



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA DE LA ELABORACIÓN DE UN
PRODUCTO ALIMENTICIO ENRIQUECIDO
CON HARINA DE SOYA**

Autores:

**Br. Luz Mora
C.I: V-14.492.706**

**Br. Corina Onofaro
C.I: V-15.601.224**

Valencia, abril de 2008

RESUMEN

La necesidad de alimentos ricos en nutrientes se incrementa cada día, ya sea porque las enfermedades ligadas a la mala nutrición son las principales causas de muerte, o por la gran influencia que tienen sobre el crecimiento y desarrollo en todas las etapas de vida de cualquier ser, las proteínas (moléculas de aminoácidos) forman parte de estos nutrientes; en particular la soya es un leguminosa que contiene alrededor del 40%, y a favor de su consumo se presentan razones como: inhibe el crecimiento de ateromas, principales obstruccionistas de las vías coronarias, el contenido de isoflavonas, que actúan como estrógenos débiles, disminuye los síntomas pos menopáusicos, reducen el crecimiento anormal de células que produce el cáncer, complementa los aminoácidos esenciales en muchos alimentos donde éstos no están presentes, entre otros muchos otros beneficios.

El trabajo de grado tuvo como propósito la formulación de un producto alimenticio contentivo de harina de soya y harina precocida de maíz, de tal manera que su consumo pueda ser masivo, complemente los aminoácidos esenciales presentes en la harina de maíz precocida, y el sabor característico de dicha harina no se vea afectado de manera notoria.

Se estableció un patrón, a través del tratamiento de granos de soya, de precedencia brasilera, hasta llegar al estado físico de la muestra, la harina texturizada, al evaluar las características fisicoquímicas de ambas se constató que existen diferencias entre patrón y muestra, por ejemplo, los contenidos de proteínas son diferentes, siendo mayor en el patrón.

La investigación realizada en este trabajo es de tipo cuantitativa con un enfoque descriptivo, lo que se traduce en el establecimiento de una metodología para cada objetivo en específico, en el caso particular de las caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas, estas tienen metodologías establecidas por las Normas Venezolanas COVENIN; así como también fue necesario proponer nuevas rutas para llegar a los resultados logrados, el análisis sensorial permitió establecer la formulación del producto alimenticio que es una mezcla, en proporciones de 90/10, 90% de harina precocida de maíz y 10% de harina de soya, a un costo equivalente a la harina precocida de maíz.

Entre otros resultados, en la determinación de aminoácidos mostró el alto contenido de lisina de la soya, aminoácido esencial carente en la harina precocida de maíz, con esto se demuestra que la formulación del producto tiene como fin, además de incrementar la cantidad de proteínas, complementar a los aminoácidos presentes en la harina de maíz precocida.

Palabras Claves: Proteína, harina de Soya, Punto isoelectrico, enriquecimiento, Formulación, análisis fisicoquímico.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.- Planteamiento del problema	3
1.2.- Formulación del problema	9
1.2.1.- Situación actual	10
1.2.2.- Situación deseada	11
1.3.- Justificación	11
1.4.- Limitaciones y alcance	12
1.5.- Objetivos	13
1.5.1.- Objetivo general	13
1.5.2.- Objetivos específicos	13
 CAPITULO II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
2.1.- Antecedentes	15
2.2- Proteínas generalidades	17
2.2.1.- Tipos de aminoácidos	18
2.2.1.1 Aminoácidos estándar de las proteínas	18
2.2.1.2 Aminoácidos esenciales	20

	Pág
2.2.1.3 Aminoácidos raros e inusuales	23
2.2.2 Punto isoelectrico y electroforesis	23
2.3.- Estructura y composición de la soya	24
2.4.- Proteínas de la soya	26
2.5.- Productos proteínicos obtenidos por procesamiento	31
2.6.- Formas comerciales de la soya	32
2.6.1.- Harinas	32
2.6.2.- Concentrados	37
2.6.3.- Aislados	40
2.6.3.1 Utilización de los aislados proteicos	42
2.7.- Propiedades funcionales	45
2.8 Factores antifisiológicos de la soya	50
2.8.1 Inhibidores de proteasas	51
2.8.2 Hemaglutinas	53
2.8.3 Otros factores antifisiológicos	54
2.9 Los productos de la soya y la dieta humana	55
2.9.1 Papel de la proteína de soya en la dieta y las enfermedades	55
2.9.2 Dietas nutricionalmente balanceada	57
2.9.3 Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana	61

	Pág.
2.9.4 Hojas de balance de alimentos 2002-2004 (INN)	63
 CAPÍTULO III. PROCESAMIENTO DE HARINAS	
3.1.- Características agrícolas	64
3.2.-Procesamiento del grano	66
3.2.1 Extracción del aceite	66
3.2.1.1 Extracción por prensado del grano	66
3.2.1.1.1 Principio de operación	66
3.2.1.1.2 Ventajas y desventajas del proceso	67
3.2.1.1.3 Equipo	68
3.2.1.2 Extracción por solventes	69
3.2.1.2.1 Principio de operación	66
3.2.1.2.2 Etapas	71
A.- Recepción y almacenamiento de la soya	71
B.- Preparación para la extracción	71
C.- Extracción con solvente	76
3.3 Procesamiento de concentrados	90
3.3.1.-Proceso de lavado con alcohol	92
3.3.2.-Lavado con ácido	94
3.3. 3.-Proceso desnaturalización por calor/ lavado con agua	95

	Pág.
3.4 Procesamiento de aislados	95
3.4.1 Proceso convencional	97
3.4.1.1 Desventajas presentes en el proceso convencional	104
3.4.2 Procesos alternativos	105
 CAPÍTULO IV. MARCO METODOLOGICO	
4.1 Análisis de la dieta proteica	107
4.2 Materia prima.	108
4.2.1 Origen de la materia prima	108
4.2.2 Tratamiento inicial de la materia prima	108
4.3 Análisis proximal	109
4.3.1 Determinación de humedad y materia seca	111
4.3.2 Determinación del contenido de cenizas	112
4.3.3 Determinación de grasa cruda	112
4.3.4 Determinación de fibra cruda	114
4.4. Determinación de proteínas	114
4.5. Determinación de aminoácidos por HPLC	116

	Pág.
4.5.1 Preparación de las muestras (sólidas) para el posterior análisis	117
4.5.1.1. Hidrólisis ácida	118
4.5.1.2 Resecado	118
4.5.1.2.1. Preparación de la solución de ressecado	118
4.5.1.2.2- Etapa de ressecado	118
4.5.1.3.- Derivatación	119
4.5.1.3.1 Preparación de la solución de derivatación	119
4.5.1.3.2. Etapa de derivatación	119
4.5.2 Preparación del equipo HPLC para la calibración y posterior análisis de las muestras	120
4.6. Precipitación de proteínas	122
4.7. Formulación del producto alimenticio	123
4.8. Análisis sensorial	124
4.9. Relación costo - beneficio del producto alimenticio	124
 CAPÍTULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
5.1 Análisis de la dieta proteica del venezolano por medio del consumo de proteínas de origen animal y vegetal	126
5.2 Extraer los componentes del frijol de soya, a fin de caracterizar cada uno de estos sobre la base fisicoquímica, microbiológica y así preparar la torta para la posterior precipitación de proteínas en la harina desgrasada.	132

	Pág
5.3 Identificar las proteínas hidrosolubles, presentes en la torta de extracción y en la harina desgrasada, a fin de determinar la cantidad de proteína hidrosoluble extraída.	142
5.4 Formular un producto alimenticio a base de proteínas hidrosolubles extraídas, con la finalidad de establecer la mejor relación harina de soya – harina de maíz precocida que permita incrementar de manera significativa la carga proteica de la misma.	146
5.5 Caracterizar el producto alimenticio enriquecido con harina de soya sobre la base fisicoquímica, microbiológica y sensorial, a fin de establecer su calidad como alimento.	149
5.6 Determinar la relación Costo-Beneficio del producto alimenticio enriquecido con harina de soya, a fin de justificar su obtención.	151
 CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1 Conclusiones	154
6.2 Recomendaciones	156
 BIBLIOGRAFÍA	157
 APENDICES	163
A. Datos experimentales	164
B. Cálculos típicos	176
C. Metodología	188
	viii

	Pág
ANEXOS	208
A. Tablas y figuras	208
B. Tablas INN	234
C. Tablas FAO	237

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. Hoja de Balance de Alimentos. Año 2004	4
TABLA 1.2. Valores referenciales en actividad moderada por edad en la población masculina	5
TABLA 1.3. Valores referenciales en actividad moderada por edad en la población femenina	6
TABLA 1.4. Composición nutricional de la soya integral, leche, carne y huevos en su presentación natural	11
TABLA 2.1. Ejemplos de funciones de las proteínas	18
TABLA 2.2. Aminoácidos estándar	19
TABLA 2.3. Funciones de los aminoácidos esenciales	20
TABLA 2.4. Patrón de aminoácidos dados por la FAO/ WHO para niños de 2 a 5 años de edad	21
TABLA 2.5. Estructura y composición del fríjol de soya	25
TABLA 2.6. Inhibidores de tripsina presentes en la soya	26
TABLA 2.7. Aminoácidos en proteínas comerciales	28
TABLA 2.8. Características de las proteínas de la soya	29
TABLA 2.9. Composición de las diferentes formas de soya	32
TABLA 2.10. Valor nutritivo e ISN de la soya a diferentes tratamientos térmicos	35
TABLA 2.11. Composición aproximada de los ácidos grasos del aceite de soya y de la mantequilla	36
TABLA 2.12. Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en algunos sistemas de alimentos	46

TABLA 5.11. Prueba de rango, Juicio de 10 Catadores para cinco muestras sin repetición, evaluación de cuatro atributos	147
TABLA 5.12. Análisis fisicoquímico del producto formulado	149
TABLA 5.13. Perfiles de aminoácidos de la Harina de soya y de maíz	150
TABLA 5.14. Análisis microbiológico del producto formulado	151
TABLA 5.15. Costos de Materia prima necesaria para la formulación del producto*.	152
TABLA 5.16. Costos de equipo e insumos necesarios para la obtención de harina de soya*.	152
TABLA 5.17. Costos de servicios y / o personal para la obtención de harina precocida*.	153
GRAFICO 5.1 Origen de la proteína aportadas por las disponibilidades alimentarias para el trienio 2002-2004	127
GRÁFICO 5.2. Porcentajes de hogares pobres según necesidades básicas insatisfechas 1998-2005	131
GRÁFICO 5.3 Porcentaje de hogares pobres según la línea de ingreso 1er SEM. 1998-1er SEM 2006	132
GRAFICO 5.4. Perfil de aminoácidos de realizado a la muestra patrón	139

