estudiar la influencia del pH de la bebida base en el producto final, se hicieron análisis del índice de proteína dispersable (IPD), utilizando la bebida de soya en polvo de la variedad Improved Pelikan. Se realizaron mediciones de IPD a valores de pH de 5.5; 7.0; 7.5 y 8.0.

B.- Influencia de la concentración inicial de la bebida base de soya.

Para estudiar la influencia de la concentración inicial de la bebida base en el producto final, se hicieron análisis a la bebida de soya en polvo obtenida. Los análisis realizados fueron: tamaño y distribución de tamaño de partícula,  $f_{90}$

dice de solubilidad, densidad aparente y color.

Los valores estudiados de concentraciones iniciales fueron: 8; 10 y 12%. Las pruebas se hicieron con la bebida base de soya de la variedad Improved Pelikan.

### C.- Influencia de la temperatura de Secado.

Se realizaron experimentos de secado a tres temperaturas, con la finalidad de evaluar las características del producto final. Las temperaturas de secado utilizadas fueron: 150; 200 y 250°C. Para evaluar estas variables se realizaron los siguientes análisis: tamaño y distribución de tamaño de partícula, índice de solubilidad, rehidratación, densidad aparente y color.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### ■ CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA.

En el desarrollo de las diferentes pruebas experimentales de elaboración de la bebida de soya base se utilizaron dos variedades de frijol soya: Improved Pelikan y Nacional. En el Cuadro 25 se muestran las características físicas de las variedades de soya utilizadas.

El color del tegumento está en función de la variedad, éste puede ser amarillo, verde, negro y algunas veces de dos colores (Smith y Circle, 1972). Según Troll (1974), el color del tegumento de la variedad Improved Pelikan es amarillo y de la Nacional amarillo claro. El peso promedio de 100 gr de frijol soya en grano de las variedades Prize es 26.0 gr y su diámetro es 0.9 cm (Smith y Circle, 1972) comparando con las utilizadas, estas últimas son relativamente pequeños sobre todo la variedad Improved Pelikan. El color y el peso son bastantes parecidos a los reportados por la bibliografía. En el Cuadro 26 se muestra la composición física del grano de soya.

Orthofer (1978), reportó: cotiledón 90%, cáscara 8% e hipocotiledón 2% (no mencionó la variedad). Esto demuestra que la mayor diferencia con las variedades estudiadas es por el porcentaje de cáscara en la variedad Improved Pelikan, lo que constituye una razón para eliminar la cáscara en el momento de la elaboración de la bebida de soya base. Por poseer la cáscara una gran cantidad de carbohidratos insolubles.

**CUADRO 25. ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VARIEDADES DE FRIJOL DE SOYA UTILIZADAS EN LA ELABORACION DE LA BEBIDA BASE DE SOYA**

CARACTERISTICAS FISICAS	IMPROVED PELIKAN	NACIONAL
Color del Tegumento	Amarillo	Crema
Color del hillo	Marrón oscuro	Marrón claro
Peso de 100 semillas (gr)	11.57	25.12
Diámetro mayor del grano (cm.)	0.4-0.6	0.6-0.9

**CUADRO 26.- COMPONENTES DEL GRANO DE SOYA**

VARIEDAD	COTILEDON (%)	CASCARA (%)	HIPOCOTILIO (%)
IMPROVED PELIKAN	89.81	7.83	2.52
NACIONAL	90.20	7.95	1.15

En el Cuadro 27 se muestra la composición química promedio del grano de soya, con cáscara y sin cáscara, empleados en los experimentos.

Las variaciones, causadas por efectos genéticos y por el medio ambiente, en los niveles de proteína están en el rango de 30 a 46% base húmeda (Orthofer, 1978). Smith y Circle, (1972) reportaron que para la variedad Wayne la cantidad de proteína y grasa fue 40.4 y 21.5 % (base seca), respectivamente. Esto demuestra que la variedad Nacional tiene un nivel de proteína (40.28%, base seca) - aproximadamente igual a la variedad Wayne. Y en lo que respecta al contenido de grasa la variedad Improved Pelikan es la que posee mayor cantidad (24.95%, base seca). En cuanto a los niveles de carbohidratos los granos de soya con cáscara bajan poco su nivel con respecto al grano sin cáscara. La variedad Improved Pelikan, es relativamente pobre en composición de proteína, en relación con las otras variedades, pero su nivel de grasa es bastante elevado (24.95%, base seca). Troll (1974) reportó contenidos de proteína y grasa de 39.3 y 22.5% (base seca), sin embargo no mencionó la variedad de frijol de soya.

En el Cuadro 28 se dan algunas características físico-químicas del grano de soya.

El valor del índice de proteína dispersable (IPD) para grano de soya crudo está en un rango de 85-90% (Smith y Circle, 1972) y los datos reportados por Martín (1976) para grano de soya crudo fue 98% y



CUADRO 27. COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE SOYA

COMPONENTES	IMPROVED PELIKAN				NACIONAL			
	CON CASCARA		SIN CASCARA		CON CASCARA		SIN CASCARA	
	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	9,6	-	8,6	-	9,4	-	9,3	-
PROTEINA <sup>(1)</sup>	28,9	31,97	31,5	34,46	36,0	39,74	36,9	40,28
GRASA	29,9	33,08	22,8	24,95	19,1	21,08	19,2	21,17
CENIZA	6,8	7,52	6,0	6,56	5,6	6,18	5,3	5,84
FIBRA NETA	4,5	4,98	2,9	3,17	3,7	4,08	2,3	2,54
CARBOHI- DRATOS <sup>(2)</sup>	20,3	22,46	28,2	30,85	25,6	28,26	30,0	33,02
ACIDEZ <sup>(3)</sup>	0,6	-	0,6	-	0,6	-	0,58	-

(1) Factor de conversión de proteína 6,25

(2) Por diferencia

(3) Expresado en % ácido sulfúrico.

CUADRO 28. ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL GRANO DE SOYA

CARACTERISTICAS	IMP. PELIKAN	NACIONAL
HUMEDAD (% b. h.) <sup>*</sup>	9,60	9,40
PROTEINA(% b. h.) <sup>*</sup>	28,90	36,00
INDICE DE PROTEINA DISPERSANTE (IDP)	88,50	89,05
INDICE DE ACTIVIDAD UREASICA	2,10	1,98

\* b.h. = base húmeda

y para harina de soya integral 25%. Esto demuestra que las dos variedades estudiadas están en el rango dado por la bibliografía.

En lo que respecta a la actividad ureásica, para grano de soya crudo de la variedad Improved Pelikan (2.10). Esto demuestra que en el grano de soya crudo existen antinutrientes tales como el inhibidor de tripsina y la enzima lipoxigenasa. Se recomienda para harinas de soya valores de actividad ureásica de 0.02 (WHO/FAO/UNICEF, citado por Vargas 1978).

En el Cuadro 29 se reportan las características del aceite de soya. El valor del índice de Iodo de las variedades en estudio es bastante similar al reportado por Smith y Circie (1972), el rango de variación es de 124 - 138, lo que significa que posee un 88% de ácidos grasos insaturado (oleico, linoleico, linolénico). El valor del índice de acidez y de saponificación reportado por Bailey (1961) son 3.25 y 192, respectivamente.

Esto demuestra que el aceite de soya de las dos variedades estudiadas están por debajo de estos valores. Asimismo, el valor del índice de peróxidos indica que el aceite tiene un bajo nivel de oxidación (índice de peróxidos 170 - 310).

CUADRO 29.- CARACTERIZACION DEL ACEITE DE FRIJOL DE SOYA

	IMP. PELIKAN	NACIONAL
ACIDEZ (%)	0.55	0.47
INDICE DE PEROXIDOS (milieg. de Oxígeno/100 gr. de grasa).	2.07	2.02
INDICE DE IODO (gr. de Iodo/100 gr. de grasa)	138.60	134.31
INDICE DE SAPONIFICACION (miligramos de NaOH/gr. de grasa).	158.55	152.10

## 2. TRABAJO EXPERIMENTAL.

### 2.1. Resultados de los Ensayos Preliminares.

Las experiencias preliminares realizadas utilizando grano de soya integral, como se mostró en la Figura 9, tuvieron como finalidad obtener un proceso de elaboración de la bebida de soya base con las características adecuadas para su secado.

Con las experiencias realizadas se determinó que el tratamiento con vapor a la harina de soya, favorecía la formación del sabor a vegetal ("beany Flavor"), por su contacto de la harina de soya con el agua condensada en las paredes del exhauster. También se llegó a determinar que la bebida de soya en polvo se enranciaba rápidamente, aún cuando se encontraba en refrigeración (5°C). Por este motivo se decidió utilizar un antioxidante; los antioxidantes fueron: BHA y TBHQ, el segundo de ellos se encontraba en esta líquido lo cual dificultaba su manipulación en el proceso de pesar (balanza analítica), por este motivo se decidió utilizar el antioxidante BHA que se encontraba en estado sólido (cristales), además de producir el efecto antioxidante requerido.

Es interesante hacer notar que la literatura referente al tema no reporta haberse utilizado antioxidantes en las bebidas de soya (leche de soya).

## 2.2. Determinación del flujo Óptimo de procesamiento.

Para la elaboración de la bebida base de soya se siguió un flujo de procesamiento óptimo que mostró en la Figura 10.;

Se consideró óptimo porque el producto resultante tenía las propiedades de una bebida base que no poseía ningún sabor vegetal, la textura obtenida en la molienda coloidal y en la homogenización fueron bastante aceptables al gusto y por la adición del antioxidante BHA a la bebida lo que le dió una buena estabilidad en cuanto a la oxidación de las grasas (enranciamiento).

Los principales cambios con referencia al flujo de procesamiento tentativo en los ensayos preliminares fue el tratamiento con vapor a 100°C por 5 minutos. La detección que este proceso favorecía la formación de sabor a vegetal se hizo en un análisis organoléptico preliminar, que involucro personas que estaban trabajando en la elaboración de la bebida base.

Para caracterizar la molienda del grano en el molino de martillos se le realizó un análisis granulométrico a las dos variedades de frijol soya utilizados en los experimentos. Los resultados de los análisis granulométricos para la variedad Improved Pelikan se encuentran en el Cuadro 30. El módulo de finura fue de 1.98 y el índice de uniformidad de 0.317 (gruesos: medios: finos).

En el Cuadro 30 se muestran el análisis granulométrico del pro-

ducto de soya contenido en la molienda de la variedad Improved Polikan. El módulo de finura fue de 1.98 y el índice de uniformidad fue de 0:3:7 aproximadamente.

En el Cuadro 31 se muestra el análisis granulométrico del producto de soya obtenida en la molienda de la variedad nacional. El módulo de finura fue de 1.83 y el índice de uniformidad fue de 1: 3: 7 (gruesos: medios: finos). Por los valores del módulo de finura (1.98 y 1.83) se puede llegar a la conclusión de que se trata de una molienda muy fina.

Según Henderson y Perry (1976) el módulo de finura para frijol de soya en una molienda muy fina es 1.80 y la corresponde un tamaño promedio de partícula de 0.014 pulg. (5.5 micras). El tamaño promedio de partículas puede ser calculado utilizando la siguiente ecuación:  $D = 0.0041(2)^{P.M.}$  (Henderson y Perry, 1976); donde: D = diámetro promedio (pulg.) y P.M. = módulo de finura.

En la molienda coloidal también se determinó el tamaño de partícula de los sólidos en la suspensión, utilizando un microscopio, obteniéndose valores de 2 a 4 micras. Kuntz (1978) reportó que las partículas responsables de la textura tizosa de la bebida son las partículas retenidas por la malla 150 serie Tyler (66 micras). El tamaño de partícula de los sólidos en la bebida de soya obtenida experimentalmente se encuentran por debajo de los reportados por Kuntz (1978) y el "chalkiness" se

CUADRO 30. ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA DE SOYA (VAR. IMP. PELIBAW)

TAMIZ Nº	ABERTURA DE MALLA (MICRAS)	DIAMETRO MEDIO (MICRAS)	CLASIFICACION	MATERIAL RETENIDO		FACTOR	VALOR DE FINURA
				%	%x10 <sup>-1</sup>		
32	487		AFRECHILLO	0.174	0.0174	6	1.044
		402.5	"				
45	354		"	1.290	0.123	5	6.150
		374.5					
60	341		MOLLUERO	12.610	1.261	4	50.440
		285.5					
6XX	230		"	10.870	1.007	3	56.010
		177.5					
10XX	125		HARINA	22.00	2.200	2	44.000
		100.0					
15XX	75		"	40.60	4.060	1	40.600
PLATO			FINOS	4.516	0.451	0	0.0
TOTAL				100.00			198.244

CUADRO N.º 1. ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA DE SOYA (VAR: NACIONAL)

TAMIZ N.º	ABERTURA DE MALLA (MICRAS)	DIAMETRO MEDIO (MICRAS)	CLASIFICACION	MATERIAL RETENIDO		FACTOR	VALOR DE FINURA
				%	g/100g		
32	487	402.5	AFRECHILLO	0.071	0.0071	6	0.426
45	354	374.5	"	2.720	0.2720	5	13.600
60	341	285.5	MOLLUERO	8.600	0.8600	4	34.400
6XX	230	177.5	"	16.860	1.6860	3	50.580
10XX	125	100.0	HARINA	21.220	2.1220	2	42.440
15XX	75		"	42.050	4.2050	1	42.050
PLATO			FINOS	0.480	0.0480	0	0.0
TOTAL				<u>100.00</u>			<u>103.496</u>

reducido notablemente.

### 2.3. Balance de Materia y Rendimiento.

Durante el proceso de elaboración de la bebida de soya deshidratada, se tomaron datos de los pesos correspondientes a la materia prima, cáscaras separadas, agua añadida, peso de la suspensión, polvo recolectado y demás productos utilizados. Con estos datos se realizó un balance de materia que se muestra en las Figuras 11 y 12 para cada una de las dos variedades de frijol de soya estudiadas.

