

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. Hemaglutininas -----	47
4.2. Goiterógenos -----	50
4.3. Compuestos Asociados a los Metales -----	50
4.4. Factores Antivitamínicos -----	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 -----	77
6.5. Métodos de Elaboración de la Bebida de Frijol Soya -----	78

	<u>Pag.</u>
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 Lipoxige- nasa -----	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 Piloto -----	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 (Isoterma 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 Viabes -----	113
5.2. Determinación de Coliformes Viabes -----	113
5.3. Determinación de Hongos y Levaduras -----	113

	Pag.
6. ANALISIS ORGANOLEPTICO -----	113
7. METODOLOGIA EXPERIMENTAL -----	119
7.1. Características de la Materia Prima -----	119
7.2. Ensayos Preliminares -----	120
7.3. Experimentos Definitivos -----	122
7.3.1. Preparación de la Bebida Base de Soya ----	122
7.3.2. Secado de la Bebida Base de Soya -----	128
7.3.2.1. Condiciones de trabajo en el Se-	
cado -----	128
7.3.2.2. Evaluación del Secado en Función	
de la Calidad de la Bebida Base	
de Soya -----	129

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1. CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA -----	131
2. TRABAJO EXPERIMENTAL -----	136
2.1. Resultados de los Ensayos Preliminares -----	136
2.2. Determinación del Flujo Optimo de Procesamiento --	136
2.3. Balance de Materias y Rendimiento -----	141
3. EVALUACION DEL SECADO EN FUNCION DE LA CALIDAD DE LA BE	
BIDA BASE DE SOYA -----	144
3.1. Influencia del pH de la Bebida de Soya Base	147
3.2. Influencia de Concentración Inicial de Sólidos de	
la Bebida de Soya Base -----	150
3.3. Influencia de la Temperatura de Secado -----	157

	<u>Pag.</u>
4. EVALUACION SENSORIAL -----	164
5. EXAMEN MICROBIOLOGICO -----	171
6. CARACTERIZACION 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 VARIETADES 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 VARIETADES DE SOYA RECOMENDABLES PARA EL PERU	11
6	PARTES DEL GRANO DE SOYA Y COMPOSICION APROXIMADA DEL FRIJOL SOYA	13
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	29
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	43

<u>CUADRO Nº</u>	<u>T I T U L O</u>	<u>PAG.</u>
31	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA DE SOYA (VAR: NACIONAL)	140
32	TAMAÑO PROMEDIO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO CON RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE	147
33	TAMAÑO 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 RESPECTO A LA CONCENTRACION INICIAL DE LA BEBIDA DE SOYA BASE	154
35	VARIACION DE LA DENSIDAD APARENTE CON RESPECTO 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 TAMAÑO 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 EXAMENES ORGANOLEPTICOS, PARA LAS CARACTERISTICAS DE ACEPTABILIDAD Y CONSISTENCIA	165
41	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DUNCAN PARA DIFERENTES 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°TITULOPAG.

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)	178

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N°</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pag.</u>
1	EFFECTO 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, LECITINA 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	EFFECTOS 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 N°</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 TAMAÑO DE PARTICULA DE LA BEBIDA DE SOYA EN POLVO -----	151
16	DISTRIBUCION DE TAMAÑO 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