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1. Producción de la harina de soya desgrasada a partir del fríjol de soya	8
FIGURA 2.1. Estructura de una proteína general y de los aminoácidos que la	17

forman. Los aminoácidos están unidos mediante enlaces amida denominados enlaces peptídicos	
FIGURA 2.2. Formas de los aminoácidos de acuerdo a la carga eléctrica	23
FIGURA 2.3. Efectos de los tratamientos térmicos en el valor nutritivo de la soya	33
FIGURA 2.4. Relación entre el índice de solubilidad de nitrógeno y el de dispersabilidad de proteína	34
FIGURA 2.5. Extracción de la proteína de soya a diferentes valores de pH	38
FIGURA 2.6. Procesos de obtención de los concentrados	39
FIGURA 2.7. Diagrama de obtención de aislados proteínicos de la soya	41
FIGURA 2.8. Obtención de proteínas fibriladas de la soya	42
FIGURA 2.9. Efecto del tratamiento con vapor en la actividad del inhibidor de tripsina (IT) y en la REP de la soya	53
FIGURA 3.1. Prensa Tornillo. DP-95A Digital oil press (expeller)	66
FIGURA 3.2. Diagrama de flujo del proceso de extracción por solventes	70
FIGURA 3.3. Diagrama de flujo del proceso de preparación previo la extracción por solventes	72
	Pág.
FIGURA 3.4. Sistema de limpieza de granos, multiaspirador y ciclones	74
FIGURA 3.5. Efecto del espesor de la hojuela sobre la eficiencia de la extracción	77
FIGURA 3.6. Principio de la extracción contracorriente aplicada en el carrusel	78

extractor

FIGURA 3.7. Desolventizador / tostador de SMET (DT)	87
FIGURA 3.8. Secador / Enfriador (DC)	88
FIGURA 3.9. Principio de funcionamiento de la combinación de las unidades	89

DTDC y desolventizadora

FIGURA 3.10. Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de solubilidad	90
FIGURA 3.11. Diagrama de flujo de un proceso de desolventización flash	91
FIGURA 3.12. Diagrama del proceso de lavado con ácido	94
FIGURA 3.13. Diagrama de flujo para la producción de aislado proteico de soya	98
FIGURA 3.14. Diagrama de flujo de un proceso de desolventización por llama	100
FIGURA 3.15. Diagrama del proceso de lavado con acido	101
FIGURA 3.16. Diagrama de proceso para la separación sólido / liquido a escala	103

industrial

FIGURA 4.1. Estufa Marca PRECISION	111
FIGURA 4.2. Balanza analítica marca Adventurer de precisión $\pm 0,0001$	111
FIGURA 4.3. Mufla marca Thermolyne modelo 1400	112
FIGURA 4.4. Equipo soxlet marca LAB-LINE. MultiUnit Extraction Heater	113

Pág

FIGURA 4.5. Unidad de digestión K-435 BUCHI	115
FIGURA 4.6. Equipo de destilación Rapidstill II Marca LABCONCO	115
FIGURA 4.7. Equipo de HPLC marca WATERS	116
FIGURA 4.8. Esquema de determinación de aminoácidos totales vía HPLC	117

FIGURA 4.9. Equipo de mezclado marca VORTEX	119
FIGURA 4.10. Centrífuga marca DAMON modelo IEC HN-SII	123
FIGURA 4.11. Tosty marca Oster.	123
FIGURA 5.1. Formación del enlace peptídicos	145
FIGURA 5.2. Estructura de resonancia de un aminoácido. Formas iónicas y neutras	146

INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación se realiza con el objetivo principal de determinar la factibilidad técnico-económica de la elaboración de un producto alimenticio enriquecido con proteínas extraídas del frijol de soya. Dentro de la investigación se plantean objetivos específicos tales como: analizar la dieta proteica del venezolano, caracterizar el frijol de soya y harina desgrasada de soya procedente de Brasil a fin de conocer sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas; extraer de los componentes del frijol de soya, identificar las proteínas hidrosolubles, formular un producto alimenticio a base de proteínas hidrosolubles extraídas y por último determinar la relación Costo-Beneficio del producto alimenticio enriquecido con proteína de soya, a fin de justificar su obtención.

La investigación realizada en este trabajo es de tipo cuantitativa con un enfoque descriptivo, el área de aplicación de la investigación está enmarcada dentro de los procesos de elaboración alimentos, así como en la formulación y mejoramiento continuo de los mismos.

El enriquecimiento del producto alimenticio, se realiza primeramente mediante la extracción de proteínas a una harina texturizada proveniente de una empresa productora de aceite vegetal que la obtiene como subproducto. Para la extracción de las proteínas se procede a emplear el método de lavado con ácido y álcali. El análisis proximal se realiza bajo las normas COVENIN y se realiza la formulación en conjunto con el análisis sensorial para la obtención del mejor producto (el más aceptado). Por último, a la alternativa seleccionada se le estiman los costos de su obtención y, los mismos se comparan con los costos actuales para efectos de determinar los posibles beneficios económicos y / o sociales.

El análisis proximal, formulación, determinación y extracción de proteínas se realizó en el laboratorio de alimentos de la universidad de Carabobo. Los análisis microbiológicos se realizaron en el UMA (Unidad de microbiología ambiental) en la Universidad de Carabobo y el perfil de aminoácidos en empresas polar (los Cortijos-Caracas).

Este trabajo está estructurado en seis capítulos; el primero contiene el planteamiento del problema, que tiene su base en, enfocar la situación actual y la deseada, también se mencionan los objetivos tanto el general como los específicos, estableciendo a través de estos los pasos a seguir para el desarrollo de la investigación. El segundo comprende todo lo referente al marco teórico, en el cual se encuentran los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, que explican cada uno de los puntos referentes a los conocimientos básicos proteínas. El tercer capítulo trata del procesamiento de las harinas a nivel industrial. En el cuarto capítulo se plantea la metodología utilizada para el cumplimiento de todos los objetivos. El quinto capítulo trata de la discusión de los resultados a los que se llegaron con el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos. En un primer momento, se especifican las variables que influyen en el cumplimiento o no con los estándares establecidos; luego, se especifican los parámetros técnicos a tomar en cuenta; posteriormente, se generan las alternativas que permitan solucionar el problema planteado; y por último, se proponen las recomendaciones que puedan ayudar a mejorar los mecanismos empleados.

Al final de esta investigación, se plantean las conclusiones y recomendaciones a las que se han llegado en este trabajo, la bibliografía en la que se mencionan todas las fuentes consultadas para la realización de este trabajo de grado y, una serie de apéndices que contienen información que sirven de soporte para aspectos señalados en los diversos capítulos.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La sección está compuesta por una serie de pasos que ayudan a la presentación, entendimiento y conducción de la posible solución del problema, la misma incluye descripción y formulación del problema, se definen la situación actual y deseada, se plantea el objetivo general y los específicos, finalmente se presentan las razones que justifican la investigación, así como las limitaciones y el alcance de la misma.

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las proteínas son moléculas complejas (alto peso molecular) formadas por unión de aminoácidos que a su vez forman cadenas y se clasifican en proteínas sencillas, conjugadas y derivadas; las proteínas sencillas que por hidrólisis dan únicamente α -aminoácidos o sus derivados, se subdividen en albúminas que son solubles en agua y coagulables por el calor, ejemplo de ellas la ovoalbúmina en la clara de huevo; están también: las globulinas, glutelinas, prolaminas, prostaminas, histonas y albuminoides o escleroproteínas. (Wade, 2003)

Las proteínas presentes en la soya son “completas” o “ideales”, lo cual significa que la calidad y concentración de los aminoácidos esenciales corresponden con los requerimientos para la adecuada nutrición, estos son diez: lisina, leucina, fenilalanina, valina, metionina, treonina, isoleucina, histidina, arginina y triptófano. El perfil de aminoácidos es prácticamente equivalente en calidad a la carne, leche y huevo. (ASA, 1995)

El frijol soya es el único ingrediente vegetal que contiene una combinación de aminoácidos tan completa y balanceada, que garantiza un aporte nutricional óptimo, siempre y cuando el grano se procese de forma adecuada. (ASA, 1995)

La dieta del venezolano (Estratos IV-V Graffar, 70% de la población) sitúa la disponibilidad (posible consumo) de harina de maíz precocida en primer lugar en el consumo de alimentos, esto se refleja a través de las disponibilidades alimentarias (tabla 1.1), (INN, 2005)

Tabla 1.1. Hoja de Balance de Alimentos. Año 2004 (Toneladas métricas)

Renglón	Disponibilidad/persona		
	kg/año	Gramos por día	
		Brutos	Netos
Maíz grano / M.G. neto	3,7	10,2	8,6
<u>Maíz grano /</u>	<u>36,7</u>	<u>100,5</u>	<u>100,5</u>
<u>Harina precocida</u>	16,2	44,3	43,3
Arroz cáscara /Arroz pulido	3,3	9,0	9,0
Trigo/ Harina	17,6	48,8	48,2
Harina de trigo en pastelería	2,9	7,9	7,9
Caraota	1,2	3,3	3,3
Frijol	11,9	32,6	23,8
Carne en canal /	2,8	7,6	6,0
Carne de bovino	27,7	76,0	49,4
C. en canal /	0,4	1,1	0,7
Carne de porcino	5,2	14,3	12,6
Aves (No.) / Carne de pollo	3,1	8,6	7,6
Aves (No.) / Carne de gallina	2,9	7,9	5,6
Huevos	8,9	24,3	24,3
Atún	2,5	6,9	6,9
Sardina	2,1	5,9	5,6
L. cruda / leche pasteurizada	8,9	24,3	24,3
L. cruda / Polvo completa	2,5	6,9	6,9
L. cruda / queso Finca	2,9	8,0	7,4

Resultados de las hojas de balance de alimentos y sus aplicaciones 2002-2004.

Dirección Técnica. División de nutrición en salud publica, INN (2005).

Los datos suministrados en la tabla 1.1 son una medida indirecta del consumo de alimentos, siendo mayor en el renglón de la harina precocida de maíz, además se observa que el consumo de carne bovino y lácteos es aproximadamente la cuarta parte del consumo de harinas, esto es una medida indirecta del alto consumo de carbohidratos y del bajo consumo de proteínas en la población venezolana.

Las exigencias proteicas de la población venezolana se refleja a través de su estimación en actividades físicas moderadas, la tabla 1.2 y 1.3 muestran valores de referencia en actividad moderada por edad en la población masculina y femenina respectivamente. (INN, 2000)

**Tabla 1.2 Valores referenciales en actividad moderada
por edad en la población masculina**

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
0-6 meses	5,71	20	3,47
6-12 meses	8,25	25	3,02
2	11,91	32	2,72
4	15,84	41	2,61
6	19,77	50	2,50
Adolescentes			
8	24,61	55	2,26
10	30,48	62	2,04
12	37,35	80	2,14
14	47,19	94	2,00
16	57,33	98	1,71
18	61,15	86	1,47
Adultos			
20-24	62,42	80	1,28
25-29	67,14	84	1,24

**Tabla 1.2 Valores referenciales en actividad moderada
por edad en la población masculina (Continuación)**

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
30-34	68,39	82	1,20
35-39	70,55	83	1,18
40-49	74,08	85	1,17
50-59	74,08	85	1,17
Adulto mayor			
60-69	68,34	82	1,10
70 y más	63,12	76	1,10

Fuente: INN 2000

**Tabla 1.3 Valores referenciales en actividad moderada
por edad en la población femenina**

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
0-6 meses	5,34	19	3,48
6-12 meses	7,69	23	3,00
2	11,24	31	2,72
4	15,27	41	2,67
6	19,11	47	2,45
Adolescentes			
8	24,17	53	2,17
10	30,88	66	2,14
12	34,91	72	1,83
14	48,52	72	1,49
16	52,88	69	1,31
18	53,75	66	1,18
Adultos			

**Tabla 1.3 Valores referenciales en actividad moderada
por edad en la población femenina (Continuación).**

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
20-24	53,10	58	1,06
25-29	56,49	60	1,03
30-34	58,20	60	1,00
35-39	61,03	61	0,98
40-49	63,28	62	0,98
50-59	63,28	62	0,98
Adulto mayor			
60-69	62,33	75	1,00
70 y más	59,42	71	1,00
Embarazadas		+12	
Madres que lactan			
1er semestre		+15	1,43
2do semestre		+12	1,46