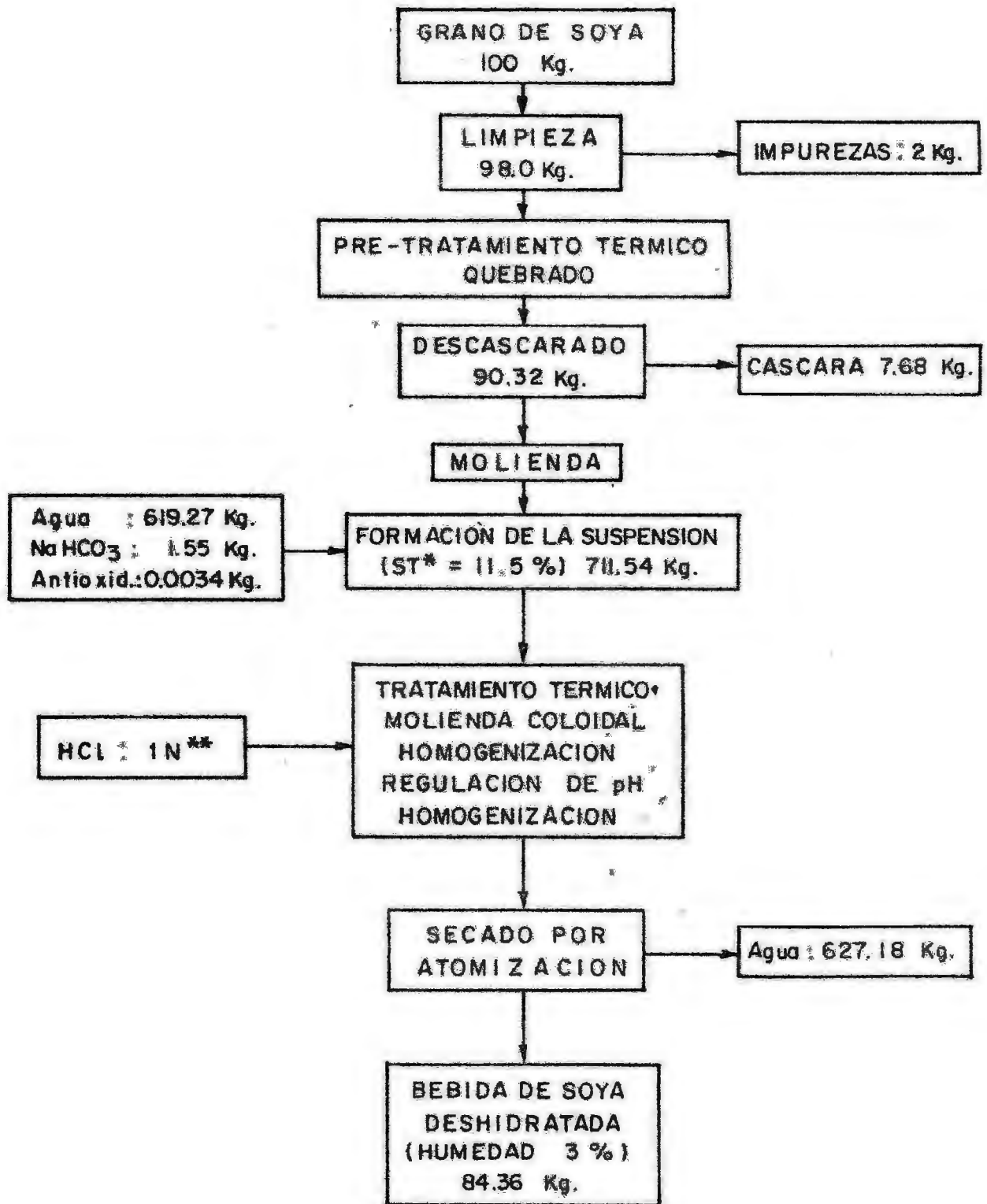
El rendimiento se determinó en función al peso. Los balances de materia se hicieron teniendo como base 100 kg. de frijol de soya.

De los resultados del balance de materia se puede observar que son muy similares los rendimientos obtenidos para las dos variedades (84.3%).



Fig. 11.- BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO

(VARIEDAD : IMP, PELIKAN)

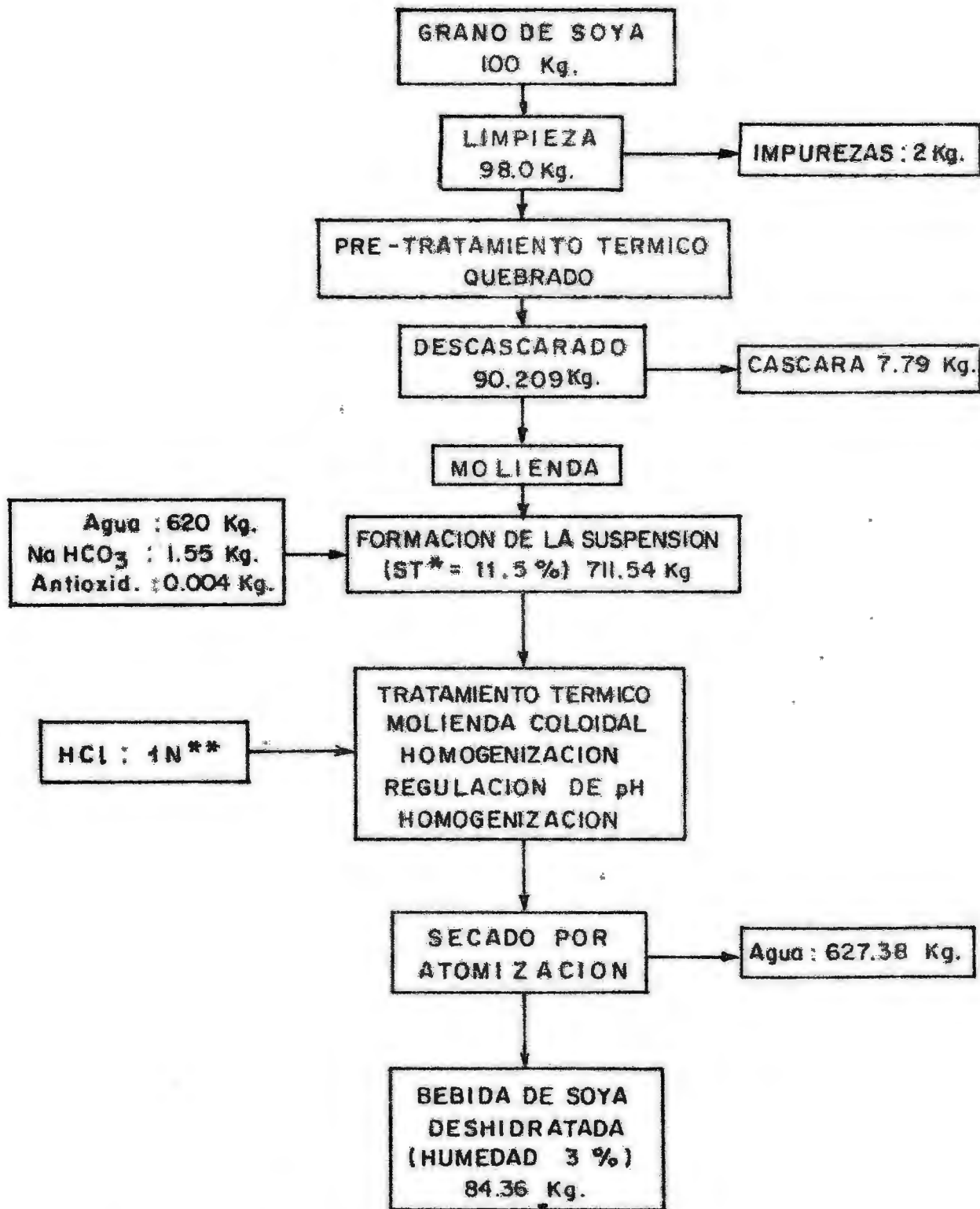


\* S.T. = Sólidos totales

\*\* No se toman en cuenta los ml. de HCl 1.0 N por ser muy pequeña su cantidad

Fig. 12.- BALANCE DE MATERIA EN LA ELABORACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO

(VARIEDAD : NACIONAL)



\* S.T. = Sólidos totales

\*\* No se toman en cuenta los ml. de HCl 1 N por ser muy pequeña su cantidad

Esto se debe a que su composición química en cuanto a humedad es bastante similar y, además, el porcentaje de sólidos de la bebida base y la humedad del producto deshidratado son iguales (11.5% y 3% respectivamente).

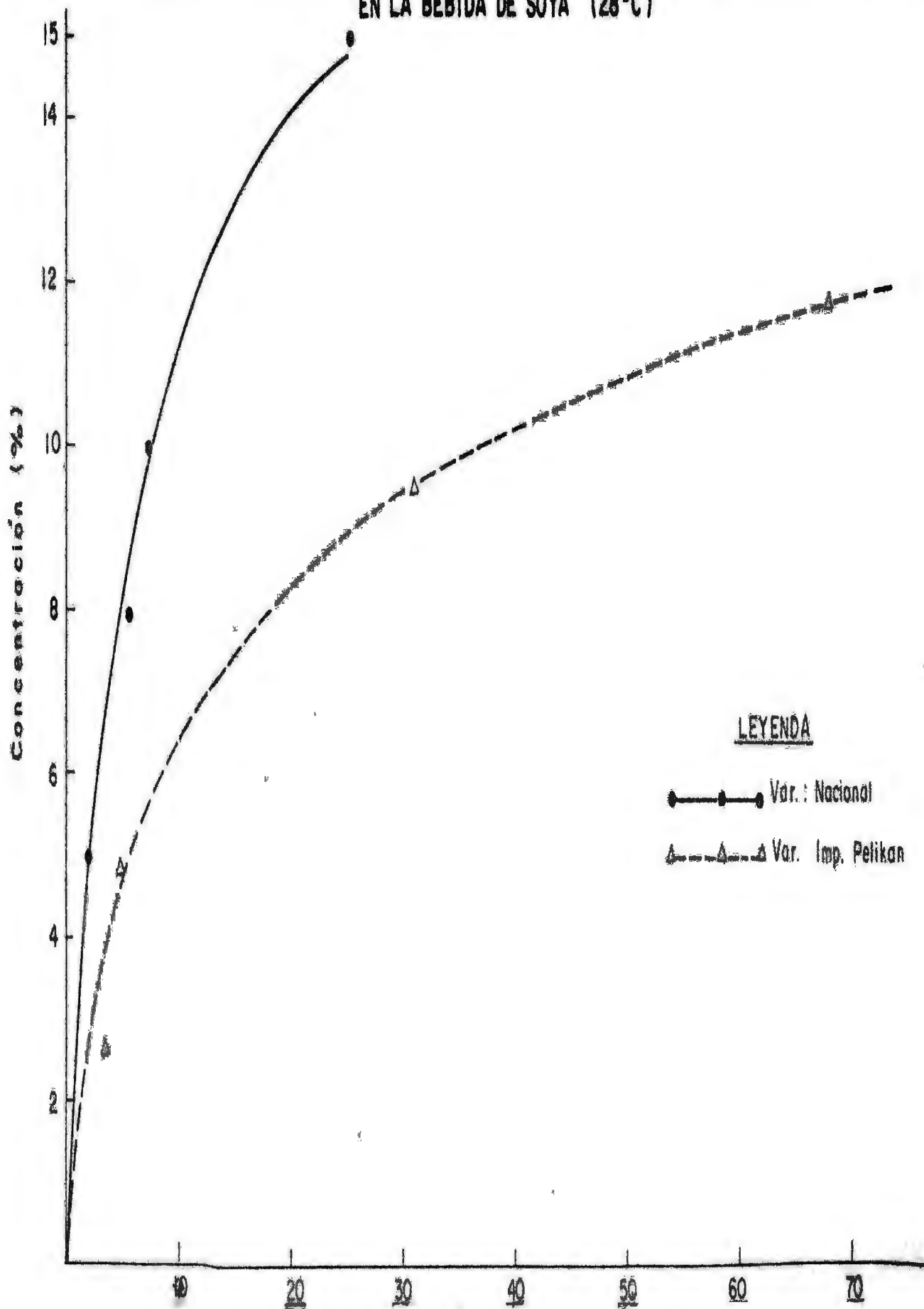
En el caso de la leche de vaca el rendimiento en porcentaje en base al peso es aproximadamente 12%, esto quiere decir que de un kilogramo de leche se obtiene 120 gr. de producto deshidratado con una humedad aproximada del 3%, esto da una idea de que el rendimiento de la bebida de soya (en base al producto original, frijol soya) es muy superior.

### 3. EVALUACION DEL SECADO EN FUNCION DE LA CALIDAD DE LA BEBIDA BASE DE SOYA.

Antes de pasar directamente a la investigación de los parámetros del secado de la bebida de soya, se realizó un análisis reológico (viscosidad) a la bebida de soya base de las dos variedades de frijol de soya. Los resultados se muestran en la Figura 13. La viscosidad aparente se midió a 28°C.

Henderson y Perry (1976) reportaron que la viscosidad de la leche de vaca a 25°C fue  $2.12 \times 10^{-2}$  poises y correspondiendo a una concentración de 11%, en la bebida de la variedad Improved Pelikan la viscosidad fue  $2.12 \times 10^{-2}$  poises, correspondiendo a una concentración de 3.5% de sólidos totales y 6.4% para la bebida base de la variedad Nacional. Esto indica que la bebida de soya tiene una mayor viscosidad que la leche de vaca a la misma concentración de sólidos.

Fig. 13.- VARIACION DE LA VISCOSIDAD APARENTE CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE SOLIDOS  
EN LA BEBIDA DE SOYA (28°C)



Sólidos totales, y esto se puede deber al tipo de grasa que se encuentra en la bebida de soya base o por la proteína de mayor peso molecular o por la presencia de partículas relativamente grandes, comparadas con el tamaño de los componentes de la leche de vaca.

Nelson (1976) y Forster (1979) reportaron que la bebida de soya poseía una mayor viscosidad (0.108 poises) que la elaborada sin cáscara (0.063 poises) esto a 25°C y a un porcentaje de proteína de la bebida base de soya de 2.8 % (base húmeda). Kuntz (1978) reportó que la viscosidad de la bebida de soya aumenta con la concentración de los sólidos en la suspensión, para bebida de la variedad Bonus; a 8.0 % de sólidos totales se obtuvo una viscosidad de 0.6 poises - ( 0.25% de  $\text{NaHCO}_3$  en la bebida de soya).

Es por esta razón que a una concentración de 16 % la bebida de soya base no fluye o fluye con mucha dificultad en tubos de diámetro muy pequeño (0.3 cm.), esto es lo que dificulta el secado por atomización de la suspensión a valores altos de concentración. Teniendo en cuenta esta característica, el rango de concentración para realizar las pruebas de secado se tomó de 8 a 12% de sólidos totales de la bebida de soya base.