Fuente: INN, 2000

La vía principal de consumo de harina de maíz precocida es la arepa, herencia de nuestros antepasados vigente hoy en día, debido a esta tradición, no se busca sustituirla, sino que al consumirla se estén asimilando alimentos con mayor valor nutricional o biológico, sin modificar de manera significativa el hábito de consumo de este producto. (INN, 2005)

Existen dos fuentes de proteínas, una de origen animal y otra de origen vegetal. En nuestro país el consumo de proteína de origen animal guarda una relación 1:3 frente a la vegetal, ésta es la mínima deseable para hablar del consumo de proteína de buena calidad, si se aumenta el consumo de proteína vegetal se mejora el valor biológico, y

por ende la calidad de la proteína, por cuanto estas poseen mayor cantidad de aminoácidos asimilables al organismo. (INN, 2000)

Existen, básicamente, cuatro formas de donde se puede obtener proteína vegetal, todos realizados con soya: la harina integral tostada, la harina, el concentrado y el aislado proteico, así como existen presentaciones de estos productos listos para el consumo como lo son: la leche, el tofú o queso, la carne, el yogurt, todos de soya. (ASA, 1995)

Las harinas (integral tostada y desgrasada) de soya poseen menor porcentaje de proteínas (40-45) %, en relación peso, en comparación con el concentrado (65-70) % y el asilado proteico (85-95) %, pero la factibilidad económica para la obtención de estos últimos se ve muy limitada en países de bajo mercado, por lo que producir harina integral o desgrasada es más factible y el aprovechamiento proteico es similar en todos estos. (ASA, 1995)

La producción de la harina desgrasada de soya sigue el esquema presentado en la figura 1.1.

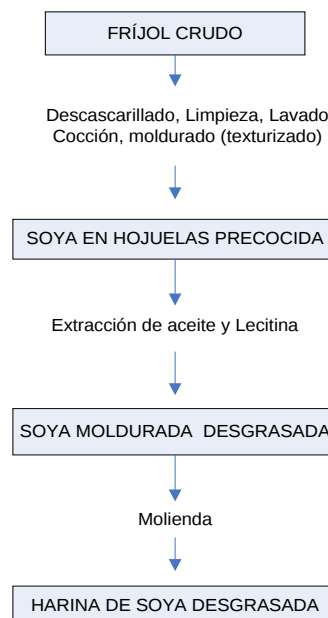


Fig. 1.1 Producción de la harina de soya desgrasada a partir del frijol de soya

El frijol se limpia y seca, se parten los granos y se remueve la cascarilla por aspiración y paso de coladeras; luego se acondicionan granos a una humedad del (10-11)% y a una temperatura de 71 °C los granos así condicionados son convertidos en hojuelas, pasándolos a través de rodillos lisos en seguida, se percolan con solvente extractor para remover el aceite, seguidamente estas hojuelas desengrasadas se pasan a una tostadora desolventizadora, que remueve el residuo de solvente que pudo quedar del paso anterior de extracción, luego se adiciona vapor con el fin de aumentar la humedad en 20% aproximadamente, se aplica calor para aumentar la temperatura de las hojuelas hasta 105 °C por lo cual se cocinan o tuestan las mismas y se sigue reduciendo el contenido de humedad. Se secan y enfrían luego para ser molidas y así convertirlas en harina desgrasada de soya. (Loreto, 1984)

La utilización de estas harinas es amplia, se pueden realizar recetas como: pastas, galletas, panes, arepas, todos ellas mezcladas en proporciones adecuadas con harinas de otro tipo como maíz, arroz, precocida o no, cabe destacar que el sabor de la harina de soya pudiera ser adverso en porciones altas, al mezclarse con otras harinas esta sensación disminuye.

Esta investigación persigue extraer la mayor parte de la carga proteica, a través de tres métodos, para el desarrollo de un producto alimenticio que contenga partes de la harina de soya y partes de harina precocida de maíz.

1.2.- FORMULACIÓN DE PROBLEMA

El incremento del consumo de proteínas en la población venezolana se hace necesario, debido a que estas deben ser suficientes para cumplir con varias funciones, entre ellas, crecimiento, reposición y mantenimiento de tejidos, generar enzimas, hormonas, anticuerpos, balance de electrolitos, balance ácido-básico, transportar

energía, para garantizar la respuesta inmunológica, la cicatrización y la conservación de todos los órganos y sistemas corporales.

Los seres humanos pueden sintetizar aproximadamente la mitad de los aminoácidos que forman las proteínas, y el resto, que son los aminoácidos esenciales, han de ser integrados a la dieta; la situación nutricional de sectores de la población como niños, ancianos es de alta exigencia proteica en niños. La OMS (Organización Mundial de la Salud) indica en su informe de 1996 que lo recomendado en los niños, de peso normal, es de 2 g/kg/día de proteínas para una dieta mixta. El informe establece además que para los adolescentes es de 1,67 g/kg/día para el sexo femenino y 1,89 g/kg/día para el masculino; como se nota es en los niños (1-7 años) donde las proteínas son más necesarias, como se conoce, la dieta del venezolano es rica en carbohidratos y la vía de consumo más popular es la arepa, por lo que se hace necesario proponer una vía de ingesta de mayor cantidad de proteína vegetal utilizando como conductor a la harina precocida o harina de maíz. (INN, 2000)

1.2.1.- Situación actual

Existe una deficiencia en el consumo de proteínas de origen vegetal en la dieta del venezolano, por otra parte, se ve incrementado el consumo de carbohidratos, que también son necesarios, pero su exceso produce problemas a la salud, como consecuencia de ambas situaciones se presenta un desbalance en la carga nutricional.

Los productos de consumo masivo, como la harina precocida, enriquecidos con proteínas extraídas del frijol de soya no son comunes para la población.

1.2.2.- Situación deseada

Proponer y elaborar un producto alimenticio enriquecido, a partir de la extracción de proteínas de la soya que cumpla con los estándares de nutrición recomendadas por el INN, para compensar la deficiencia de proteínas y así obtener un balance de componentes nutricionales, a través de la ingesta de proteínas de soya vía consumo de un producto masivo como la harina precocida de maíz.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Se estima que un kilo de frijol de soya, debidamente procesada, proporciona un nivel de proteína aproximadamente igual a 2,5 kg de carne deshuesada o 72 huevos o 16 litros de leche o 3 kg de queso, todo en términos aproximados, esta diferencia puede observarse en función de los componentes nutricionales presentados en la tabla 1.4 para la soya integral, leche entera, carne bovina, carne pollo y huevo. Las composiciones nutricionales para establecer estas diferencias se reflejan en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Composición nutricional de la soya integral, leche, carne y huevos en su presentación natural

Componentes nutricionales (%)	Soya integral	Leche entera	Carne bovina	Carne pollo	Huevo	Harina Maíz
Agua	12,0	87,1	60,0	66,0	65,6	12
Proteína	38,0	3,3	17,5	20,1	11,8	8,3
Grasa	18,0	3,9	21,0	12,6	11,0	2,8
Minerales	4,1	0,7	0,9	1,0	1,2	-
Carbohidratos	28,0	5,0	-	-	-	74,50
Fibra	4,8	-	-	-	-	

Fuente. Buitrago A, J. (2000)

El enriquecimiento de la harina de maíz precocida con proteínas provenientes de la soya se considera necesario. La soya proporciona beneficios cardiovasculares ya que contiene una proteína que inhibe la formación de ateromas, principales obstruccionistas de las vías coronarias. En los países asiáticos el consumo de soya es alto y se ha comprobado que los bajos índices de cáncer de mama y próstata se deben a la ingesta de soya que tiene un alto contenido de isoflavonas; las mujeres en postmenopausia producen menor cantidad de estrógenos que las mujeres que continúan ovulando. La reducción de esta hormona trae consigo un incremento en el riesgo del cáncer en el endometrio y de cáncer de mama porque la reducción de estrógenos puede causar una proliferación celular anormal. Las isoflavonas de la soya son agentes especiales debido a que actúan como estrógenos débiles y compiten con los estrógenos fuertes reduciendo los efectos negativos de la hormona, en los que también se encuentran los bochornos o vaporones causados por un incremento del flujo sanguíneo en las venas de la cara, cuello, pecho y espalda. (ASA, 1999)

El desarrollo de este trabajo de grado desea justificar de manera social y económica la implementación de la soya en la dieta del venezolano, la ingesta de este alimento conlleva a la disminución en las estadísticas de las principales enfermedades que aquejan a la población.

Para las autoras este trabajo representa una contribución inicial a solucionar un problema de nutrición que cada día se incrementa, con esto se demuestra la formación del ingeniero para contribuir al mejoramiento continuo de la calidad de vida de las sociedades.

1.4.- LIMITACIONES Y ALCANCE

La presente investigación solo procurará proponer una solución al problema de la alimentación balanceada en la población venezolana, por lo que las limitaciones son el

tiempo para el desarrollo adecuado del producto, el tipo de técnica y de equipos disponibles para realizar la extracción, disponibilidad del laboratorio para la realización de la fase experimental y de la torta de extracción proveniente de una de las empresa productora de aceite de soya, (Coposa, estado Anzoátegui) , que tiene como subproducto esta torta.

1.5.- OBJETIVOS

1.5.1.- Objetivo general

Determinar la factibilidad técnico-económica de la elaboración de un producto alimenticio enriquecido con proteína extraída del frijol de soya.

1.5.2.- Objetivos específicos

- 1.** Analizar la dieta proteica del venezolano por medio del consumo de proteínas de origen animal y vegetal, con la finalidad de estimar la cantidad consumida y la deficiencia de proteína de acuerdo a los estándares de nutrición para la población venezolana.
- 2.** Extraer los componentes del frijol de soya, a fin de caracterizar cada uno de estos sobre la base fisicoquímica, microbiológica y así preparar la torta para la posterior precipitación de proteínas en la harina desgrasada.
- 3.** Identificar las proteínas hidrosolubles, presentes en la torta de extracción y en la harina desgrasada, a fin de determinar la cantidad de proteína hidrosoluble extraída.

4. Formular un producto alimenticio a base de proteínas hidrosolubles extraídas, con la finalidad de establecer la mejor relación harina de soya – harina de maíz precocida que permita incrementar de manera significativa la carga proteica de la misma.
5. Caracterizar el producto alimenticio enriquecido con harina de soya sobre la base fisicoquímica, microbiológica y sensorial, a fin de establecer su calidad como alimento.
6. Determinar la relación Costo-Beneficio del producto alimenticio enriquecido con harina de soya, a fin de justificar su obtención.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se describen brevemente los antecedentes de la investigación, así como también, se especifican los aspectos teóricos en los cuales se fundamenta el trabajo de grado.

2.1.- ANTECEDENTES

En esta sección se presenta un resumen de investigaciones realizadas en el área de estudio, que bien sea por su documento o metodología servirán para el desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

Golbitz (2006), redacta en su artículo “Establecimiento de empresas de comida oriental” importantes diferencias y semejanzas entre la leche de soya y la leche de vaca, al igual que los importantes aportes nutricionales que ofrecen los alimentos a base de soya. Entre los principales factores nutricionales que describe el autor, se tiene que las proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, además de ayudar en los niveles de colesterol en la sangre por su contenido en grasas no saturadas. La incidencia en la prevención del cáncer se debe a la cantidad de azúcares completos y de fibras. Respecto a las comparaciones entre la leche de soya y la de vaca se tiene que la de soya contiene menor contenido graso que la leche de vaca normalizada, además que no contiene lactosa (dificulta la digestión), no contiene colesterol y posee mayor cantidad de proteínas.

Guillen (1990), obtuvo un sustituto del queso blanco a partir de la soya, en dicha investigación se confirma que la utilización de la soya para la elaboración de un queso genera un producto de bajo costo adquisitivo, para satisfacer las necesidades de la población de bajos recursos, frente al incremento de costos de producción que hacen

que los precios de la carne y leche, se encuentren cada vez más altos, situación que obliga a la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas como alternativas para enfrentar este gran problema.

Linder (2006), describe en su artículo “Una planta moderna de leche de soya” los pasos necesarios para la obtención de harina de soya a nivel industrial. La variable más importante en el almacenamiento de la soya es la temperatura, utilizando mecanismos como: sistemas de enfriamiento por aireación y monitoreo de temperatura. En la limpieza y descascarado se incluye: pre-limpieza, clasificación, despedrado, descascarado, aspiración/limpieza de polvo y control de entrada y salida. En la etapa de desactivado se controla principalmente el pH de la materia prima y luego se realiza un proceso de neutralizado. Por último la molienda se realiza en dos etapas donde se tiene un estricto control en el tamaño del grano para aumentar posteriormente el rendimiento proteico de la harina.

Loreto (1984) estudió la factibilidad de una planta procesadora de soya para la obtención de harinas, aislado proteico y leche de soya, concluyó que se pueden incorporar productos a base de soya a costos muy bajos en comparación a los costos de otros alimentos de origen animal como las carnes, huevos, leche, etc. Por esta razón los productos elaborados con soya serán de corte popular y accesible a toda la población.

Steve (2006), publicó en su artículo “Génesis sobre la preparación de la leche de soya” las mejoras tecnológicas para la eliminación del sabor característico del grano en la elaboración de leche de soya; describe los factores más importante que contribuyen en la eliminación del desagradable sabor que aporta la enzima lipoxigenasa en los subproductos de la soya. Estos factores son: Molienda en caliente (Hand y col., 1986), Desactivado con temperatura (Patente U.S, 1975 y 1977; Nelson y col., 1976), desgrasado de la materia prima (Steinkraus, 1973), desodorización bajo vacío (Shurtleff, 1979), remojo alcalino (Nelson y col., 1976) y el descascarado de la soya.

Como conclusiones importantes aporta que las variables más importantes en la eliminación del sabor característico de la soya se tiene en un pH por debajo de 3 o por encima de 10 y de manera general muchos de los autores descritos concluyen que calentando los granos a temperaturas superiores a 80 °C (con agua o vapor) se consigue en gran medida la eliminación del sabor indeseado de la soya.

2.2.- PROTEINAS GENERALIDADES

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en los animales, y juegan un papel importante en todos los aspectos de la estructura y funciones de las células. Las proteínas son biopolímeros de α -aminoácidos, denominados así porque el grupo amino está enlazado al átomo de carbono α , átomo próximo al grupo carbonilo. Las propiedades físicas y químicas se determinan a partir de los aminoácidos que las forman. Las subunidades de aminoácidos individuales están unidos mediante “enlaces amida”, conocidos como enlaces peptídicos, como se muestra en la figura 2.1. (Wade, 2004).

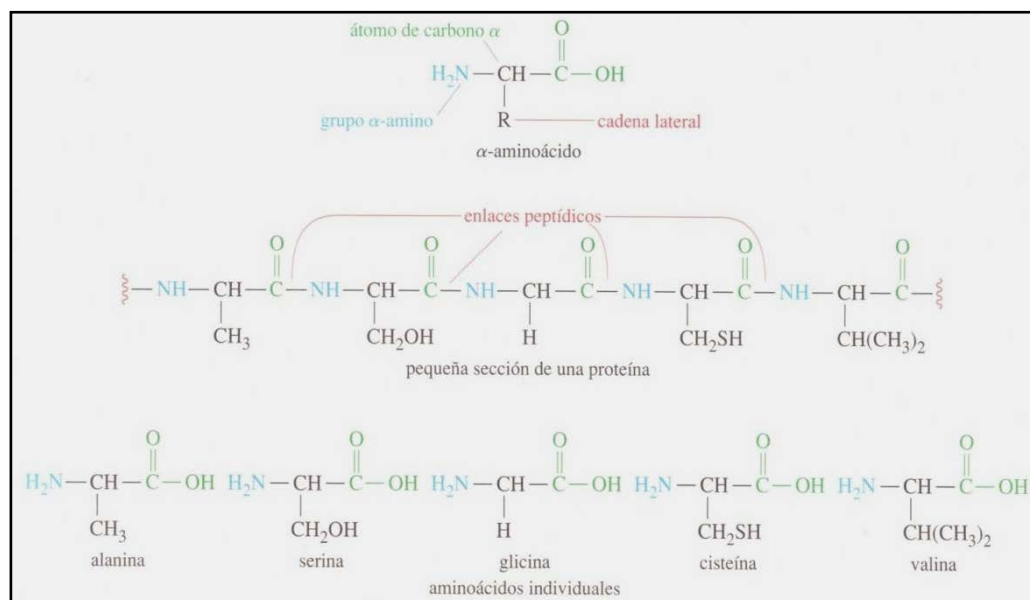


Figura. 2.1 Estructura de una proteína general y de los aminoácidos que la forman. Los aminoácidos están unidos mediante enlaces amida denominados enlaces peptídicos Fuente: (Wade, 2004)

Las proteínas tienen un amplio intervalo de estructuras y propiedades catalíticas debido a su diferente composición en aminoácidos. Debido a su versatilidad, las proteínas tienen una gran variedad de funciones en los seres vivos. En la tabla 2.1 se enumera alguna de las funciones de las principales proteínas.

Tabla 2.1 Ejemplos de funciones de las proteínas

Clases de proteínas	Ejemplo	Funciones del ejemplo
Proteínas estructurales	Colágeno, queratina	Tendones, piel, pelo, uñas
Enzimas	ADN polimerasa	Replicación y reparación del ADN
Proteínas de transporte	hemoglobina	Transporte de O ₂ a las células
Proteínas contráctiles	Actina, miosina	Produce la contracción de los músculos
Proteínas protectoras hormonas	anticuerpos insulina	Compleja las proteínas extrañas Regula el metabolismo de la glucosa
Toxinas	Veneno de las serpientes	Incapacita a las presas

Fuente: (Wade, 2004)

El término aminoácido define a cualquier molécula que contiene un grupo amino y un grupo ácido, sin embargo este término casi siempre se utiliza para designar a un α -aminoácidos.

2.2.1 TIPOS DE AMINOACIDOS

2.2.1.1 AMINOACIDOS ESTANDAR DE LAS PROTEINAS

Hay veinte α -aminoácido, denominados aminoácidos estándar, que prácticamente se encuentran en todas las proteínas. Los aminoácidos estándar difieren unos de otros en las estructuras de las cadenas laterales enlazados a los átomos de carbono α . El nombre de cada aminoácido aparece abreviado con tres letras y un símbolo de una letra, como se muestra en la tabla 2.2., para utilizarlo cuando se escriben estructuras primarias de las proteínas. (Wade, 2004)

Tabla 2.2. Aminoácidos estándar

Nombre	Símbolo	Abreviatura	Grupo funcional	Punto
			de la cadena lateral	isoeléctrico
glicina	G	Gly	ninguno	6,0
alanina	A	Ala	grupo alquilo	6,0
*valina	V	Val	grupo alquilo	6,0
*leucina	L	Leu	grupo alquilo	6,0
*isoleucina	I	Ile	grupo alquilo	6,0
*fenilalanina	F	Phe	grupo aromático	5,5
prolina	P	Pro	estructura cíclica rígida	6,3
serina	S	Ser	grupo hidroxilo	5,6
*treonina	T	Thr	grupo hidroxilo	5,6
tirosina	Y	Tyr	grupo –OH fenólico	5,7
cisteína	C	Cys	tiol	5,0
*metionina	M	Met	sulfuro	5,7
asparagina	N	Asn	amida	5,4
glutamina	Q	Gln	amida	5,7
*triptófano	W	Trp	indol	5,9
Ácido aspártico	D	Asp	ácido carboxílico	2,8

Ácido glutámico	E	Glu	ácido carboxílico	3,2
*lisina	K	Lys	Grupo amino	9,7
*arginina	R	Arg	Grupo guanidino	10,8
*histidina	H	His	Anillo de imidazol	7,6

*Aminoácidos esenciales. Fuente: Wade, 2004

2.2.1.2 AMINOÁCIDOS ESENCIALES

Los seres humanos pueden sintetizar aproximadamente la mitad de los aminoácidos que forman las proteínas, el resto de aminoácidos, denominados aminoácidos esenciales, han de ser digeridos en la dieta. Los diez aminoácidos esenciales, y sus respectivas funciones se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Funciones de los aminoácidos esenciales

Aminoácido	Función en el organismo
valina	Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno.
leucina	Junto con la Isoleucina y la Hormona del Crecimiento (HGH) interviene con la formación y reparación del tejido muscular.
isoleucina	Junto con la Leucina y la Hormona del Crecimiento intervienen en la formación y reparación del tejido muscular.
fenilalanina	Interviene en la producción del Colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel y el tejido conectivo, y también en la formación de diversas neurohormonas.
treonina	Junto con la con la Metionina y el ácido Aspártico ayuda al hígado en sus funciones generales de desintoxicación.
metionina	Colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta. El aminoácido limitante determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.

Tabla 2.3. Funciones de los aminoácidos esenciales. (Continuación).

Aminoácido	Función en el organismo
triptófano	Está implicado en el crecimiento y en la producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas de secreción adrenal. También interviene en la síntesis de la serotonina, neurohormona involucrada en la relajación y el sueño.
lisina	Es uno de los más importantes aminoácidos porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas.
arginina	Está implicada en la conservación del equilibrio de nitrógeno y de dióxido de carbono. También tiene una gran importancia en la producción de la Hormona del Crecimiento, directamente involucrada en el crecimiento de los tejidos y músculos y en el mantenimiento y reparación del sistema inmunológico.
histidina	En combinación con la hormona de crecimiento (HGH) y algunos aminoácidos asociados, contribuyen al crecimiento y reparación de los tejidos con un papel específicamente relacionado con el sistema cardio-vascular.

Fuente: Llorente J., 2006.

A las proteínas que proporcionan todos los aminoácidos esenciales en la proporción correcta para la nutrición humana se les denomina proteínas completas. Ejemplo de ellas son aquellas que se encuentran en la carne, el pescado, la leche y los huevos. En adultos es adecuado ingerir 50 g de proteínas completas por día. (Wade, 2004)

A continuación se muestra en la tabla 2.4, el perfil de los aminoácidos, tomando como patrón la FAO, los valores de índice químico de la soja (adecuadamente inactivada)

Tabla. 2.4. Patrón de aminoácidos dados por la FAO/ WHO para niños de 2 a 5 años de edad

Aminoácido esencial (mg por g de proteína)	Soja (*)	Patrón FAO
Histidina	28	19
Isoleucina	50	28
Leucina	85	66
Lisina	70	58
Metionina + Cisteína	28	25
Fenilalanina + Tirosina	88	63
Treonina	42	34
Triptofano	14	11
Valina	53	15
Aminoácidos esenciales totales (sin Histidina)	430	320
% de proteína	40	
Índice químico % (patrón FAO 85)	100	

*Granos de soja inactivados por calor.