En forma simultánea con la determinación de la viscosidad se hicieron mediciones de la densidad de la bebida de soya a diferentes concentraciones, como se reporta en el Cuadro 32, lo que demuestra que la densidad de la bebida de soya disminuye conforme aumenta la concentración de ésta. No se tiene referencias bibliográficas.

ficas en lo referente a valores de densidad, pero este comportamiento se puede deber al efecto de la grasa (que disminuye la densidad) que se encuentra en mayor proporción cuando se incrementa la concentración de la bebida de soya, como comparación se puede decir que lo mismo sucede en la leche de vaca.

CUADRO 32. EFECTO DE LA CONCENTRACION EN LA DENSIDAD DE LA BEBIDA DE SOYA BASE

DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	SOLIDOS TOTALES DE LA BEBIDA DE SOYA (%)
1.050	7.62
0.857	8.53
0.847	11.10
0.785	14.60
0.764	17.80

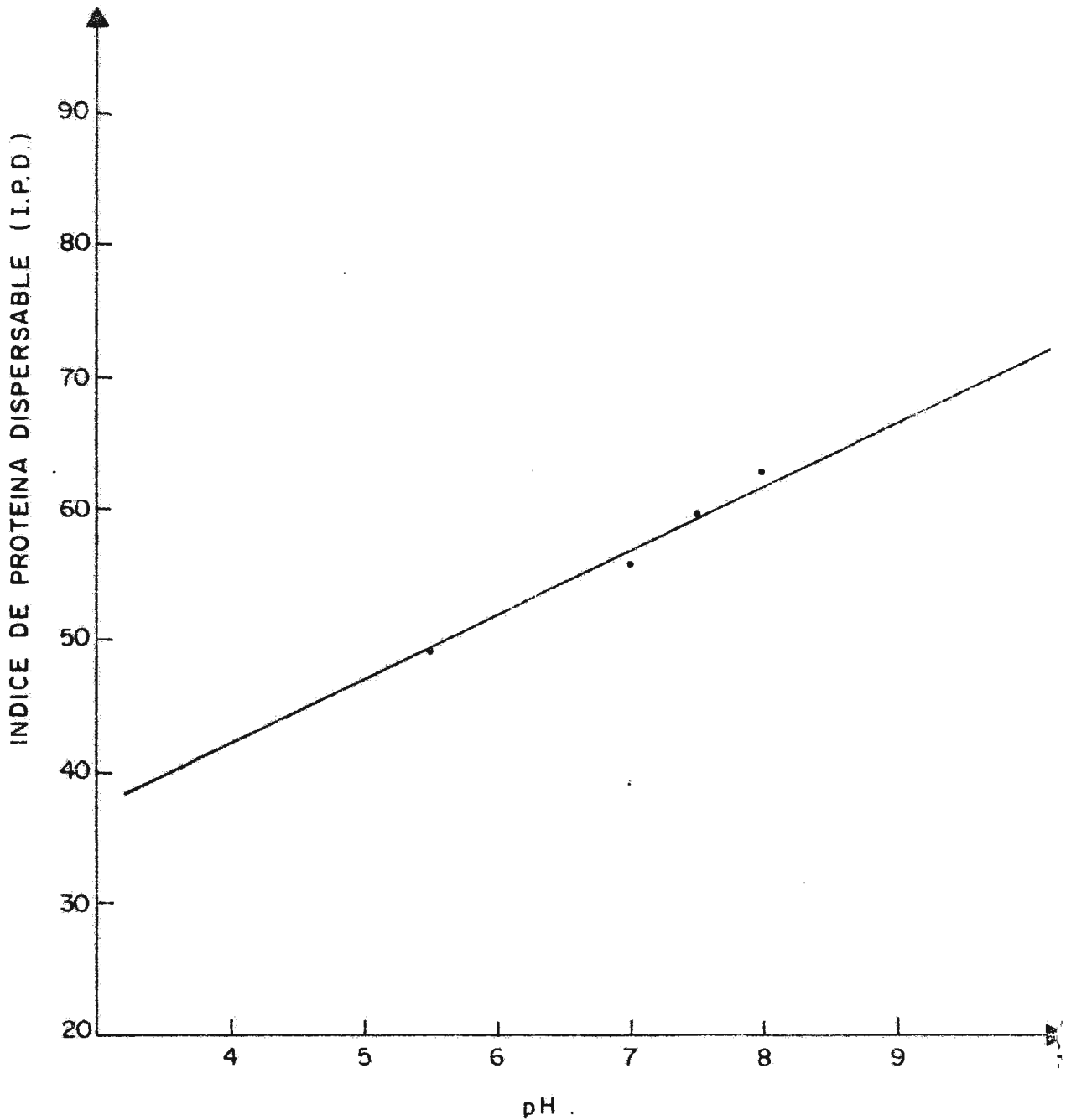
### 3.1 Influencia del pH de la Bebida de Soya Base.

En la Figura 14 se muestra el comportamiento del índice de proteína dispersable (IPD) con respecto al pH de la bebida de soya base.

Se puede observar que a medida que aumenta el valor del pH, el IPD aumenta y a valores de pH alcalino 10, se obtiene valores de IPD de 70. Esto es importante porque ayuda a obtener un producto con alto valor de solubilidad de proteína en agua, al momento de rehidratar la bebida de soya en polvo; además, es un parámetro importante de calidad de la bebida de soya.

Fig. 14 .- RELACION DEL INDICE DE PROTEINA DISPERSABLE (I.P.D.) CON EL pH DE LA BEBIDA DE SOYA RECONSTITUIDA

TEMPERATURA DE SECADO : 150 °C



Teniendo como base que el IPD del producto crudo es de aproximadamente 90%. Aminlary (1977) reportó que a valores de temperatura de secado de 150°C y pH 7.2 se obtuvieron valores de IPD de 51%, además reportó que el índice de proteína dispersable se ve afectado por la homogenización de la bebida base y por la adición de agentes redispersables de la proteína de la soya (cisteína y bisulfito de sodio).

Este incremento del IPD con el pH es obvio, puesto que la solubilidad de la proteína varía con el pH (Smith y Circle, 1972). Posibles efectos nutricionales adversos de tratamiento con un alto valor de pH no fue detectado, (Aminlary, 1977).

Los análisis organolépticos preliminares reportaron que a valores de pH altos el sabor de la bebida de soya es marcadamente a bicarbonato, por esta razón es que se consideró un pH de 7.5 óptimo para realizar las siguientes pruebas, con un índice de proteína dispersable de 59 %, otra de las razones tenidas en cuenta para escoger este valor de pH (7.5) fue la reducción de la textura tizosa ("chalkiness") de la bebida de soya a valores altos de pH, alcalino (Kuntz, 1978). El mismo autor reportó que las principales condiciones para hacer imperceptibles la textura tizosa de la bebida base fueron: el blanqueado de los granos de soya en una solución de 0.25% de  $\text{NaHCO}_3$ , homogenización a 82°F y a 3500 lb/pulg<sup>2</sup>, una formulación con 6 % de sólidos totales y un pH de 7.5.



La causa de la reducción del IPD de la bebida de soya deshidratada se puede haber debido a la polimerización de las proteínas antes y durante el secado por atomización, de las cuatro principales fracciones de proteína de soya (Smith y Circle, 1972).

Las muestras utilizadas para realizar estos estudios fueron bebida de soya en polvo de la variedad Improved Pelikan, la concentración de la suspensión de soya fue 10% y la temperatura de secado 150°C. La regulación de pH se hizo con HCl 1N, siendo las cantidades utilizadas bastante pequeñas (aproximadamente, 0.75 ml/kg. de suspensión).

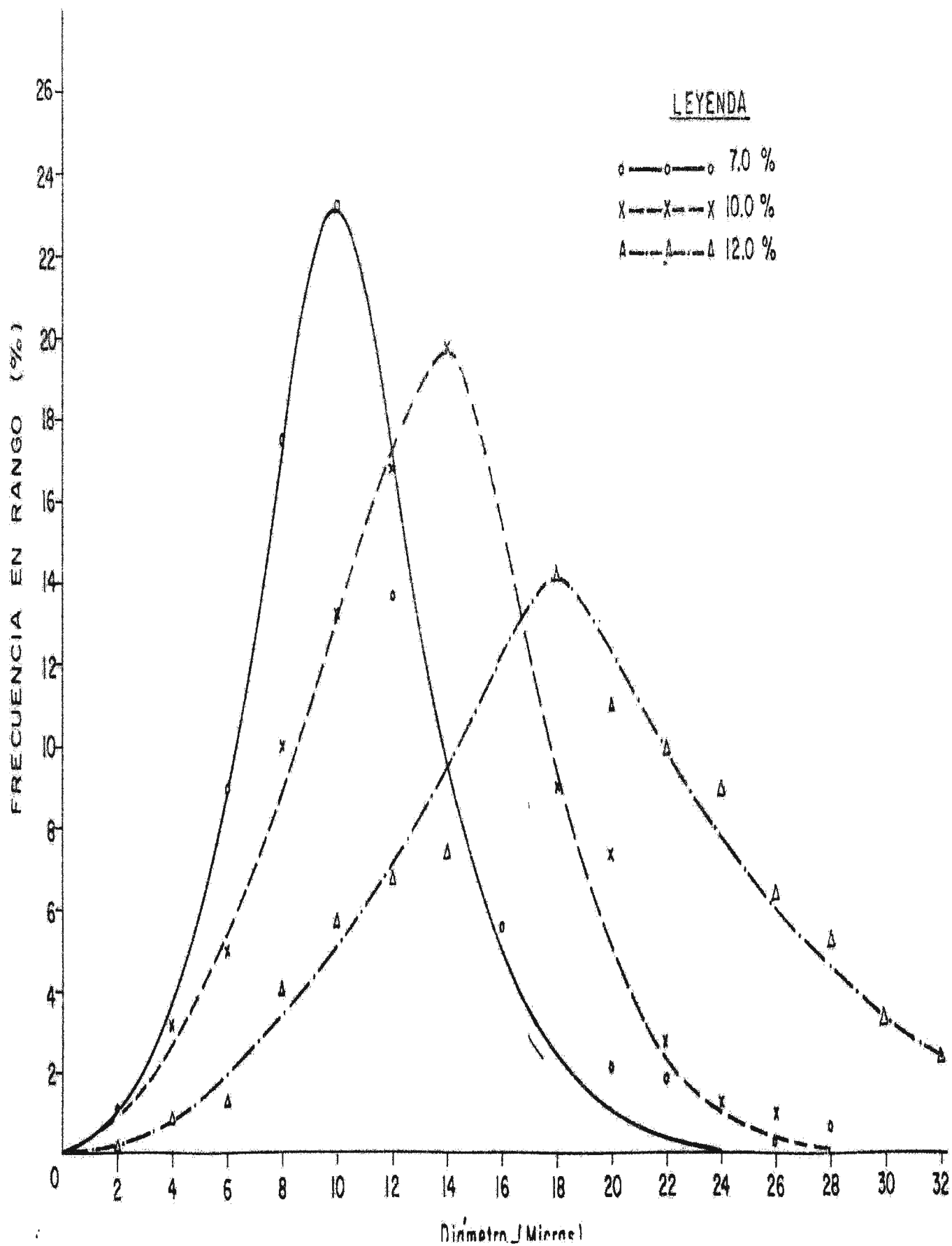
## 2.2 Influencia de la Concentración Inicial de Sólidos de la Bebida de Soya Base.

Se evaluó realizando diferentes análisis físicos en el producto deshidratado: tamaño y distribución de tamaño de partícula, índice de solubilidad, densidad aparente y color.

En la Figura 15 se muestra la distribución del tamaño de partícula para tres concentraciones iniciales de la bebida de soya base y en el Cuadro 33 se presenta el tamaño promedio de partículas de la bebida de soya deshidratada.

Las curvas de la Figura 15 son el resultado del análisis granulométrico con el microscopio, los resultados de este análisis se encuentra en el Anexo A. Se puede observar que las curvas de distribución de tamaño se asemejan a una curva de distribución

Fig.15 - EFECTO DE LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE EN LA DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO



norma en las que el diámetro promedio aritmético aumenta a medida que aumenta la concentración inicial de la bebida de soya y la distribución se hace más amplia (aumenta la desviación estándar). Según Heldman (1975) la distribución de tamaño de producción pulverulentos proveniente de alimentos puede seguir una distribución normal la cual sigue una función de Gauss.

El aumento del tamaño promedio de las partículas, cuando aumenta la concentración inicial de la bebida de soya, se debe a que al atomizarse la suspensión se forman gotas grandes por el efecto del aumento de la viscosidad (Master, 1972) y esto origina que al secarse las gotas de la bebida de soya tenga un tamaño mayor de partícula.

Febres (1977) reportó un tamaño de partículas promedio para jugo de mamey en polvo a una concentración inicial de 10% y a una velocidad de alimentación de 10 gr/min. en un rango de 23 a 26 micras (no mencionó la viscosidad de la bebida inicial), esto nos demuestra que las partículas de la bebida de soya en polvo son más pequeñas, esto producido por las operaciones de molienda coloidal y homogenización, las cuales dan un tamaño de partícula más fina.

En el cuadro 34 se muestra la variación del índice de solubilidad de la bebida de soya con respecto a la concentración inicial de la bebida base de soya.

CUADRO 33. TAMAÑO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO CON RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE.

CONCENTRACION (%)	DIAMETRO PROMEDIO * (micras)	DESVIACION ESTANDARD
7	10.78	1.19
10	13.34	1.26
12	19.33	1.95

\* Diámetro promedio aritmético.

El índice de solubilidad de la bebida de soya en polvo disminuye conforme disminuye la concentración inicial de la suspensión. Master (1972) reporta que un alto contenido de partículas pequeñas en un alimento pulverulento confiere una pobre dispersabilidad y, además, puede aumentar el índice de solubilidad por efecto de termo-estabilidad de los componentes del producto original.

El índice de solubilidad obtenido para la bebida de soya deshidratada es mucho mayor que para el caso de leche de vaca en polvo (2.0 cm<sup>3</sup> de sedimento, según ITINTEC, 1978) esto se puede deber a que el medio natural de los sólidos de leche es una solución acuosa, además es muy importante al hacer las determinaciones del índice de solubilidad el pH de la solución sea regulado (7.5).