Resultados experimentales obtenidos en el CEMPAM· CEIGRA

Fuente: Cheftel y Cheftel, 1976.

Esto significa que las proteínas de la soja tienen un perfil singular de aminoácidos que al asemejarse al patrón de aminoácidos dados por la FAO/ WHO para niños de 2 a 5 años de edad, ostentan un PDCAAS de 1. Este valor es el más alto para una proteína.

A las proteínas que son severamente deficientes en uno o más de los aminoácidos esenciales se les denomina proteínas incompletas. Las proteínas contenidas en las plantas generalmente son incompletas, por ejemplo, el arroz, el maíz y el trigo son deficientes en lisina. El arroz también carece de treonina y el maíz también carece de triptofano. Las judías, guisantes y otras legumbres son los que tiene las proteínas más completas entre las plantas, pero son deficientes en metionina. (Wade, 2004)

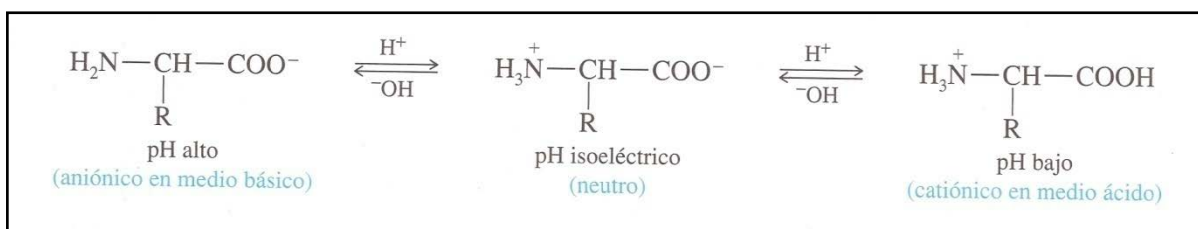
2.2.1.3 AMINOÁCIDOS RAROS E INUSUALES

Además de los aminoácidos estándar, en las proteínas se encuentran otros aminoácidos en pequeñas proporciones. Por ejemplo, la 4-hidroxi prolina y la 5-hidroxisilina son formas hidroxiladas de aminoácidos estándar. Se denominan aminoácidos *raros*, a pesar de que frecuentemente se encuentran en el colágeno. (Wade, 2004)

2.2.2 PUNTO ISOELÉCTRICO Y ELECTROFORESIS

Los aminoácidos presentan una carga positiva en soluciones ácidas (pH bajo) y carga negativa en soluciones básicas (pH alto). Hay un pH intermedio donde las dos formas del aminoácido se encuentran en la misma proporción, como el zwitterión bipolar con una carga neta de cero, la figura 2.2 muestra el equilibrio establecido por las formas: ácida y básica, además de la forma neutra. A este pH se le denomina pH isoelectrónico o punto isoelectrónico. (Wade, 2004)

Fig. 2.2. Formas de los aminoácidos de acuerdo a la carga eléctrica.



Las diferencias en los puntos isoelectrónicos se pueden utilizar para separar mezclas de aminoácidos por electroforesis, se coloca una línea de una mezcla de aminoácidos en el centro de una capa de gel de acrilamida o en un trozo de papel de filtro humidificado con una solución tampón. En los extremos del gel o del papel se colocan dos electrodos y entre ellos se aplica un potencial de varios miles de voltios.

Los aminoácidos cargados positivamente (catiónicos) son atraídos por electrodo negativo (cátodo) y los aminoácidos cargados negativamente (aniónicos) son atraídos por el electrodo positivo (ánodo), Un aminoácido en su punto isoeléctrico no tiene carga, por lo tanto no se mueve. (Wade, 2004)

2.3.- ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA SOYA

La soya (**Glycine max (L.) Merrill**, de la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoidae se originó en el este de Asia, probablemente en el norte y el centro de China. Se cree que las variedades cultivadas se introdujeron en Corea y más tarde en Japón hace unos 2000 años atrás. La soya ha crecido como un cultivo alimenticio durante miles de años en China y otros países de Asia oriental y sudoriental y constituye hasta el día de hoy, un importante componente de la dieta tradicional popular en estas regiones. (FAO, 1992)

Se puede estimar que, la cantidad de proteína de soya producida anualmente, en caso de que pudiera ser total y directamente utilizados para el consumo humano, sería suficiente para proporcionar aproximadamente un tercio de la necesidad mundial de alimentos de proteína. Esto hace de la soya una de las mayores fuentes potenciales de proteínas para la dieta. Sin embargo, la mayor parte de la harina de soya se utiliza en la alimentación animal para la producción de carne y huevos. A pesar del considerable público y el interés comercial en los productos de soya como alimento, el porcentaje de proteína de soya consumidos directamente en la nutrición humana es todavía relativamente pequeño. (FAO, 1992)

El frijol de soya es una leguminosa cuya semilla está compuesta por tres fracciones principales: la cascarilla que representa el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo (2%) y el cotiledón (90%); en este último se localiza el aceite en unos pequeños compartimientos llamados esferosomas, de 0,2 a 0,3 μ y que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteínicos (denominados aleuronas) de mayor tamaño (2 a

20 μ) integrados aproximadamente por 98% de proteínas y algo de lípidos y de ácido fítico. Por esta razón, en las aleuronas se encuentra casi toda la proteína; el frijol de soya tiene una composición en base seca, como se muestra en la tabla 2.5. (ASA, 1995)

Tabla 2.5. Estructura y composición del frijol de soya

	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos %
Soya (100%)	40	21	5	34
Cáscara (8%)	9	1	4	86
Hipocotilo (2%)	41	11	5	43
Cotiledones (90%)	43	23	5	29

Fuente: ASA, 1995

La fracción lípida está integrada por triacilglicéridos que contienen 14% de ácidos grasos saturados, 22 % de ácido oleico, 55 % de ácido linoleico y 8% de ácido linolénico, con un punto de solidificación aproximados de -16 °C y un índice de yodo de 130. También se encuentran fosfolípidos, esteroides y tocoferoles; cabe destacar que de la refinación del aceite se obtiene la lecitina, ampliamente utilizada por sus propiedades funcionales. La acumulación de lípidos en las oleaginosas va acompañada de un incremento en los hidratos de carbono, lo que significa que es muy probable que estos sean los precursores de las síntesis de grasas. (Badui, 2006)

Por su parte los hidratos de carbono están compuestos por: a) polisacáridos insolubles en agua y en etanol, tales como arabinogalactanas, arabinanas, xilanas, galactomananas, celulosa y un polímero ácido muy parecido a las sustancias pécticas que representan aproximadamente 50 % de los hidratos de carbono totales, b) oligosacáridos hidrosolubles tales como verbascosa (en muy baja concentración),

estaquiosa (3,8%), rafinosa (1,1%) y sacarosa (4,5%), que son los responsables de la flatulencia que provoca de oleginosas y c) monosacáridos en menor cantidad, principalmente glucosa y arabinosa. (Badui, 2006)

El contenido mineral de la soya, se determina a través de la ceniza, es de aproximadamente el cinco por ciento. Cuando se procesan la soya, la mayoría de los minerales se quedan en la harina y la otra fracción se va en el aceite. Los principales minerales constituyentes son el potasio, el calcio y el magnesio. Los componentes menores comprenden oligoelementos nutricionales de importancia, tales como el hierro, zinc, cobre etc. (FAO, 1992)

Al igual que sucede con otros tejidos vegetales, la soya contiene en su estado natural diversos factores antifisiológicos, como los inhibidores de tripsina. La tabla 2.6 refleja los polímeros inhibidores de tripsina.

Tabla. 2.6. Inhibidores de tripsina presentes en la soya

Inhibidores	Peso molecular (daltones)	Fracción proteica en la que se encuentran
Kunitz	21500	2S
Bowman-Birk	8000	2S

Los ácidos nucleicos se encuentran en muy baja concentración y cuando la determinación de proteína se hace por el método Kjeldahl se incluyen como nitrógeno total. (Badui, 2006).

2.4.- PROTEÍNAS DE LA SOYA

A diferencia de los cereales (maíz, trigo, entre otros) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y de otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60-75 % de total) y de albúminas con pesos moleculares

muy variados, solubles en soluciones salinas y agua; precipitan en su punto isoeléctrico, generalmente en el intervalo de 4,2 a 4,8; su aminograma difiere del de los cereales en que las cantidades de metionina, ácido glutámico, arginina, leucina y valina son menores pero en cambio es más rico en lisina. (Badui, 2006)

Cuatro grandes fracciones, conocidas como 2S, 7S, 11S y 15S ampliamente estudiadas (S significa Svedberg unidades numéricas). El coeficiente es la constante de sedimentación en agua a 20°C. Las cifras no son exactas, sino nominales. Así, el 11S, globulina, tiene una constante de sedimentación de 12,3. Los 11S y 7S fracciones constituyen alrededor del 70% del total de proteína en la soja. La relación 11S / 7S es una característica variable entre 0,5 y 3. (FAO, 1992)

La fracción 2S está compuesta por polímeros de peso molecular bajo, solubles en su punto isoeléctrico y contiene los inhibidores de tripsina de Bowman-Birk y de Kunitz. (Badui, 2006)

En general, la proteína de soja presenta una deficiencia de aminoácidos azufrados que se acentúa más en los aislados proteínicos, ya que la concentración de metionina y cistina se reduce durante el proceso de manufactura de estos productos; el porcentaje de lisina elevado lo que hace que la soja sea muy adecuada para complementar las proteínas de los cereales; su patrón de aminoácidos es, ciertos aspectos, comparables al de la FAO; la tabla 2.7 muestra el contenido de aminoácidos en proteínas comerciales. (Badui, 2006).

La fracción 7S está básicamente integrada por cuatro proteínas, dos de las cuales son enzimas (β -amilasa y lipoxigenasa) y otra es el factor hemaglutina que tiene estructura de glucoproteína y contiene 4,5 % de manosa y 1% de glucosalina.

Tabla 2.7. Aminoácidos en proteínas comerciales (gramos de aminoácidos por 16 g de nitrógeno)

Aminoácido	Harina desgrasada	Concentrados	Aislados	Patrón de la FAO
Isoleucina	4,6	4,9	4,8	4,2
Leucina	7,7	8,0	7,8	4,8
Lisina	6,2	6,2	6,0	4,2
Metionina	1,3	1,3	1,0	2,2
Cistina	1,2	1,6	1,0	2,0
Fenilalanina	5,3	5,3	5,5	2,8
Treonina	4,2	4,3	3,7	2,8
Triptofano	1,4	1,4	1,3	1,4
Valina	4,9	5,0	4,8	4,2

Fuente: Badui, 2006

La globulina 7S es la mas abundante en esta fracción, es baja en metionina, contiene hidratos de carbono y presenta nueve grupos amino terminales: dos serinas, ácidos aspártico y glutámico, alanina, glicina, valina, leucina y tirosina; esto puede indicar que su estructura cuaternaria consta de nueve cadenas polipeptídicas que integran un complejo altamente organizado. A pH de 7,6 y una fuerza iónica de 0,5, esta fracción tiene un peso molecular de 186000 a 210000 daltones mientras que a una fuerza iónica de 0,1, la proteína se dimeriza y alcanza un PM de 37000. (Badui, 2006)

En la fracción 11S sólo se ha encontrado un tipo de proteína llamada globulina 11S o glicina, de alto peso molecular y que de manera individual es el polipéptido mas abundante en la soya puesto que representa 31 % del total, las características de las proteínas de la soya se presentan en tabla 2.8, al ponerse en una solución de pH 7,6 y

una fuerza iónica de 0,5 se demuestra su estructura cuaternaria compleja integrada por 12 grupos amino terminales: ocho glicinas, dos fenilalaninas y dos leucinas o dos isoleucinas. Parece ser que es un “dímero” de dos “monómeros” iguales, los que a su vez están constituidos por seis subunidades o verdaderos monómeros cada uno; de éstos, algunos tienen puntos isoeléctricos en el lado ácido y otro en el alcalino. Los pesos moleculares de las subunidades son de 37200 y 22300 para la ácida y básica, respectivamente. (Badui, 2006)

Tabla 2.8. Características de las proteínas de la soya

Fracción	Total (%)	pI	Peso molecular (daltones)
2S	22		
Inhibidores de tripsina		4,5	8000, 21500
Citocromo c			12000
Globulina 2,3S			18200
Globulina 2,8S			32000
Alantoinasa			50000
7S	37		
Hemaglutina		6,1	110000
Lipoxigenasa		5,4	108000
B-Amilasa		5,8	61700
Globulina 7S			(186-210)x10 ³
11S	31		
Globulina 11S		4,8	350000
15S	11	4,8	600000

Fuente: Badui, 2006

Por su parte, la 15S no se ha estudiado tanto como las anteriores, pero se supone que puede ser un polímero de la 11S; es la fracción de mayor peso molecular.