Fukushima y Van Buren (1970), citado por Smith y Circle (1972) reportaron que el incremento de la concentración de la bebida de soya producía un efecto en la dispersibilidad por la degradación de los grupos -SH de la proteína, los cuales se ocultaban en el interior de la molécula. Esto confirma que la solubilidad es inversamente proporcional a la concentración de la bebida base.

CUADRO 34.- VARIACION DEL INDICE DE SOLUBILIDAD CON LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE \*

CONCENTRACION (%)	INDICE DE SOLUBILIDAD (cm <sup>3</sup> de Sedimento)
7.0	7.13
10.0	7.00
12.0	5.65

\* Temperatura de secado 150°C.

En el Cuadro 35 se reporta la variación de la densidad aparente con respecto a la concentración inicial de la bebida de soya.

El valor de la densidad aparente disminuye conforme aumenta la concentración inicial de la bebida de soya. Esto se debe a que a mayor concentración las partículas son más grandes y por lo tanto la porosidad se hace mayor y la densidad aparente se hace menor. Master (1972) reporta un rango de densidad aparente de 0.28 a 0.62 gr/cm<sup>3</sup> para leche de vaca en polvo (concentración

inicial de atomización 45-52%, no mencionó la temperatura de secado). Febres (1977) reporta una densidad aparente de 0.52 - 0.60 gr/cm<sup>3</sup> para jugo de mamey en polvo (concentración inicial 10 % y una temperatura de secado de 120-150°C). Los datos reportados sobre el producto deshidratado investigado, indican que éste está en el rango de densidad aparente de la leche de vaca en polvo; además, los valores bajos de densidad aparente son relativamente menos ventajosos porque ocupan un gran volumen - con poca masa de producto deshidratado.

CUADRO 35.- VARIACION DE LA DENSIDAD APARENTE CON RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE \*

SOLIDOS TOTALES (%)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )
7	0.36
10	0.27
12	0.25

\* Temperatura de secado 150°C.

En el Cuadro 36 se reportan los resultados obtenidos en la medición del color (% de remisión) de la bebida de soya en polvo con respecto a la concentración inicial de la bebida de soya - base.

Se puede observar en el cuadro mencionado que el porcentaje de remisión de la bebida de soya en polvo aumenta a medida que au

menta la concentración inicial de la bebida de soya base, si se tiene en cuenta que el porcentaje de remisión para la harina de soya cruda es 0 % (variedad Improved Pelikan) y 28% (variedad Nacional), el color de la bebida de soya en polvo es más blanco que el color original.

El frijol de soya contiene pigmentos solubles en agua, incluyendo las antocianinas, las cuales interaccionan con las proteínas durante el proceso de elaboración de la bebida de soya (Smiley, 1946, citado por Smith y Circle, 1972).

El efecto de la temperatura sobre los pigmentos es mayor cuando la concentración de la bebida de soya es mayor.

CUADRO 36.- VARIACION DEL COLOR DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO CON LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE (VAR: IMPROVED PELIKAN) \*

SOLIDOS TOTALES (%)	COLOR: REMISION (%)
7.0	4
10.5	17.5
11.0	35.5
12.0	37.5

\* Temperatura de secado 150°C.

### 3. Influencia de la Temperatura de Secado.

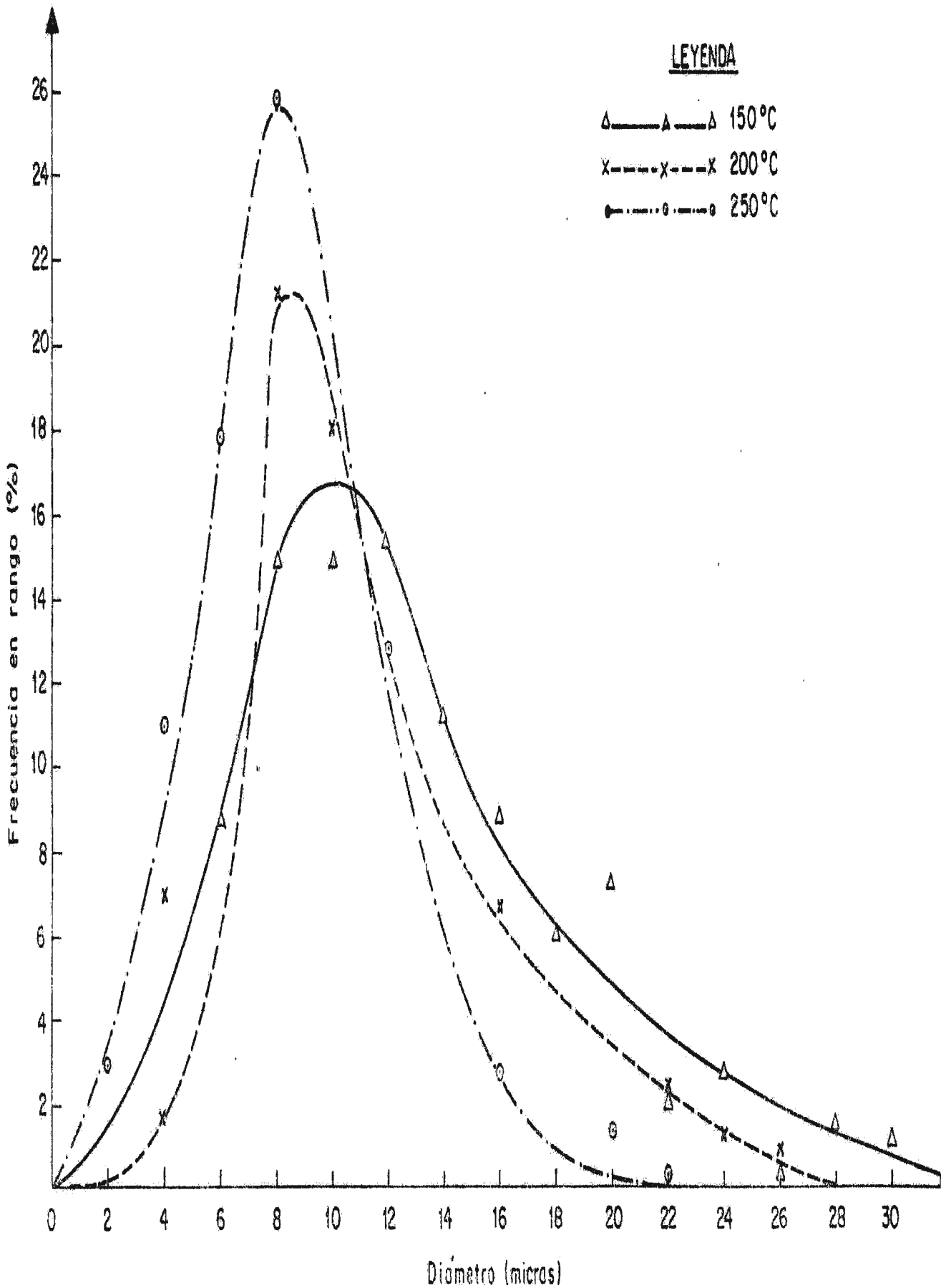
La influencia de la temperatura de secado de la bebida de soya base en el producto deshidratado se evaluó realizando diferentes análisis físicos al producto final, los cuales fueron: tamaño y distribución de tamaño de partícula, solubilidad, color y rehidratación.

En la Figura 16 se muestra la distribución de tamaño de partícula de la bebida de soya en polvo obtenidas a tres temperaturas de secado y en el Cuadro 37 se reportan los tamaños de partículas promedio obtenidos del análisis granulométrico con el microscopio y su respectiva desviación estándar de la curva de distribución de tamaño.

Las curvas de la Figura 16 fueron construidas a partir del análisis granulométrico, cuyos resultados se encuentran en el Anexo B. Se puede observar que las curvas de distribución de tamaño siguen la tendencia de una curva de distribución normal (ecuación de Gauss) en las que se puede observar que la curva de mayor temperatura (250 °C) tiene una mayor amplitud que las curvas de menor temperatura (150 °C y 200 °C). Como se mencionó en el punto 3.2, la distribución de tamaño de partícula de alimentos pulverulentos puede seguir una curva de distribución normal y en este caso su tamaño de partícula promedio y la desviación estándar de la distribución está en función a la temperatura de secado. El in--



Fig. 16.- DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA DE BEBIDA BASE DE SOYA A TRES TEMPERATURAS DE SECADO



cremento de la temperatura de secado produce que las partículas al momento del secado se expandan, por efecto de una alta velocidad de evaporación, y esto hace que se rompan o fracturen dando partículas de menor tamaño (Master, 1972). El mismo autor reportó que el extracto de café a una concentración inicial de 22 % de sólidos, decreció su tamaño promedio de partícula con el incremento de la temperatura. Entonces, el tamaño de partícula promedio no es solamente por el efecto del secado en sí, sino principalmente el resultado de la acción de las altas temperaturas sobre las partículas de la bebida de soya las que se expanden y luego se rompen (fracturan) dando partículas más pequeñas.

Como consecuencia de este fenómeno, la bebida de soya en polvo tendrá una mayor densidad aparente cuando mayor haya sido la temperatura de secado.

CUADRO 37. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL TAMAÑO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO \*

TEMPERATURA (°C)	DIAMETRO ** PROMEDIO (micras)	DESVIACION ESTANDAR
150	12.73	1.46
200	12.02	1.39
250	8.72	0.96

\* Concentración de la bebida base 10 %

\*\* Diámetro promedio aritmético.

En el Cuadro 38 se muestra el efecto de la temperatura de se cado en la solubilidad de la bebida de soya en polvo, representada por su índice de solubilidad ( $\text{cm}^3$  de sedimento)

CUADRO-38 EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL INDICE DE SOLUBILIDAD DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO.

TEMPERATURA DE SECADO ( $^{\circ}\text{C}$ )	INDICE DE SOLUBILIDAD ( $\text{cm}^3$ de sedimento)
150	5.80
200	6.01
250	7.20

James (1955), citado por Iraní y Callis (1963) reportó que la solubilidad o la velocidad de reconstitución de materiales inorgánicos compuestos de partículas pequeñas es mayor que para las partículas grandes del mismo material, y dependen de la superficie específica en contacto con el líquido. Por otro lado Master (1972) reportó que para alimentos, el alto contenido de partículas pequeñas en el producto deshidratado disminuye su propiedad de solubilizarse en líquidos.

En cuanto a la bebida de soya las partículas secadas a 250  $^{\circ}\text{C}$  fueron de menor tamaño que las partículas secadas a 200 y 15  $^{\circ}\text{C}$ . Las altas temperaturas posiblemente produjeron una relativa desnaturalización de las globulinas de la soya causando una disminución de la dispersibilidad de la proteí

na y por ende un aumento del índice de solubilidad; esto último podría presentarse por un encostramiento de las partículas, el que se haría mayor cuando la temperatura es más alta.

Para el caso de la leche de vaca en polvo, el índice de solubilidad recomendado es de  $2.0 \text{ cm}^3$  de sedimento (ITINTEC, 1978), lo que indica que la bebida de soya deshidratada, aún la secada a  $150^\circ\text{C}$ , tiene un valor muy alto de  $3 \text{ cm}^3$  de sedimento. Esto se puede deber a que las partículas disueltas tienen un tamaño mayor a 3.7 micras, que corresponden al límite superior de tamaño de partículas en soluciones coloidales (Nelson, 1976). Así, este sistema no es un verdadero sistema coloidal y por lo tanto, se produce una gran sedimentación de partículas ( $7.2 \text{ cm}^3$  a  $250^\circ\text{C}$ ).

En el Cuadro 3<sup>o</sup> se muestra el efecto de la temperatura de secado en el color de la bebida de soya en polvo (% de remisión).

Comparando con harina de diferentes fuentes. Candiotti -- (1977) reportó un valor de porcentaje de remisión para frijol caraoto de 5 a 46% y Vargas (1978) reportó 52 a 64% para una mezcla de quinua y soya. El color (% de remisión) para el caso de la bebida de soya deshidratada aumentó con la temperatura de secado. A valores de temperatura de secado de  $150^\circ\text{C}$  - fué de 52% y para  $210^\circ\text{C}$  se obtuvo un valor de 64%. El efecto de la temperatura en la de coloración de la bebida de soya en polvo puede deberse al desdoblamiento de las antocianinas,

presentes en el grano, en unidades más simples y menos coloreadas. La presencia en poca cantidad de azúcares reductores (glucosa) no posibilitaría el oscurecimiento no enzimático (reacción de Maillard).

CUADRO 39. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN EL COLOR DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO \*

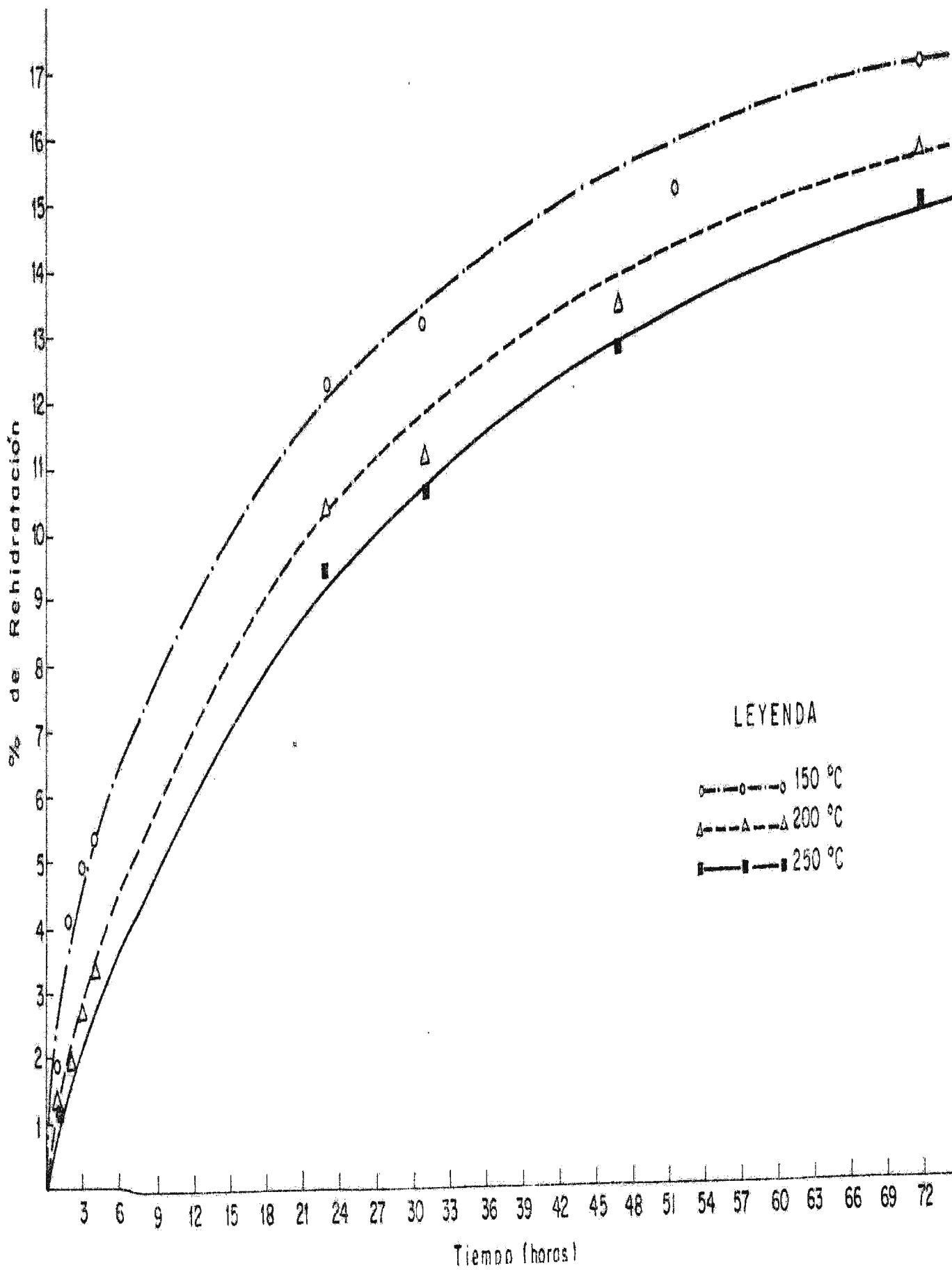
TEMPERATURA DE SECADO (°C)	COLOR (% DE REMI- CION)
150	12.5
200	20.5
250	28.0

\* Variedad : Improved Pelikan.