Las proteínas de la soya tienen la capacidad de formar geles a través de varios mecanismos que implican un ciclo de calentamiento-enfriamiento. Se ha demostrado que el calentamiento causa una ruptura irreversible de la estructura cuaternaria de la globulina 11S y una subsecuente disociación en subunidades; parece ser que en esta transformación existe un estado intermedio transitorio en forma de un agregado soluble que posteriormente se convierte en gel. (Badui, 2006)

Los geles basan su estructura en el fenómeno de asociación-disociación de las proteínas, lo que a su vez está determinado por diversos factores, como son temperatura, la fuerza iónica y el tipo de sal. (Badui, 2006)

Las fuerzas que hacen posible la formación de geles son diversas y algunas influye más en una cierta fracción proteica; la 11S y la 7S interaccionan cuando se calientan y ayudan a producir este estado de dispersión; sin embargo, en forma individual, la 7S establece geles por medio de puentes de hidrógeno, mientras que las provenientes de la 11S lo hacen gracias a la creación de interacciones electroestáticas y de enlaces disulfuro. Además de estas uniones, cuando se elaboran geles con el conjunto total de proteínas de la soya, también influyen fuerzas hidrófobas. (Badui, 2006)

Debido a su compleja estructura, estas fracciones proteínicas son muy sensibles a muchos agentes desnaturalizantes, como los pH extremos, las temperaturas altas, las concentraciones elevadas de disolvente y de sales, etc. De todos estos, el efecto del calor es el más importante ya que los tratamientos térmicos son las operaciones unitarias que más se emplean en la manufactura de los alimentos. La consecuencia de esto es en una primera instancia la reducción de la solubilidad de las proteínas, lo que puede llegar a inducir gelificación. Se ha visto que calentando dispersiones de proteínas

de soya a una concentración de 7% aproximadamente, se pueden producir geles rápidamente. (Badui, 2006)

2.5.- PRODUCTOS PROTEINICOS OBTENIDOS POR PROCESAMIENTO

El actual sistema de procesamiento de proteínas de soya, rinde tres productos principales, clasificados de acuerdo con su contenido de proteína: Harinas, concentrado y asilado proteínico.

Las formas más sencillas son la harina y la sémola, con un contenido mínimo de proteínas del 40%, si el aceite no es extraído, o del 50% si se extrae el aceite por procesamiento con hexano. Las harinas y la sémola difieren únicamente con tamaño superior a 100 “mallas” son llamadas “sémolas”, mientras que las inferiores a 100 “mallas” son conocidas como harinas. (ASA, 1996)

Por definición, los concentrados contiene un mínimo de 70% de proteína, en base seca, y se preparan de harina u hojuelas desengrasadas y que han sufrido un procesamiento de extracción para remover los azúcares solubles y otros constituyentes menores. (ASA, 1996).

Los asilados son las proteínas de soya más refinadas que existen y se caracterizan por su contenido de proteína mínimo del 40%, en base seca. Así como los concentrados, los asilados también se preparan a partir de harinas o de hojuelas desengrasadas. Los azúcares solubles y los polisacáridos insolubles de las harinas desengrasadas, se extraen durante el procesamiento para conversión en aislados. (ASA, 1996)

2.6.- FORMAS COMERCIALES DE LA SOYA

A partir de esta oleaginosa se han elaborado diversos productos comerciales clasificados de acuerdo al contenido de proteínas, la composición se muestra en la tabla 2.9 en porcentaje peso, las de menor contenido son las harinas (desgrasadas o enteras); le siguen los concentrados y finalmente, los asilados. Para fabricarlos es preciso romper el arreglo interno ordenado de las células del cotiledón para separar los diferentes constituyentes adecuadamente; cada uno de estos derivados tiene características y propiedades funcionales que pueden aprovecharse en la producción de otros alimentos más complejos y elaborados. (Badui, 2006)

Tabla 2.9 Composición de las diferentes formas de soya

	Harinas		Concentrados			
	<i>Sin Desgrasar</i>	<i>Desgrasada</i>	<i>Alcohol</i>	<i>Ácido</i>	<i>Calor húmedo</i>	<i>Aislados</i>
Proteína	41,5	53,0	66,0	67,0	70,0	93,0
Grasa	21,0	1,0	0,3	0,4	1,2	0,0
Humedad	5,0	5,0	6,7	5,2	3,1	4,7
Fibra cruda	2,1	2,9	3,5	3,4	4,5	0,2
Ceniza	5,2	6,0	5,6	4,8	3,8	3,8
ISN	-	-	5,0	7,0	3,0	85,0

Fuente: Badui, 2006

2.6.1.- HARINAS

Smith y Circle (1972) han señalado que el nombre de harina de soja puede ser un tanto equivocado, ya que su composición es totalmente diferente de la del popular producto conocido comúnmente como la harina, es decir, la harina de trigo. Ellos

sugirieron otros nombres como " sólidos de soja desgrasada " (como de leche en sólidos) o "polvo de soja" o "soy pulverate". (FAO, 1992)

Durante su manufactura se deben someter a un calentamiento con vapor para inactivar la lipoxigenasa, los inhibidores de tripsina y otros factores antifisiológicos. Después de esto, el producto resultante tiene un mejor valor nutritivo, que se observa en que aumenta la relación de eficiencia proteínica; este paso requiere utilizar calor húmedo (vapor) por ser más efectivo que el calor seco, en la figura 2.3 se muestra el efecto del calor sobre el valor nutritivo de la soja (Badui, 2006)

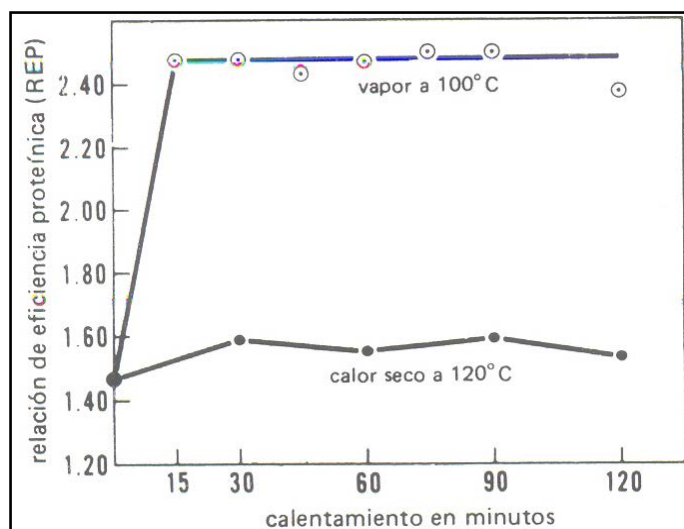


Figura. 2.3 Efectos de los tratamientos térmicos en el valor nutritivo de la soja

Fuente: Badui, 2006.

Las harinas de soja (o sémola) se clasifican según su contenido en lípidos de la siguiente manera:

- Harina desgrasada de soja, obtenida a través de la extracción con solvente a partir del grano, y contiene menos de 1% de aceite.

- Harina de soja con grasa, solo pasa por lo molino, sin extracción, contiene alrededor de 18% a 20% de aceite.
- Harina de soja baja en grasa, se obtiene añadiendo un poco de aceite a la harina de soja desgrasada. El contenido en lípidos varía de acuerdo a las especificaciones, por lo general entre el 4,5% y el 9%. La variedad más común es entre el 5% y el 6%
- Harina de soja con alto contenido de grasa, producida por la adición de aceite de soja, en mayor cantidad a la anterior, a la harina desgrasada, generalmente en el nivel del 15%.(FAO, 1992)

En su producción es preciso controlar los tratamientos térmicos, ya que la proteína es muy sensible y se puede desnaturalizar fuertemente con el vapor; para determinar la intensidad del calentamiento se emplean los índices de solubilidad de nitrógeno (ISN) y el de dispersabilidad de proteína (IDP). Por definición, el ISN es el porcentaje de nitrógeno total que es soluble en agua en determinadas condiciones de extracción, mientras que el IDP es el porcentaje de la proteína total que es dispersable en agua; la figura 2.4 muestra la relación que existe entre los dos índices. (Badui, 2006)

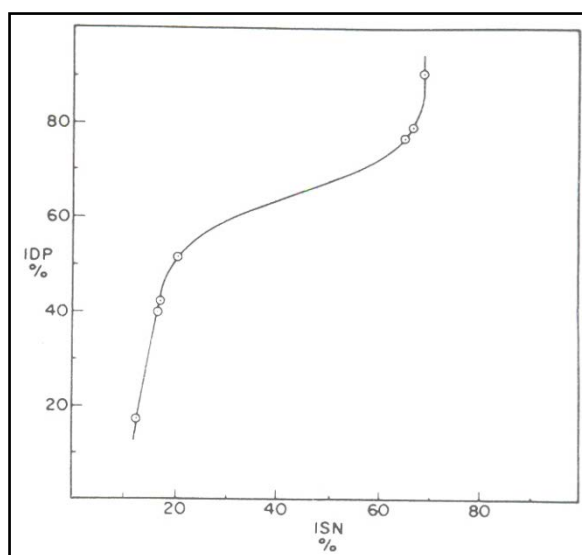


Figura. 2.4 Relación entre el índice de solubilidad de nitrógeno y el de dispersabilidad de proteína. Fuente: Badui, 2006

Ambos métodos miden el grado de desnaturalización de la proteína y están basados en principio un tanto empíricos, por lo que existen muchos factores que influyen en su determinación: pH, temperatura, tamaño de partícula, tipo de mezclador, tiempo y velocidad de mezclado, entre otros.

La tabla 2.10 muestra los valores del ISN de la soya sujeta a diferentes tratamientos, y permite observar que el valor nutritivo mejora a medida que se incrementa la intensidad del calentamiento, pero al mismo tiempo se reduce la solubilidad de la proteína. (Badui, 2006)

Tabla 2.10. Valor nutritivo e ISN de la soya a diferentes tratamientos térmicos

Tratamiento térmico	Eficiencia Proteínica relativa (%)	ISN
Insignificante	40-50	85-90
Ligero	50-60	40-60
Moderado	75-80	20-40
Tostado	85-90	10-20

Fuente: Badui, 2006

Existen varios métodos para producir harinas con diferentes valores de IDP, y por lo tanto con una gran diversidad en sus propiedades funcionales. (Badui, 2006).

Además de los anteriores, también existe el método de la prueba de la ureasa; esta es una enzima muy abundante en la soya cruda que produce amoníaco a partir de la urea y se desnaturaliza con el calentamiento, lo que trae consigo la pérdida de su actividad. El método estándar de análisis se basa en los cambios de pH que resultan de la formación de amoníaco cuando la harina se incuba en soluciones de urea. (Badui, 2006).

Los lípidos de las harinas sin desengrasar contribuyen al valor nutritivo; sin embargo, estos contienen un alto porcentaje de ácidos grasos indispensables poliinsaturados, aproximadamente 50% de ácido linoleico y 9% de linolénico, esta composición se refleja en la tabla 2.11, propensos a reacciones de oxidación que traen consigo pérdidas en las calidades sensorial y nutricional. Hay procesos industriales de molido que no dañan los esferosomas donde se encuentra el aceite y por tanto se reducen considerablemente las reacciones de oxidación; además, la lecitina y los tocoferoles que contiene funcionan como antioxidantes naturales y ayudan a estabilizar parcialmente el aceite y a evitar estos cambios. (Badui, 2006).

Tabla 2.11. Composición aproximada de los ácidos grasos del aceite de soya y de la mantequilla (%)

Ácidos grasos	Soya	Mantequilla
Saturados	18	61
Monoinsaturados	23	36
Poliinsaturados	59	3

Fuente: Badui, 2006

Las harinas desgrasadas, son las más comunes en el mercado ya que la extracción del aceite resulta económicamente ventajosa, lo que da origen a una industria muy importante. La soya se descasca, se muele y se procede a la extracción con diversos disolventes como hexano; las partículas desgrasadas se pasan por un desolventizador para recuperar el disolvente, y por un cocedor a vapor para eliminar los factores antifisiológicos. (Badui, 2006)

Existe otro sistema, muy poco empleado, para la extracción del aceite que se basa en métodos mecánicos de compresión; primero se fragmenta la soya limpia, y después se seca con una corriente de aire caliente y se prensa; con esto se rompe la estructura celular y se liberan los lípidos de los esferosomas. Se enfría el sistema para

evitar sobrecalentamientos que aceleren las reacciones de oxidación; el aceite extraído se almacena en tanques de reposo para separar los sólidos en suspensión, que son recirculados nuevamente a la prensa. (Badui, 2006)

El aceite de soya se utiliza industrialmente en la industria de las margarinas, aceites de mesa, mayonesa y muchos otros productos; un subproducto de la refinación es la lecitina que se emplea mucho en la formación de alimentos debido a sus propiedades emulsionantes y antioxidantes, como en el caso de los derivados de la confitería: además, la lecitina, por ser un producto natural, es el único emulsionante permitido en ciertos alimentos infantiles. La obtención de este fosfolípido se hace por medio del tratamiento de ciertos residuos. (Badui, 2006)

Además de estos productos que derivan de la obtención de las harinas desgrasadas, también se puede obtener los que comercialmente se llaman proteínas vegetales hidrolizadas. Para este fin, la harina se somete a una intensa hidrólisis ácida con HCl a presión y a temperaturas elevadas; la proteína se transforma en oligopéptidos y aminoácidos. El líquido resultante se filtra, se neutraliza y se puede someter a operaciones de desodorización y de decoloración; finalmente se concentra o se deshidrata y se usa como saborizante y potenciador del sabor en alimentos como consomés, sopas, aderezos, etc. (Badui, 2006)

2.6.2.- CONCENTRADOS

Los concentrados de proteína de soya comestibles son productos relativamente nuevos. Su disponibilidad como productos comerciales data de 1959. En los últimos 40 años, estos productos versátiles se han convertido en importantes ingredientes, aceptada por muchas industrias de la alimentación. En muchas aplicaciones, simplemente sustituir las harinas de soya. En otros, que tienen funciones específicas que no pueden ser cumplidas por las harinas de soya. (FAO, 1992)

Históricamente, la necesidad de la elaboración de concentrados de proteína de soya se derivan principalmente de dos consideraciones: para aumentar la concentración de proteínas y para mejorar el sabor. (FAO, 1992)

Es muy difícil evitar el sabor de poroto en la soya, en plena molienda o en la harina de soya desgrasada, si ha sido preparado de la forma convencional. El sabor a poroto es una de las principales características limitantes del uso de harinas de soya convencional. Uno de los objetivos de la nueva transformación de las harinas se concentra en extraer los componentes particulares que se encargan de la amargura y el sabor a poroto. (FAO, 1992).

El criterio más simple y utilizado para la caracterización de las proteínas es su solubilidad en diferentes medios de concentración. Como en todas las legumbres, la mayor parte de las proteínas de la soya son globulinas, que se caracteriza por su solubilidad en soluciones salinas. La solubilidad de las proteínas de soja en el agua está muy afectada por el pH, como se muestra en la figura 2.5. Cerca de 80% de las proteínas de las semillas en bruto, sin calor húmedo, se puede extraer a pH neutro o alcalino. A medida que la acidez aumenta, la solubilidad disminuye rápidamente y se observa un mínimo a pH 4,2 a 4,6. Esta es la región isoelectrica del contenido total de proteína. (FAO, 1992)

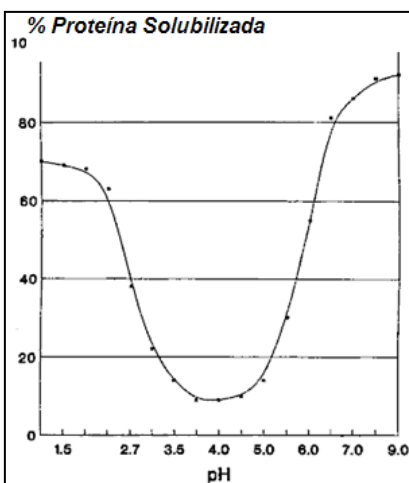


Figura. 2.5 Extracción de la proteína de soya a diferentes valores de pH.

Fuente: Smith, (1972)

Estos productos son más refinados que las harinas y contienen un mayor porcentaje de proteínas, en su manufactura se elimina la mitad de los hidratos de carbono y algunos otros componente de menor importancia. Para su elaboración se pueden seguir tres diferentes procesos y se muestran en la figura 2.6.

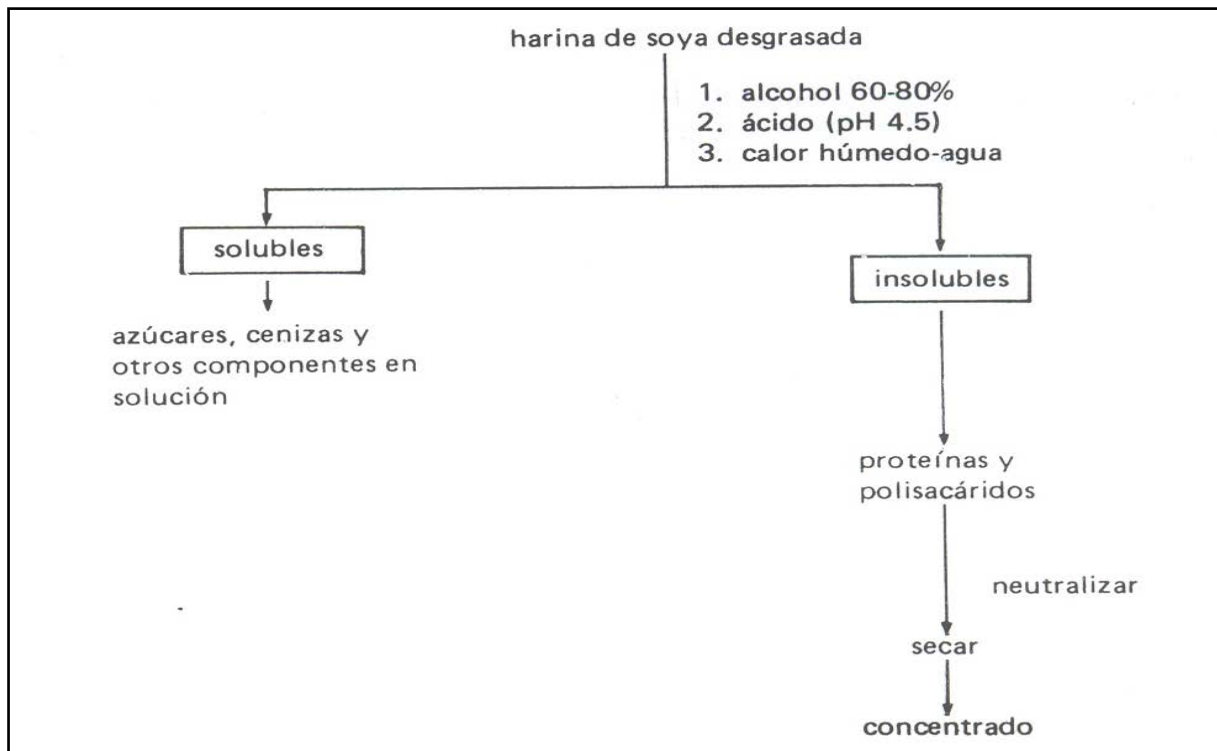


Figura. 2.6 Procesos de obtención de los concentrados

Fuente: Badui, 2006

Estos métodos, dan diferentes niveles de concentrados y son conocidos como:

- Lavado acuoso con alcohol
- Lavado con ácido
- Desnaturalización por calor húmedo / agua

El primero utiliza una solución de etanol al 60-80% para quitar ciertas fracciones solubles como lo son los oligosacáridos, parte de las cenizas y otras sustancias de peso molecular bajo; en estas condiciones, las proteínas y los polisacáridos precipitan debido a que son insolubles en alcohol y se pueden recuperar sujetándose a una desolventización para obtener un concentrado proteínico como residuo final; existe una modificación a este proceso que consiste en utilizar una mezcla de hexanol-etanol para desechar los lípidos residuales antes de efectuar el tratamiento con el etanol acuoso. (Badui, 2006).

2.6.3.- AISLADOS

Estos productos son la forma comercial más purificada de la soya ya que contiene 90% o más de proteínas; se logran eliminando de los concentrados los polisacáridos, los oligosacáridos y algunos otros componentes, el esquema del proceso se muestra en la figura 2.7. El proceso de aislamiento se basa en las diferencias de solubilidad de las fracciones globulina con respecto al pH; para su obtención se parte de harinas desgrasadas que han recibido un tratamiento térmico mínimo y la extracción se efectúa con y álcalis a pH 7,5-8,5; el residuo insoluble contiene principalmente polisacáridos que se eliminan por centrifugación. El extracto se acidifica a pH 4,5, lo que hace precipitar la mayor parte de la proteína en forma de crema, que se separa del suero (fracción soluble) por centrifugación; posteriormente se lava y se neutraliza con hidróxido de sodio para resolubilizarla y finalmente se seca por aspersion; así se obtiene un proteinado de sodio que es mas soluble en agua que la proteína en su punto isoeléctrico. Los aislados contienen ciertos compuestos de bajo peso molecular como saponinas, fosfolípidos, isoflavonas y algunos glucósidos. (Badui, 2006).