En la Figura 17 se muestra el efecto de la temperatura de secado en la característica de rehidratación de la bebida de soya en polvo, la cual disminuye conforme aumenta la temperatura de secado.

Similares resultados obtuvo Febres (1977) en jugo de mamey. La característica de todas las curvas obtenidas es la capacitación de gran cantidad de agua en las primeras 24 horas, para luego disminuir hasta mantenerse prácticamente constante. Si tenemos en cuenta que las tres muestras tuvieron la misma humedad inicial (3%), las que captaron más agua fueron las secadas a 150°C y las que captaron menos fueron las secadas a 250°C.

Fig. 17.- EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LA REHIDRATACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POL



Esto se debe a que a temperaturas mayores se forman encostramientos en las superficies de las partículas (Master, 1972), lo cual no permite la fácil captación de agua y por consiguiente se dificultan su solubilización en agua.

#### 4. EVALUACION SENSORIAL

En el Cuadro 40 se reportan el análisis de variancia realizado para las 4 pruebas (Cuadro 24) y en cada una de las pruebas se evaluó - tres muestras (ver Cuadro 24) para dos características de calidad: aceptabilidad y consistencia, este análisis de variancia se realizó con las calificaciones realizadas por los 15 jueces a la diferentes muestras presentadas, cuyos resultados se reportan en el Anexo C.

El nivel de significación usado fue del 5%.

Del análisis de variancia realizado a la primera prueba se puede deducir que las tres muestras: bebida de soya de la variedad Improved Pelikan, mezcla de Improved Pelikan y leche de vaca y leche de vaca sola ( $A_1$ , C y E; Cuadro 23) son estadísticamente diferentes ( $F_c$  mayor a  $F_t$ ) en cuanto a su aceptabilidad y lo mismo sucede para el caso de la característica de consistencia, en cambio a lo que respecta a los jueces son consistentes ( $F_t$  mayor a  $F_c$ ) mientras que para la característica consistencia, no son consistentes ( $F_c=2.95$  mayor a  $F_t = 2.06$ ). Estos resultados se pueden deber a que la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan tiene un sabor muy marcado a frijol, aun siendo mezclado con leche de vaca y con respecto a la consistencia, a pesar de tener la misma viscosidad las

CUADRO 40 : RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANCA DE LOS EXAMENES  
ORGANOLEPTICOS, PARA LAS CARACTERISTICAS DE ACEPTABI  
LIDAD Y CONSISTENCIA

PRUEBA	FACTOR DE VARIABILIDAD	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F <sub>c</sub>	t <sub>α</sub> (α = 0.05)
1*	Tratamientos	2	64.93	32.47	10.76	3.34
	Repeticiones	14	53.66	4.19	1.39	2.06
	Error	28	84.41	3.02		
	TOTAL	44	208			
1**	Tratamientos	2	4.31	2.16	4.40	3.34
	Repeticiones	14	17.64	1.26	2.95	2.06
	Error	28	13.70	0.49		
	TOTAL	44	35.64			
2*	Tratamientos	2	66.61	33.31	10.35	3.34
	Repeticiones	14	88.31	6.30	1.96	2.06
	Error	28	90.06	3.22		
	TOTAL	44	244.97			
2**	Tratamientos	2	11.40	5.70	125.66	3.34
	Repeticiones	14	13.80	0.99	21.82	2.06
	Error	28	1.27	4.54x10 <sup>-2</sup>		
	TOTAL	44	26.47			
3*	Tratamientos	2	22.17	11.09	3.19	3.34
	Repeticiones	14	94.30	6.73	1.96	2.06
	Error	28	97.17	3.47		
	TOTAL	44	213.65			
3**	Tratamientos	2	7.8	3.90	5.97	3.34
	Repeticiones	14	18.33	1.31	1.96	2.06
	Error	28	18.84	0.67		
	TOTAL	44	44.97			
4*	Tratamientos	2	85.51	42.75	27.23	3.34
	Repeticiones	14	74.97	5.36	3.41	2.06
	Error	28	44.16	1.57		
	TOTAL	44	209.64			
4**	Tratamiento	2	18.53	9.26	16.24	3.34
	Repeticiones	14	8.13	0.58	1.01	2.06
	Error	28	16.14	0.57		
	TOTAL	44	42.80			

\* Aceptabilidad

\*\* Consistencia



tres muestras, los resultados dan consistencias diferentes, esto se puede deber a que la bebida de soya tuvo todavía una textura tizosa ("chalkiness").

Los análisis de variancia de la segunda prueba reportaron resultados similares a los de la primera; esto significa que al aumentar la concentración de sólidos de la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan y por consiguiente aumentar su viscosidad, no se favoreció en nada su aceptabilidad y su consistencia. Las muestras analizadas fueron: bebida de soya de la variedad Improved Pelikan (concentración, 10.1 %), mezcla de Improved Pelikan y leche de vaca y leche de vaca sola ( $A_2$ , C y E; cuadro 23). En cuanto al panel, este siguió siendo consistente en sus respuestas para la característica aceptabilidad.

En la que respecta a la tercera prueba (Cuadro 24) el análisis de variancia para la característica aceptabilidad mostró que las tres muestras: bebida de soya de la variedad Nacional, mezcla de la variedad Nacional y leche de vaca y leche de vaca sola ( $B_2$ , D y E; Cuadro 23) son estadísticamente iguales, esto significa que la bebida de soya de la variedad Nacional no posee el sabor característico a frijol de soya y por lo tanto tuvo un alto puntaje en relación a la mezcla con leche de vaca y leche de vaca sola. La consistencia de las tres muestras siguió siendo estadísticamente diferentes a pesar de tener las tres muestras la misma viscosidad (0.075 poises); esto se puede deber, como en la primera prueba, a la presencia de la textura tizosa de la bebida. El panel siguió siendo consistente con sus respuestas para las dos características de calidad.

En la cuarta prueba (Cuadro 24), el análisis de variancia mostró que las tres muestras son estadísticamente diferentes en cuanto a su aceptabilidad y consistencia, esto significa que al disminuir el porcentaje de sólidos de la bebida de soya de la variedad Nacional, manteniendo con la misma concentración la mezcla de variedad Nacional y leche de vaca (D) y leche de vaca sola (E), disminuye grandemente su aceptabilidad por el panel.

El panel fue consistente en sus respuestas para la característica de consistencia mas no así para la característica de aceptabilidad.

En el Cuadro 41 se reportan los resultados de la prueba de Duncan - realizados para las pruebas donde las tres muestras fueron estadísticamente diferentes.

En la primera prueba son iguales las muestras mezcla de la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan y leche de vaca (C) con la muestra de leche de vaca sola (E), esto se debe a que el sabor de la leche de vaca enmascara el sabor a frijol de la bebida de soya.

En cuanto a la consistencia, este resultado era de esperar, porque las dos muestras tienen la misma viscosidad, significa que la textura ti- zosa de la bebida de soya fue enmascarada por la textura de la leche de vaca.

En la segunda prueba, las muestras: bebida de soya de la variedad Im-

**CUADRO 41. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA DIFERENTES MUESTRAS DE BEBIDA RECONSTITUIDA DE SOYA Y LECHE DE VACA.**

PRUEBA	MUESTRA***	PROMEDIO
1*	E	7.54
	C	5.86
	A <sub>1</sub>	4.60
1**	E	4.40
	C	4.20
	A <sub>1</sub>	3.66
2*	E	6.92
	C	5.14
	A <sub>2</sub>	3.86
2**	E	4.50
	C	4.29
	A <sub>2</sub>	3.86
3**	E	4.46
	D	4.13
	B <sub>2</sub>	3.46
4*	E	7.73
	D	5.60
	B <sub>1</sub>	4.40
4**	E	4.60
	D	4.13
	B <sub>1</sub>	3.06

\* Aceptabilidad    \*\* Consistencia    \*\*\* Ver Cuadro 23.

NOTA : Los valores de los promedios que son estadísticamente iguales están unidos por una línea vertical.

proved Pelikan de 10.1% de concentración ( $A_2$ ) y la variedad Improved Pelikan y leche de vaca (C) son iguales en cuanto a su aceptabilidad, esto significa que son bastante parecidas en sabor pero en consistencia las tres muestras son completamente diferentes. Esto se debe, además de la textura tizosa de la bebida de soya, a la diferente viscosidad de las muestras (ver Cuadro 23).

En la tercera prueba, las muestras: mezcla de bebida de soya de la variedad Nacional y leche de vaca (D) y leche de vaca sola (E) son iguales, estadísticamente, en cuanto a su consistencia y diferentes a la muestra de bebida de soya de la variedad Nacional ( $B_2$ ), lo que se produjo por la presencia de la textura tizosa de la bebida de soya y que fue enmascarada por el sabor de la leche de vaca.

En la cuarta prueba, los resultados de la prueba de Duncan reportan que en cuanto a su aceptabilidad las tres muestras: bebida de soya de la variedad Nacional de 5.8 % de concentración ( $B_1$ ), la mezcla de la bebida de soya y leche de vaca (D) y leche de vaca sola (E) son diferentes y que las muestras D y E son iguales en cuanto a su consistencia, esto se debe a que estas últimas tuvieron la misma viscosidad (0.075 poises).

En el Cuadro 42 se reportan los promedios parciales para cada una de las características y los promedios totales para las muestras estudiadas (Cuadro 23). Los resultados indican que la mezcla de bebida de soya de la variedad Nacional con leche de vaca (D) tuvo el mayor promedio total (21.8) de las muestras que contenían soya; comparan-

CUADRO 42. PUNTAJE PROMEDIO DE QUINCE JUECES EN LA EVALUACION SENSORIAL PARA MUESTRAS DE  
BEBIDA DE SOYA Y LECHE DE VACA RECONSTITUIDA

MUESTRA	A <sub>1</sub>					A <sub>2</sub>					B <sub>1</sub>					B <sub>2</sub>					C					D					E				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Puntaje	78	42	52	35	37	64	33	41	38	39	58	36	60	39	39	77	39	52	37	30	89	46	59	48	52	95	63	63	54	52	109	61	67	66	67
Promedio Parcial	52	28	35	23	25	43	22	27	25	26	43	22	27	25	26	51	32	35	25	21	59	31	42	34	37	63	42	42	36	35	72	47	45	44	48
Promedio Total	16,23					14,32					15,46					16,44					20,35					31,8					25,71				

\* 1 : ACEPTABILIDAD

4 : Apariencia

2 : Grado de dulzor

5 : Sabor extraño

3 : Consistencia

do con el promedio total de la leche de vaca (E) el cual fue de 25.71 se puede apreciar que este valor es bastante cercano al valor de la muestra D (21.8).

La muestra que tuvo el menor promedio total fue la bebida de soya - de variedad Improved Pelikan (A<sub>2</sub>).

## 5. EXAMEN MICROBIOLÓGICO.

En el cuadro 43, se reporta los análisis microbiológicos realizados en la bebida de soya en polvo, referente a los gérmenes viables, anaerobios, hongos y levaduras. Los resultados indican que la bebida de soya deshidratada, presenta una carga microbiana bastante baja, comparando con los límites permisibles indicados para las harinas en forma general.

Como se observa en dicho cuadro, para las dos variedades de soya utilizadas en la elaboración de la bebida de soya, no hay diferencia -- significativa en cuanto a su carga microbiana.

El desarrollo de microorganismos mesófilos se ve inhibido por la - baja temperatura de almacenamiento a la que fue sometida (5°C) y - también a la baja humedad de la bebida de soya deshidratada (aproximadamente 3%, base húmeda).

El proceso de secado al que fue sometida la bebida de soya, inhibe el crecimiento de microorganismos y como consecuencia de esto su deterioro durante el almacenamiento.

Los requerimientos de calidad para la leche entera en polvo secada por atomización (U.S. Standard USDA, 1954, citado por Van Arsdel, 1973) en cuanto a coliformes, deben ser menor a 90 colonias/gr., - esto demuestra que el producto obtenido tuvo una calidad microbiológica aceptable.

CUADRO 43.- ANALISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS A LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO

ANALISIS	BEBIDA DE SOYA EN POLVO	
	IMP. PELIKAN	NACIONAL
GERMENES VIABLES ( U.F.C.* /gr.)	$2.0 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
BACTERIAS COLIFORMES VIABLES (U.F.C./gr)	NULO	NULO
HONGOS (U.F.C./gr.)	$3.0 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$
LEVADURAS (U.F.C./gr.)	NULO	NULO

\* U.F.C. = Unidad Formadora de Colonias

## 6. CARACTERIZACION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO.

### 6.1. Análisis Proximal.

En el Cuadro 44 se reportan los resultados del análisis proximal realizado a la bebida de soya en polvo de las dos variedades : Improved Pelikan y Nacional, Además, se reporta el análisis proximal de la leche de vaca en polvo, con fines de comparación.

CUADRO 44. ANALISIS PROXIMAL DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO

COMPONENTES	IMP. PELIKAN		NACIONAL		LECHE ENTERA DE VACA EN POLVO <sup>(1)</sup>	
	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)	BASE HUMEDA (%)	BASE SECA (%)
HUMEDAD	3.08	-	3.00	-	2.25	-
PROTEINA <sup>(2)</sup>	34.02	35.10	39.96	41.20	26.00	26.60
GRASA	22.74	23.54	20.86	21.50	26.75	27.37
CENIZAS	6.50	6.81	5.43	5.60	6.00	6.34
FIBRA NETA	3.10	3.20	3.27	2.37	-	--
CARBOHIDRATOS <sup>(3)</sup>	30.46	31.35	27.48	29.33	30.00 <sup>(4)</sup>	30.69

(1) Fuente : Van Arsdel (1973).

(2) Factor de conversión de proteína 6.25

(3) Por diferencia.

(4) Lactosa.



Los datos reportados en dicho cuadro muestran que la variedad Nacional es la que tiene mayor porcentaje de proteína (42.1%, base seca) comparando con la variedad Improved Pelikan (35.1%, base seca) e inclusive con la leche de vaca en polvo (25.6%, - base seca).

Mustakas (1976) reporta para una bebida de soya en polvo un porcentaje de proteína de 33.26% (base seca), sin embargo, no llega a niveles tan altos como es el caso de los aislados de proteína de soya en polvo que tienen 90-92 % (base seca) de proteína (Smith y Circle, 1972).

Los valores de grasa, cenizas, fibras y carbohidratos son similares a los que se reportan en el Cuadro 27, además, estos valores también son similares a los valores reportados por Mustakas (1976) no menciona la variedad del frijol de soya utilizado. Circle y Smith (1972) reportaron valores de proteína de 46.6 % (base seca) para harina de soya con grasa.

Se realizaron análisis del índice de actividad ureásica dando un valor promedio de 0.02 para las dos variedades, valor que está de conformidad con el recomendado de 0.02 (WHO/FAO/UNICEF, citado por Vargas, 1978).

Baker (1973) reportó que se produjo una total inactivación de la enzima lipoxigenasa, la enzima ureasa y el inhibidor de -- tripsina en un tratamiento térmico a 100°C durante 15 minutos,

con lo que demuestra que en la bebida de soya base se encuentran inactivados todos los antinutrientes.

## 6.2. Isoterma de Adsorción.

En la figura 18 se muestra las isotermas de adsorción de la bebida de soya en polvo de las dos variedades estudiadas y en la Figura 19 la graficación de la ecuación de Brunauer, Emmett y Teller (BET).

Las isotermas de adsorción mostradas en la Figura 18, presentan la típica forma sigmoidea de una curva que corresponde a muchos productos alimenticios, tales como leche en polvo (Martínez, - 1967), jugo de mamey en polvo (Febres, 1977) y otros. Se observa que existen dos pendientes pronunciadas, una que ocurre a bajos valores de actividad de agua (0.0 - 0.15) y la otra a valores superiores de 0.5 de actividad de agua. La primera pendiente indica que se está adsorbiendo gran cantidad de agua, lo que es característico en la adsorción de la monocapa, luego se tiene un intervalo de pendiente reducida que representa la adsorción de multicapas y por último cuando la actividad de agua es mayor a 0.5 el agua ingresa a los espacios porosos entre las partículas

A partir de los datos obtenidos de la Figura 18 se graficó la ecuación de B.E.T. que se encuentra en la Figura 19, con la cual se determinaron los valores de la monocapa que se muestran en el Cuadro 45.

Fig. 18 - ISOTERMA DE ADSORCION DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO  
( T = 37 °C )

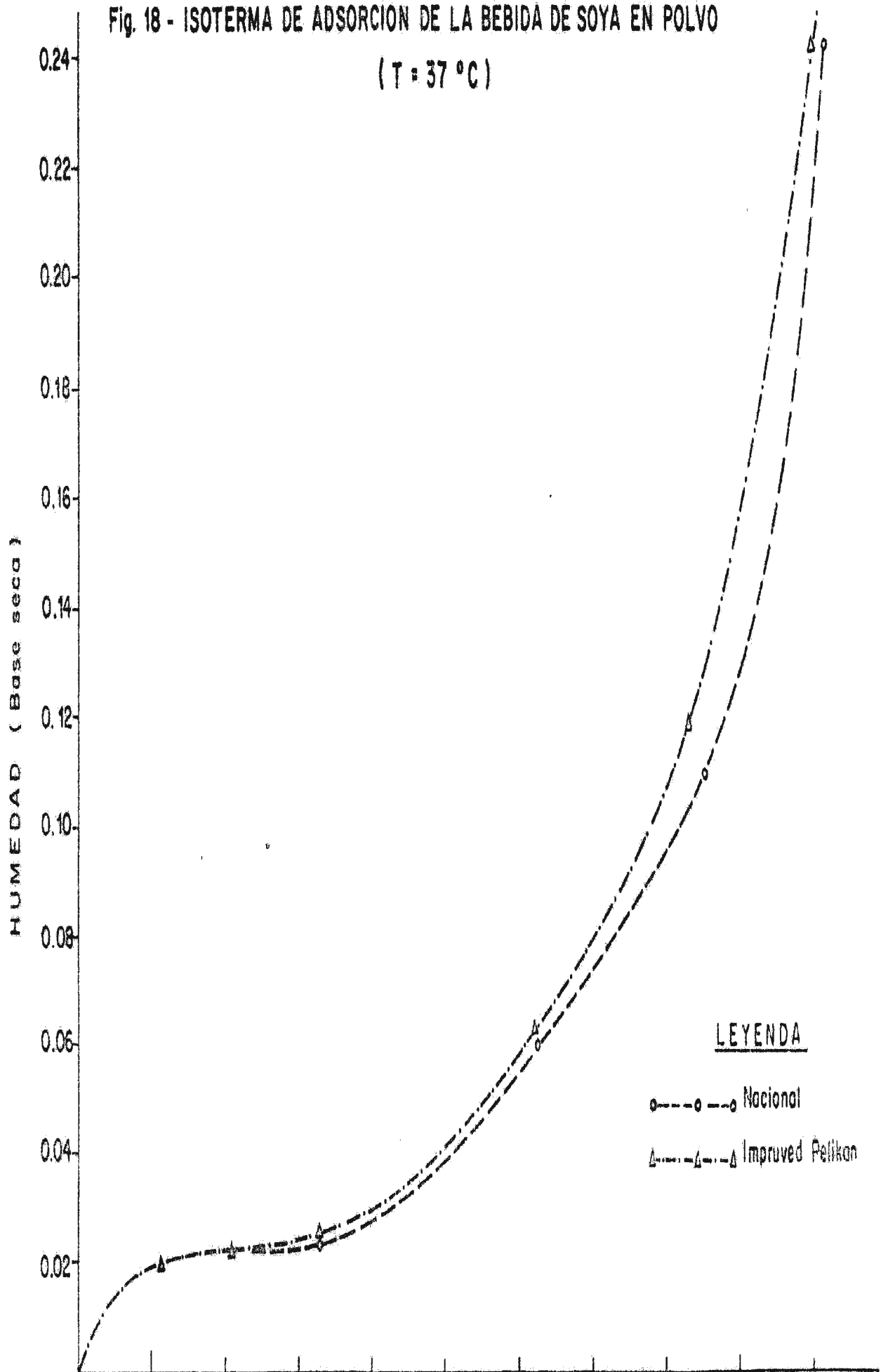
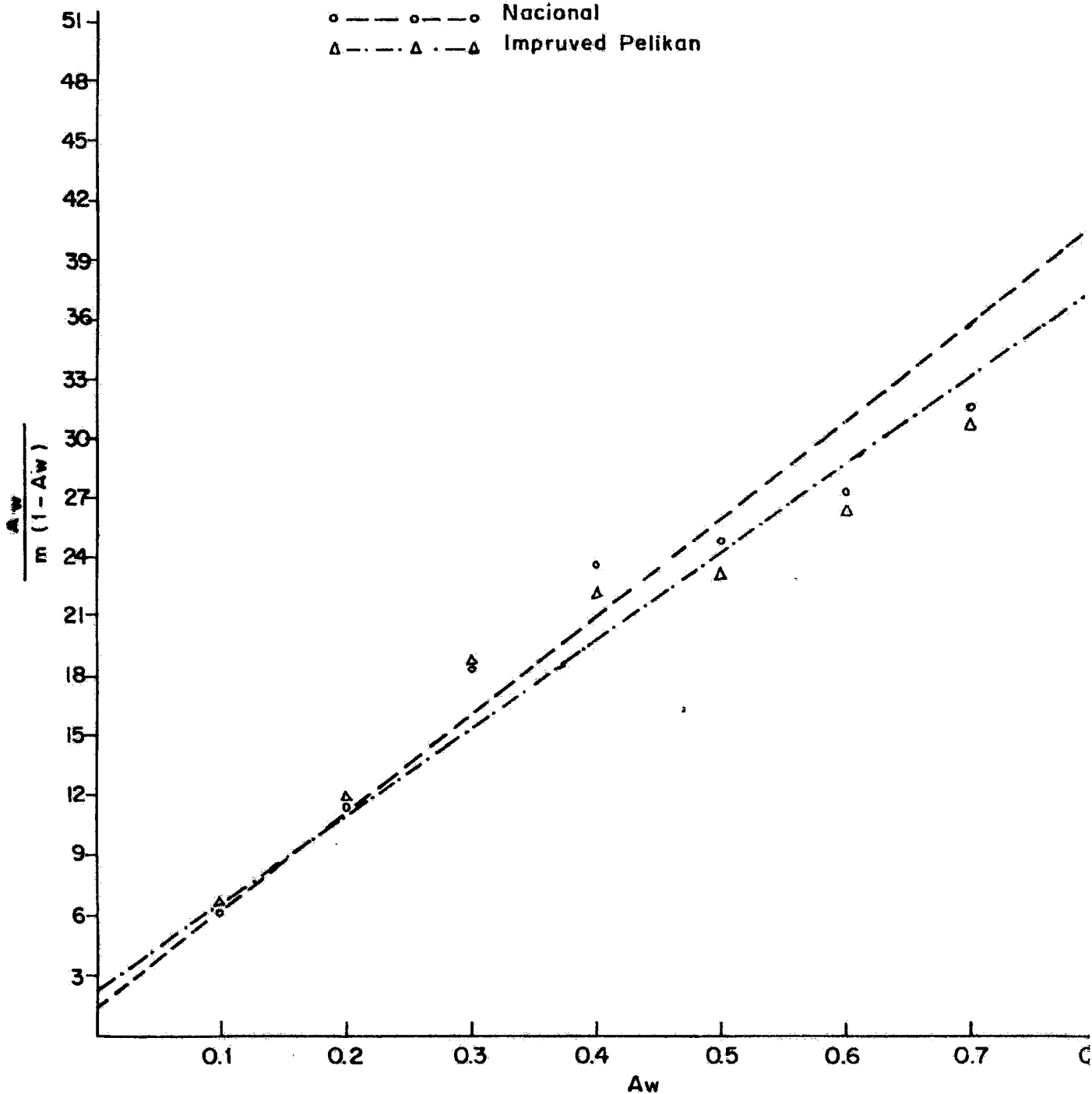


Fig. 19.- GRAFICACION DE LA ECUACION DE B.E.T. PARA BEBIDA DE SOYA EN POLVO

LEYENDA

- — — — ○ Nacional
- △ — · — · △ Improved Pelikan



CUADRO 45. RELACION ENTRE LA COMPOSICION DE LA BEBIDA DE SOYA  
EN POLVO Y SU CAPACIDAD DE ADSORCION  
(%, BASE SECA)

	PROTEI NA (%)	CARBOHI DRATOS (%)	FIBRA NETA (%)	GRASA (%)	CENIZA (%)	VALOR DE LA MONO- CAPA $\frac{\text{gr H}_2\text{O}}{\text{gr SOLIDO}}$
IMPROVED PELIKAN	35.1	31.35	3.20	23.54	6.81	0.019
NACIONAL	41.2	29.33	2.37	21.50	5.60	0.021
LECHE DE VACA EN POLVO DESGRASADA <sup>(1)</sup>	37.0	54.00 <sup>(2)</sup>	-	0.80	8.25	0.025
MEZCLA ATOMIZADA DE SOYA Y QUINUA <sup>(3)</sup>	20.0	66.36	0.88	10.03	2.68	0.050

(1) Martinez (1967)

(2) Lactosa

(3) Vargas (1978).

En el Cuadro 45, además del valor de la monocapa para las dos variedades del grano de soya se reportan la composición promedio de las bebidas de soya, de leche de vaca en polvo y una mezcla de soya y quinua.

El valor de la cobertura monomolecular es menor en la variedad Improved Pelikan (0.019) que en la variedad Nacional (0.021) y ambas son menores a la leche de vaca en polvo (0.025) y de la mezcla de soya y quinua (0.05).

La principal razón de este comportamiento es la mayor cantidad de grasa en la muestra de la variedad Improved Pelikan, esto porque las grasas son hidrofóbicas y por lo tanto no absorben agua (Martinez, 1976). Parece que la influencia de los hidratos de carbono (compuestos hidrofílicos) en la absorción de agua no es muy significativa a pesar de encontrarse en gran cantidad en la bebida de soya, esto se debe a la poca presencia de grupos activos los cuales son responsables de la captación de agua.

Las proteínas también son hidrofílicas y es por esto que el valor de la cobertura monomolecular puede servir como un índice del deterioro de la proteína.

Los valores de humedad en base seca para la bebida de soya de la variedad Improved Pelikan y Nacional son: 0.032 y 0.031 respectivamente, esto demuestra que las muestras estudiadas se encuentran a un valor de actividad de agua ( $A_w$ ) de 0.4. Tener

do en cuenta que la menor oxidación de lípidos se produce a un valor de actividad de agua de 0.32 (Bluestein y Labuza, 1977, citado por Vargas, 1978), se puede inferir que la mejor humedad de almacenaje, para evitar el deterioro de las grasas, será aproximadamente 0.02 gr. de agua/gr de sólido seco, o que será necesario la adición de antioxidantes, para el deterioro de estos componentes.

## V. CONCLUSIONES

- 1.- La completa inactivación del inhibidor de tripsina, la enzima lipoxigenasa y la enzima ureasa se logró con un tratamiento térmico de la bebida de soya base en una olla de chaqueta de vapor a 90°C por 30 minutos.
- 2.- El rendimiento de la bebida de soya en polvo con respecto al grano entero fue similar para las dos variedades (84.3 %). En consecuencia para obtener 0.843 kg. de bebida de soya en polvo se requerirá un kg. de ~~grano de~~ soya.
- 3.- La viscosidad de la bebida de soya está en función a la variedad del frijol de soya, siendo la bebida de soya de la variedad improved Pelikan mucho más viscosa que la bebida de la variedad Nacional, estando las dos a la misma concentración de sólidos totales.
- 4.- La densidad de la bebida de soya base aumenta a medida que disminuye la concentración de la misma.
- 5.- El índice de proteína dispersable (IPD) se ve incrementado con el aumento del pH, sin embargo esto produce un marcado sabor a soda en la bebida de soya. El pH óptimo de la bebida de soya es 7.5, donde el sabor a soda es imperceptible, el IPD es 59% y la textura tizosa de la bebida de soya se ve disminuida notablemente.



- 6.- Las curvas de distribución de tamaño de las partículas de la bebida de soya en polvo se asemejan a una curva de distribución normal.
- 7.- El diámetro promedio aritmético de las partículas aumenta conforme se incrementa la concentración inicial de la bebida de soya y a medida que disminuye la temperatura de secado.
- 8.- El índice de solubilidad de la bebida de soya en polvo disminuye conforme aumenta la concentración inicial de la bebida de soya base y a medida que disminuye la temperatura de secado.
- 9.- Comparado con la leche de vaca en polvo, la bebida de soya en polvo no tiene una buena solubilidad.
- 10.- La densidad aparenta de la bebida de soya en polvo disminuye conforme aumenta la concentración inicial de la bebida de soya base.
- 11.- El color de la bebida de soya base se ve blanqueado con el aumento de la concentración inicial de la bebida de soya base y con el aumento de la temperatura de secado.
- 12.- La temperatura de secado más recomendable es de 200°C para una concentración inicial de la bebida de soya base de 12% de sólidos totales a un pH de 7.5.
- 13.- El flujo óptimo de elaboración de la bebida de soya en polvo es

el siguiente: limpieza, pretratamiento térmico, quebrado, descascarado, molienda, formación de la suspensión, tratamiento térmico, molienda coloidal, homogenización, regulación de pH, homogenización, secado y empaçado.

- 14.- En cuanto al análisis organoléptico, la bebida de soya de la variedad nacional (B<sub>2</sub>) y la mezcla (50%) de la bebida de soya de la variedad nacional con leche de vaca en polvo (D) estadísticamente no son diferentes a la leche de vaca en polvo (E), con una confianza del 95 %.
- 15.- La viscosidad de la bebida de soya es una propiedad muy importante en la aceptación de la bebida por el panel de degustación, la viscosidad recomendable es de 0.075 poises (viscosidad de la leche de vaca con 12% de sólidos totales a 25°C).
- 16.- La bebida de soya en polvo obtenida de las dos variedades de frijol de soya (Improved Pelikan y Nacional) tuvieron una carga microbiana que estuvo por debajo de los requerimientos mínimos para la leche de vaca en polvo.
- 17.- Se obtuvo una bebida de soya en polvo de alto porcentaje de proteína; para el caso de la bebida de soya en polvo de la variedad Nacional: 41.2%(base seca) y para la bebida de soya en polvo de la variedad Improved Pelikan : 35.10% (base seca).

18.- El valor más recomendable de humedad en base seca para el almacenamiento de soya en polvo para evitar el enrancionamiento es de 0.02 gr. de agua/gr. de sólido seco.

## VI. RECOMENDACIONES

- 1.- Investigar las posibilidades de instantaneización de la bebida de soya en polvo, para mejorar su solubilidad en agua.
- 2.- Estudiar el uso de aditivos en la bebida base, para obtener una bebida de soya en polvo de mejor calidad nutritiva y organoléptica.
- 3.- Investigar el deterioro de la bebida de soya en polvo con el tiempo de almacenamiento y determinar el tiempo de vida comercial donde sus características nutritivas y organolépticas no se vean grandemente afectadas.
- 4.- Realizar estudios sobre el aprovechamiento de la bebida de soya en polvo en la elaboración de alimentos proteicos derivados de éste, como: Tofu (queso de soya), yogurt, dulce de soya, etc.
- 5.- Realizar un estudio sobre el aprovechamiento de la torta de soya (Sub-producto industrial de la extracción de aceite de soya) en la obtención de una bebida de soya en polvo.
- 6.- Investigar el efecto de la variación de la velocidad de rotación del atomizador sobre las características del producto final.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AMINLARY 1977. Protein Dispersibility of Spray Dried Whole Soy -  
bean Milk Base: Effect of Processing Variables.  
Journal of Food Science 42.4.
- 2.- A.O.A.C. 1960. Official Methods of Analysis of the Association Offi-  
cial Agricultural Chemists. Ninth Edit. Washington  
D.C.U.S.A.
- 3.- A.O.C.S. 1970. Official y Tentative Methods of the American Oil --  
Chemists' Society - 3 rd.  
Edit. Chicago. USA.
- 4.- BAILEY 1961. Aceites y Grasas Industriales. Editorial REVERTE S.A.  
Barcelona, España
- 5.- BAKER Y MUSTAKAS 1973. Heat Inactivation of Trypsin Inhibitor, Li-  
poxigenase y Urease in Soybean: Effect of Acid and  
Base Additives. Journal of American Oil Chemists' -  
Society Vol 50 N°50.
- 6.- CANDIOTTI, M. 1977. Estudio Técnico para la Elaboración de Harinas  
Precocidas de los Frijoles Caraota (Phaseolus Vulca-  
ris) y Castilla (Vigna Sinensis). Tesis de la Univer-  
sidad Nacional Agraria. La Molina. Lima - Perú.
- 7.- DUTRA DE OLIVEIRA 1967. Nutritional Values of Protein From a Soybean  
Milk Powder. Journal of Food Science 32 (5).
- 8.- FAO 1975. Tecnología de Producción de Harinas Comestibles y Produc-  
tos Proteicos a Partir de Soja. Boletín de Servicios  
Agrícolas N° 11. Oficina Superior de Industrias Ali-  
mentarias y Agrícolas. Roma.

- 9.- FEBRES, CARLOS 1977. Ensayo de Secado Por Rocíada de Jugo de Mamey. Tesis de la Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima - Perú.
- 10.- FERRIER, K. 1979. Preparation of Full-Fat Soy Flour by Conditioning, Heating and Grinding. Journal of Food Science Vol. 44 pag. 1017 - 1021.
- 11.- FORSTER, L. et al 1979. Viscometric Characteristics of Whole Soybean Milk. Journal of Food Science Vol. 44(2) pag. 583 - 585.
- 12.- FUKUSHIMA Y VAN BUREN 1970. Mechanism of Protein Insolubilization. During Drying of Soy Milk Roles of Disulfide and hydrophobedond. Cereal Chemistry 47: 571.
- 13.- HAND, B. 1964. Pilot Plant Studies on Soybean Milk, Food Technology. December pag. 139-142.
- 14.- HARMS, A. 1979. Informe, INTSOY-PERU Economista en Producción, Octubre. Lima - Perú.
- 15.- HELDMAN, D. 1975. Food Process Engineering. AVI Publishing Co, Westport, Connecticut, USA.
- 16.- HENDERSON Y PERRY. 1976. Agricultural Process Engineering AVI Publishing Co. Westport, Connecticut, USA.
- 17.- IRANI, R. y CALLIS, C. 1963. Particle Size: Measurement, Interpretation y Application. Edit. John Wiley and Sons, Missouri. USA.
- 18.- ITINTEC 1974. Normas Técnicas para Harinas. Lima - Perú.
- 19.- ITINTEC 1978. Normas Técnicas para Leche en Polvo. Lima - Perú.
- 20.- KOPSIC, T. - 1976. Obtención de leche, queso y yogurt de soja.

Catedra de Química Industrial de la Universidad Nacional del Sur. Informe Enero/Marzo. Bahía Blanca. Trimestral.

- 21.- KUNTZ, D. 1978. Control of Chalkiness in Soymilk. Journal of Food Science Vol 43, pages 1279-1283.
- 22.- MARTINEZ, F. 1967. Estudio de la Relación Humedad: Actividad de Agua en algunos Alimentos. Anales Científicos. Vol. 5, Julio - Diciembre. Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima - Perú.
- 23.- MASTERS, K. 1972. Spray Drying. An Introduction to Principles, - Operational Practice and Applications. Edit. Leonard Hillk Books U.S.A.
- 24.- Mc MILLAN, E. 1974. Factors Affecting the Solids Yields of Water Extracts of Soy beans Illinois U.S.A.
- 25.- MARIN, M. 1976. Factibilidad Técnica de Elaboración de Productos a Base de Soya en Grano. Proyecto de Investigación Instituto de Investigaciones Agro-Industriales (IIA) Lima - Perú.
- 26.- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION. ANUARIO DE ESTADISTICA AGROPECUARIO (1969-1978). Oficina Sectorial de Estadística e Información de Alimentación.
- 27.- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION. Dirección General de Comercialización (DGC - MAA).
- 28.- MONTALVO, R. 1968. Resultados del Experimento "Evaluación Internacional de Variedades de Soya (ISVEX INTSOY)". En 5 localidades del Perú. Informe Especial Nº 6. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Lima-Perú.

- 29.- MONTALVO, R. 1977. Soya, Evaluación de Variedades. Informe Especial N° 66. Ministerio de Alimentación. Dirección General de Investigación. Noviembre. Lima-Perú.
- 30.- MOSSEL Y QUEVEDO. 1967. Control Microbiológico de los Alimentos. Control de Enseñanza e Investigación Bacteriología Alimentaria Edit. CLEIDA. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú.
- 31.- MUSTAKAS Y. 1976. Soy Beverages in World Feeding Programs. World Soybean Research Edit. by. Lowell D. Hill Danville, Illinois U.S.A.
- 32.- NELSON 1971. Food Products From Whole Soybean. Soybean Digest 31(3) : 32.
- 33.- NELSON 1976. Soybean Beverage Preparation of Soymilk Journal of Food Science 41: 57.
- 34.- NELSON, A. 1977. Soybean Beverage and Process United States Patent 4,041, 187, August 9 U.S.A.
- 35.- ORTHOEFER, F. 1978 Soybean Physiology Agronomy and Utilization. Edit. Academic Press. Inc. U.S.A.
- 36.- PRELL, P. 1976. Preparation of Reports and Manuscripts Which Include Sensory Evaluation Data. Food Technology. Noviembre, pag. 40 - 48.
37. QUISPE, M. 1978. Producción de Helados a Partir de Leche de Soya. Tesis de la Universidad Nacional Agraria - La Molina. Lima - Perú.
- 38.- REED, W. et al. (1974). Microbiological of Pasteurized Whole Soy Bean Beverage Illinois, U.S.A.



- 39.- SCHOCH, I y MAYWALD, E. 1956. Microscopy Examination of Modified Starches Analytical Chemistry Vol 29 (3): 382 - 387 U.S.A.
- 40.- SIDEL, I. 1976. Experimental Design and Analysis of Sensor y Tests. Food Technology. November 32 - 38.
- 41.- SMITH Y CIRCLE 1972. Soybean: Chemistry and Technology. Volumen I Proteins. Edit. A.V.I. Westport Connecticut. USA.
- 42.- SOYA NOTICIAS 1977. Aspectos Nutricionales de los Ingredientes Alimentarios, Proteicos - La Proteina de Soya. Publicado por Asociación Americana de Soya. Octubre 10. Año V México.
- 43.- SOYA NOTICIAS 1978. Proteina de Soya- Su utilización puede incrementarse en un 71% para 1985. Anuario Publicado por: Asociación Americana de Soya. Mexico.
- 44.- STITT, F. 1958. Moisture Equilibrium and The Determination of Water Content of Dehydrated Foods: In: Fundamental Aspects of the Rehydration of Foodstuffs Soc. Chem. Ind., London.
- 45.- TROLL, J. 1974. Uso del Frijol Soya (Glycine max) en la Elaboración de una Bebida Proteica. Tesis de la Universidad Nacional Agraria, Lima - Perú.
- 46.- UNIVERSIDAD DE AGRICULTURE Y TECHNOLOGY OF PANTNAGAR :1975 A - Bried Note on Soy Milk / Beverage Process. Gevind Ballabh Pant, Distt. Nainital.
- 47.- VAN BUREN et al 1964. Indices of Protein Quality in Dried Soy Milk, Journal Agricultural Chemistry 12: 524.

- 48.- VAN ARSDEL, W. 1973. Food Dehydration. Drying Methods and Phenomena. Vol 1 y 2. Edit. A.VI. Westport Connecticut. U.S.A.
- 49.- VARGAS, ROSA. 1978. Elaboración de una Mezcla Alimenticia a Base de Quinoa (Chenopodium quinoa) y Soya (Glycine max) Tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- 50.- VILLAMONTE, R. 1978. Curso sobre Cultivo de Soya para Técnicos - Agropecuarios. Chiclayo, Jaén y Bagua. Organizado por el Ministerio de Agricultura y Alimentación. Octubre 1978.
- 51.- VILLAMONTE, R. 1979. Entrevista personal. Dirección General de Comercialización del Ministerio de Agricultura y Alimentación (DGA-MAA).
- 52.- WEI, A. 1976. Illinois Process for Preparation of Soymilk. Journal of Food Science Vol. 41:57.
- 53.- WEI, A. 1979. Soybean Processing Short Course. Illinois U.S.A.
- 54.- WILKENS et al 1967. Effect of Processing Method on Oxidative off - Flavor of Soybean Milk, Food Technology 21: 160.
- 55.- ZULUETA, M. 1979. Comunicación Personal. Jefe de la División de Tecnología Alimentaria Instituto de Investigaciones Agro-industriales. (IIA). Lima - Perú.

VIII. ANEXO

ANEXO A

**CUADRO I - RESULTADOS DE LA MEDICION DEL TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULA**

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de entrada del aire : 200°C  
 Temperatura de salida del aire : 75°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Velocidad de alimentación : 15 kg./hr.

Rango	Diámetro -d-(micras)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia (%)		Valor de d x n
			En rango	Acumulat	
1- 3	2	2	0.33	0.33	4
3- 5	4	6	1.00	1.33	24
5- 7	6	14	2.33	3.67	84
7- 9	8	24	4.00	7.67	192
9-11	10	34	5.67	13.33	300
11-13	12	40	6.67	20.00	480
13-15	14	44	7.33	27.33	616
15-17	16	46	7.67	35.00	736
17- 9	18	86	14.33	49.33	1548
19-21	20	66	11.00	60.33	1320
21-23	22	60	10.00	70.33	1320
23-25	24	54	9.00	79.33	1296
25-27	26	38	6.33	85.67	988
27-29	28	32	5.33	91.00	896
29-31	30	20	3.33	94.33	600
31-33	32	14	2.33	96.67	448
33-35	34	10	1.67	98.33	340
35-37	36	6	1.00	99.33	216
37-39	38	4	0.67	100.00	152
		600			11600

- Diámetro promedio  $(\bar{d}) \frac{\sum n \times d}{n}$  ----- 19.33 micras

- Desviación Estandar.  $\sqrt{\frac{\sum (d-\bar{d})^2}{\sum n}}$  ----- 1.95

**CUADRO II - RESULTADOS DE LA MEDICION DEL TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE  
TAMAÑO DE PARTICULA**

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de entrada de aire : 200°C  
 Temperatura de salida del aire : 75°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Sólidos totales de la suspensión : 10.0%  
 Velocidad de alimentación : 15 kgr./hr.

Rango	Diámetro -d-(micras)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia (%) En rango	Acumulat.	Valor de dxn
1- 3	2	6	1.00	1.00	12
3- 5	4	20	3.33	4.33	80
5- 7	6	30	5.00	9.33	120
7- 9	8	60	10.00	19.33	480
9-11	10	80	13.33	32.66	800
11-13	12	82	13.67	46.33	984
13-15	14	118	19.67	66.00	1652
15-17	16	72	12.00	78.00	1152
17-19	18	54	9.00	87.00	972
19-21	20	444	7.33	94.33	880
21-23	22	16	2.67	97.00	352
23-25	24	8	1.33	98.33	192
25-27	26	6	1.00	99.33	156
27-29	28	4	0.67	100.00	112
		<u>600</u>			<u>8004</u>

- Diámetro Promedio  $(\bar{d}) \frac{\sum n \times d}{\sum n}$  ----- 13.34 micras  
 - Desviación estandar  $\sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{\sum n}}$  ----- 1.26

**CUADRO III - RESULTADO DE LA MEDICION DEL TAMANO Y DISTRIBUCION DE  
TAMANO DE PARTICULA**

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de entrada del aire : 200°C  
 Temperatura de salida del aire : 75°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Sólidos totales de la suspensión : 7 %  
 Velocidad de Alimentación : 15 kg/hr.

Rango	Diámetro -d- (micras)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia (%) En rango	Acumulat.	Valor de d x n
1- 3	2	7	1.16	1.16	14
3- 5	4	50	8.33	9.49	200
5- 7	6	53	8.83	18.32	318
7- 9	8	105	17.50	35.82	840
9-11	10	140	23.33	59.15	1400
11-13	12	100	16.67	75.82	1200
13-15	14	55	9.17	84.99	770
15-17	16	34	5.66	90.65	544
17-19	18	15	2.50	93.15	270
19-21	20	13	2.10	95.25	260
21-23	22	12	2.00	97.25	264
23-25	24	14	2.33	99.58	336
25-27	26	1	0.16	99.74	26
27-29	28	1	0.18	100.00	28
		<u>600</u>			<u>6470</u>

- Diámetro Promedio ( $\bar{d}$ )  $\frac{\sum n \times d}{\sum n}$  ----- 10.78

- Desviación Estándar  $\sqrt{\frac{\sum (d-\bar{d})^2}{\sum n}}$  ----- 1.96

ANEXO B



**CUADRO I - RESULTADOS DE LA MEDICION DEL TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE  
TAMAÑO DE PARTICULA**

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de entrada del aire : 150°C  
 Temperatura de salida del aire : 60°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Sólidos Totales de la suspensión : 10 %  
 Velocidad de alimentación : 15 kgr/hr.

Rango	Diámetro -d-(micras)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia (%) En rango	Acumulat.	Valor de d x n
1- 3	2	2	0.33	0.33	4
3- 5	4	30	5.00	5.33	120
5- 7	6	52	8.67	14.00	312
7- 9	8	88	14.67	28.67	704
9-11	10	88	14.67	43.33	880
11-13	12	92	15.33	58.66	1104
13-15	14	68	11.33	70.00	952
15-17	16	52	8.67	78.67	832
17-19	18	36	6.00	84.67	648
19-21	20	44	7.33	92.00	880
21-23	22	12	2.00	94.00	264
23-25	24	16	2.67	96.67	384
25-27	26	2	0.33	97.00	52
27-29	28	10	1.67	98.67	280
29-31	30	8	1.33	100.00	240
		<u>600</u>			<u>7,636</u>

- Diámetro Promedio  $(\bar{d})$   $\frac{\sum n \times d}{\sum n}$  ----- 12.73 micras  
 - Desviación Estándar  $\sqrt{\frac{\sum (d-\bar{d})^2}{\sum n}}$  ----- 1.461

CUADRO II. RESULTADOS DE LA MEDICION DEL TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE  
TAMAÑO DE PARTICULA

CONDICIONES DE OPERACION

Temperatura de entrada del aire : 200°C  
 Temperatura de salida del aire : 75°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Sólidos totales de la suspensión : 10 %  
 Velocidad de alimentación : 15 kg/hr.

Rango	Diámetro Micras (d)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia En Rango	Acumulat.	Valor de d x n
1- 3	2	4	0.67	0.67	8
3- 5	4	10	1.67	2.34	40
5- 7	6	38	6.33	8.66	228
7- 9	8	128	21.33	30.00	1024
9-11	10	108	18.00	48.00	1080
11-13	12	90	15.00	73.00	1080
13-15	14	90	15.00	78.00	1260
15-17	16	40	6.67	84.67	640
17-19	18	36	6.00	90.67	648
19-21	20	30	5.00	95.67	600
21-23	22	14	2.38	98.00	308
23-25	24	8	1.33	99.33	192
25-27	26	4	0.66	100.00	104
		600			7,212

- Diámetro Promedio ( $\bar{d}$ )  $\frac{\sum n \times d}{\sum n}$  ----- 12.02 Micras

- Desviación Estándar  $\sqrt{\frac{\sum (d-\bar{d})^2}{\sum n}}$  ----- 1.39

**CUADRO III. RESULTADOS DE LA MEDICION DEL TAMANO Y DISTRIBUCION DE  
TAMANO DE PARTICULA**

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de entrada del aire : 250°C  
 Temperatura de salida del aire : 90°C  
 Temperatura de alimentación : 20°C  
 Sólidos totales de la asuspensión : 10 %  
 Velocidad de alimentación : 15 kg/hr.

Rango	Diámetro -d-(micras)	Nº de Partículas - n -	Frecuencia (%) En Rango	Acumulat.	Valor de d x n
1- 3	2	18	3.00	3.00	36
3- 5	4	66	11.00	14.00	264
5- 7	6	106	17.67	31.67	636
7- 9	8	154	25.67	57.33	1232
9-11	10	122	20.33	77.67	1220
11-13	12	76	12.77	90.34	912
13-15	14	26	4.33	94.67	364
15-17	16	16	2.66	97.33	256
17-19	18	6	1.00	98.33	108
19-21	20	8	1.33	99.66	160
21-23	22	2	0.33	100.00	44
		<u>600</u>			<u>5,232</u>

- Diámetro Promedio ( $\bar{d}$ )  $\frac{\sum n \times d}{\sum n}$  -----8.72 micras  
 - Desviación Estandar  $\sqrt{\frac{\sum (d-\bar{d})^2}{\sum n}}$  -----0.96

A N E X O C

CUADRO

RESULTADOS DEL ANALISIS ORGANOLEPTICOS REALIZADO POR EL  
PANEL DE JUECES

	P R U E B A S											
	1			2			3			4		
	A <sub>1</sub>	C	E	A <sub>2</sub>	C	E	B <sub>1</sub>	D	E	B <sub>2</sub>	D	E
1												
1	1	3	8	4	7	8	7	6	8	7	7	8
2	2	5	4	5	5	5	5	5	5	2	2	5
3	4	4	5	4	5	5	3	3	5	3	4	4
4	3	4	4	2	4	5	3	3		4	3	4
5	1	1	5	2	4	5	2	3	5	3	4	5
2												
1	7	7	8	2	6	6	7	7	7	6	8	8
2	2	2	5	2	4	5	2	5	2	2	5	5
3	2	4	3	4	5	4	2	3	4	2	5	5
4	3	3	5	3	5	4	3	3	4	3	4	5
5	5	5	5	1	4	4	3	3	5	2	5	5
3												
1	6	6	8	4	7	8	2	4	7	2	5	8
2	2	2	5	1	2	5	1	2	2	2	5	5
3	4	4	4	4	5	5	3	5	6	2	4	5
4	4	4	3	3	3	4	2	3	5	4	4	4
5	3	4	5	3	4	5	2	4	5	4	4	5
4												
1	6	5	8	7	5	1	6	5	1	7	6	7
2	2	1	5	5	5	5	1	2	5	2	2	5
3	2	5	5	3	3	3	5	4	3	3	4	4
4	3	3	4	3	4	5	2	4	4	3	3	5
5	4	4	5	4	5	5	2	5	5	2	3	4
5												
1	4	7	8	7	6	8	6	7	8	4	6	8
2	5	5	5	2	5	5	2	5	5	5	5	5
3	5	5	5	4	4	5	4	4	5	3	4	5
4	3	4	5	3	3	4	4	3	4	3	4	5
5	3	4	5	2	2	5	2	3	5	2	4	5
6												
1	7	7	6	4	6	8	7	7	8	3	3	8
2	2	1	5	2	5	5		2	5	1	1	5
3	4	4	3	4	4	2	4	4	2	4	4	3
4	2	4	4	3	3	4	2	2	4	4	3	4
5	3	3	5	3	4	5	3	3	5	3	3	5

Continúa ...

Continuación ...

	P R U E B A S											
	1			2			3			4		
	A <sub>1</sub>	C	E	A <sub>2</sub>	C	E	B <sub>1</sub>	D	E	B <sub>2</sub>	D	E
7												
1 Aceptabilidad	7	7	4	3	2	3	3	3	6	3	2	5
2 Grado de D.	2	2	5	1	4	2	2	2	5	2	4	1
3 Consistencia	4	4	3	4	3	4	4	4	5	4	3	5
4 Apariencia	3	4	4	4	4	5	2	4	4	3	3	4
5 Sabor Extraño	1	3	4	2	2	3	2	5	5	3	3	5
8												
1 Aceptabilidad	5	7	6	7	8	8	7	7	8	8	8	8
2 Grado de D.	5	4	4	5	5	4	2	5	4	5	5	4
3 Consistencia	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5
4 Apariencia	1	3	5	3	5	5	4	4	5	3	5	5
5 Sabor Extraño	2	2	4	3	5	5	4	4	5	3	5	5
9												
1 Aceptabilidad	5	6	8	4	7	8	4	6	5	3	3	3
2 Grado de D.	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5
3 Consistencia	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	5	5
4 Apariencia	3	3	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
5 Sabor Extraño	3	4	5	3	4	5	3	4	5	2	4	5
10												
1 Aceptabilidad	7	7	8	1	1	7	3	6	8	7	7	8
2 Grado de D.	5	5	4	1	2	5	2	2	4	2	5	4
3 Consistencia	4	4	5	4	4	4	3	3	5	4	4	5
4 Apariencia	3	4	5	4	5	5	3	4	4	4	5	5
5 Sabor Extraño	5	5	5	1	1	5	3	3	5	4	5	5
11												
1 Aceptabilidad	2	4	8	3	5	8	3	4	8	2	7	8
2 Grado de D.	2	2	5	1	2	5	1	2	5	5	5	5
3 Consistencia	2	3	5	3	4	5	2	3	5	4	5	5
4 Apariencia			3	2	4	5	3	3	4	1	4	5
5 Sabor Extraño	1	3	5	3	4	5	3	3	5	1	3	5
12												
1 Aceptabilidad	1	1	8	2	3	8	1	2	8	2	2	7
2 Grado de D.	1	1	5	2	5	5	1	2	5	1	2	2
3 Consistencia	5	5	5	5	5	5	3	3	5	3	4	5
4 Apariencia	1	2	5	2	4	5	3	4	5	2	2	5
5 Sabor Extraño	1	1	5	2	3	5	1	2	5	1	1	4

Continúa ...

CONTINUACION ...

	P R U E B A S											
	1			2			3			4		
	A <sub>1</sub>	C	E	A <sub>2</sub>	C	E	B <sub>1</sub>	D	E	B <sub>2</sub>	D	E
13												
1 Aceptabilidad	3	6	8	4	7	8	7	7	8	5	7	8
2 Grado de D.	2	4	5	1	2	2	2	2	5	2	2	2
3 Consistencia	3	3	4	4	3	5	3	4	4	2	3	3
4 Apariencia	1	3	5	3	4	5	4	3	4	4	5	5
5 Sabor Extraño	1	4	5	4	3	5	3	4	5	3	4	5
14												
1 Aceptabilidad	5	8	9	2	2	8	3	8	8	5	9	2
2 Grado de D.	2	2	5	2	5	5	2	5	5	5	4	5
3 Consistencia	4	4	5	4	5	3	3	4	4	4	5	5
4 Apariencia	1	3	5	1	4	5	3	3	5	1	3	4
5 Sabor Extraño	1	2	5	1	1	5	2	3	4	1	2	5
15												
1 Aceptabilidad	3	7	8	3	7	8	6	7	8	7	8	8
2 Grado de D.	1	5	4	1	5	3	2	5	5	1	2	4
3 Consistencia	3	4	4	3	4	4	2	5	5	3	4	4
4 Apariencia	1	3	4	1	3	4	1	5	5	1	4	4
5 Sabor Extraño	3	5	5	3	4	3	2	5	5	1	4	4