Al igual sucede con los concentrados, los diferentes aislados comerciales tiene aproximadamente la misma composición química; sin embargo, sus propiedades físicas y funcionales pueden variar, como sucede con la solubilidad. (Badui, 2006)

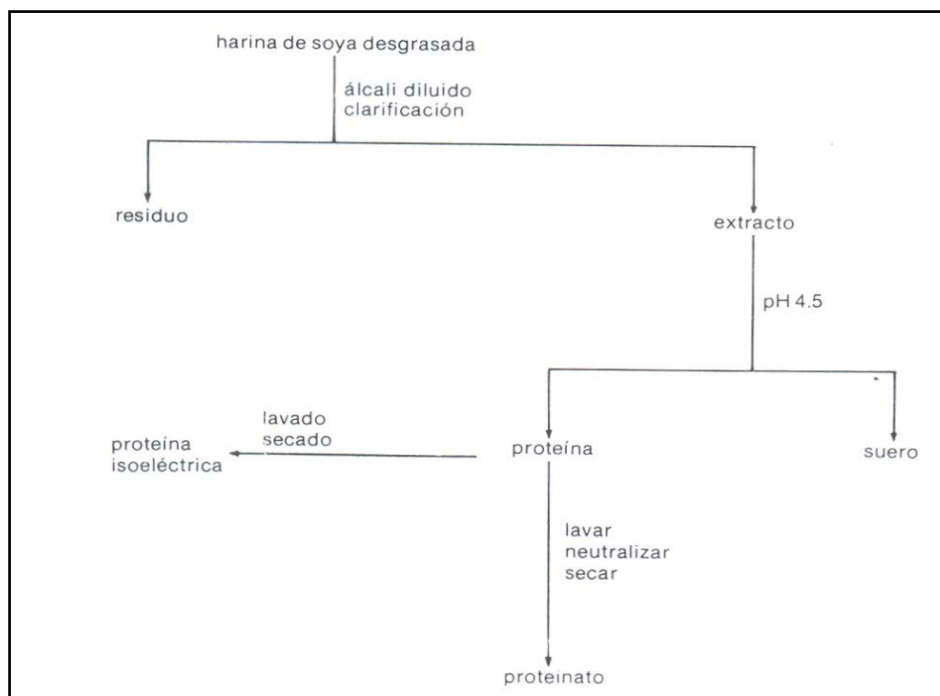


Figura. 2.7. Diagrama de obtención de aislados proteínicos de la soya.

Fuente: Badui, 2006.

Hace algunos años se desarrollaron técnicas para fabricar fibrilados a partir de los aislados; estos son materiales con características fibrosas o de hilo, capaces de imitar la textura de tejidos como los de la carne. Con estas proteínas fibriladas como base, y con la adecuada adición de grasas, nutrimentos, colorantes, saborizantes, etc., se pueden desarrollar productos con formas y tamaños que semejan filetes de pescado, de pollo, de res, etcétera. (Badui, 2006)

Para su elaboración se sigue los pasos indicados en la figura 2.8. El asilado se disuelve en agua y se produce una suspensión ácida (al 20%) a la que posteriormente se le añade un álcali para formar una masa muy viscosa que se filtra; se hace pasar por una dado, perforado con miles de orificios de aproximadamente 0,1 mm de diámetro cada uno, que está sumergido en un baño de ácido fosfórico y cloruro de sodio al 8%, con un pH de 2,5. Este cambio brusco de la alcalinidad a la acidez provoca que las

proteínas accionen más intensamente entre si, se alineen y produzcan hilos, que después integran haces los cuales se hacen circular por varios rodillos para que adquieran rigidez. (Badui, 2006)

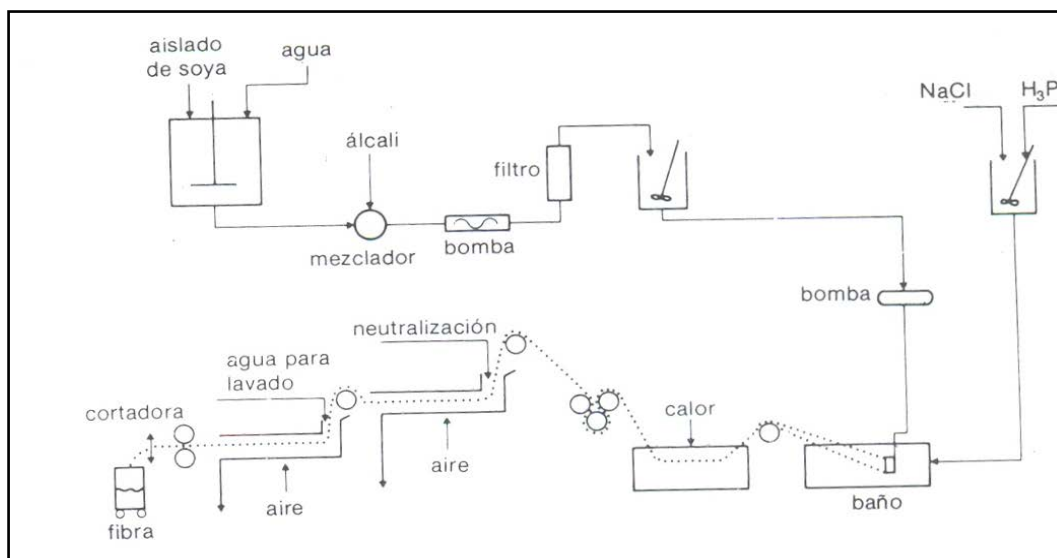


Figura. 2.8. Obtención de proteínas fibriladas de la soya. Fuente: Badui, 2006

Por otra parte, las proteínas asiladas mejoran sus propiedades funcionales cuando se someten a una ligera hidrólisis controlada; para tal fin, se ha empleado la papaína o la pepsina y el producto resultante presenta, por ejemplo, una mayor capacidad de espumado, a tal grado que llega a imitar a la de las albúminas del huevo. Por esta razón, se ha sugerido emplearse en la elaboración de diversos productos de la confitería, tales como dulces, pasteles, merengues, etc. (Badui, 2006)

2.6.3.1 Utilización de los aislados proteicos

A.- Productos cárnicos

En este apartado, sólo el uso del aislado proteico no texturizado se debatirá. Hay que recordar, sin embargo, que las principales aplicaciones del aislado proteico de

soya en relación con la carne y los productos relacionados, se basa en el uso de aislado proteico texturizado, de una forma u otra, para sustituir a la carne. (FAO, 1992)

En embutidos tipo emulsión, como frankfurters y bologna, y se utilizan para la humedad y la grasa por sus propiedades vinculantes, y como estabilizadores de la emulsión. Los niveles de utilización son del 1% al 4% sobre una base pre hidratada. El uso del aislado proteico en estos productos permite reducir la proporción de la carne en la formulación, sin reducir el contenido de proteínas o sacrificar la calidad comestible. (FAO, 1992)

Los métodos para la incorporación de productos de proteína de soya en todo el rubro de carne se han desarrollado recientemente. El aislado de proteína de soya es especialmente formulado para ser dispersado, a través de salmueras, en la carne, se inyecta en el músculo utilizando bombas. También es posible incorporar la proteína en superficie por la aplicación de la proteína que contiene salmuera, seguida de un masaje o se sumerge, como se practica en la industria de la carne tratada. Las formulaciones típicas salmuera contienen sal, azúcares, fosfatos, nitritos y / o el ácido ascórbico. (FAO, 1992)

B.- Productos del mar

La aplicación más importante en esta categoría en el uso aislado proteico es en embutidos de pescado y de surimi, productos basados en la pesca reestructurada en el Japón. El surimi es una carne de pescado picada y ampliamente lavada.

C.- Productos de cereales

El aislado proteico se utiliza, a veces, en lugar o en combinación con la harina de soya, en la formulación de mezclas substitutas de la leche, en productos de panadería.

El aislado proteico se ha utilizado para el enriquecimiento de la proteína de la pasta y en especial del pan. En estas aplicaciones, el alto contenido de proteína y insipidez del aislado proteico son claras ventajas.

D.- Productos lácteos

Las proteínas aisladas de soya se utilizan en los productos lácteos no blanqueadores de café, emulsionar queso crema, en helados no lácteos etc La base de estas aplicaciones es, la demanda de alimentos no lácteos (totalmente vegetariana, libre de colesterol, libre de alergenios), así como de la economía.

La Imitación de quesos ha sido producida a partir de las proteínas aisladas de soya, con o sin componentes de suero de leche. Los tipos de quesos que se pueden producir son blandos, semi-blando, de superficie cultivada (imitación camembert) y los quesos madurados duro.

E.- Productos para lactantes

Las fórmulas para lactantes consiste en sólidos, propios de la leche, que han sido sustituidos por productos de soya y estos están bien establecidos como productos comerciales. ISP es el ingrediente preferido de soya, debido a su insipidez, la ausencia de gases productores de azúcares y el insignificante contenido de fibra. El principal mercado para estos productos lo constituyen los bebés intolerantes a la lactosa. Sin embargo, la dieta basada en proteína de soya busca entrar en las fórmulas de mayor uso en geriatría y como alimentación después de operaciones, así como en los programas de reducción de peso.

F.-Otros usos

Las proteínas parcialmente hidrolizadas de soya poseen buenas propiedades de estabilización de la espuma y puede utilizarse como agentes de flagelación en combinación con albúmina de huevo o huevos enteros en productos de confitería.

El secado por atomización del aislado de proteína de soya ha demostrado ser eficaz para elaborar el puré de fruta. En esta aplicación, se puede reemplazar maltodextrinas, con la ventaja de que la proteína contribuye al producto final. Una nueva base fue producida por la atomización-secado de puré de plátano maduro que contiene hasta un 20% de materia seca aislado proteico. (Mizrahi y col., 1967).

2.7.- PROPIEDADES FUNCIONALES

Las propiedades funcionales están relacionadas con la composición de aminoácidos y la secuencia (estructura primaria), así como la configuración espacial de la molécula de proteína y entre las fuerzas moleculares (estructuras secundaria y terciaria). Productos de la proteína de soya con propiedades funcionales únicas están disponibles y constituyen herramientas importantes en la formulación de los llamados "alimentos fabricados". (FAO, 1992)

Por problemas de disponibilidad de alimentos de origen animal, en los últimos años han surgido diversas tecnologías que permiten la incorporación de proteínas vegetales en diversos productos tradicionales. Las propiedades funcionales de polipéptidos son muy importantes para la fabricación de diversos alimentos; por esta razón, en muchas ocasiones el fabricante selecciona las proteínas de alimentos con dichas propiedades, sin atender a su valor nutritivo. (Badui, 2006)

Es relativamente sencillo fabricar un alimento que contenga proteínas, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas, minerales, etc.; esto puede hacerse combinando todos los contribuyentes en una proporción adecuada; el mayor problema en estos desarrollos

es elaborar el producto con características adecuadas de textura, sabor, apariencia y aroma. Al mezclar los componentes es preciso considerar que el alimento debe cumplir ciertas condiciones que sean atractivas para el consumidor y que despierte su interés; además debe presentar algunas características que permitan procesar o prepararlo con un mínimo de problemas. Por esto es necesario tener mucho cuidado al seleccionar una proteína, ya que ésta debe presentar ciertas propiedades funcionales que la hagan adecuada para el alimento deseado. Existen muchos trabajos de investigación que muestran dichas propiedades de la soya; sin embargo, generalmente se emplean estos polímeros en sistemas modelo y no en un alimento complejo en el que no se tiene control total de todas las variables. Por esta razón, para determinar la función habilidad de una proteína, es mejor utilizarla en el alimento directamente y observar su comportamiento; esto provoca interacción con otros constituyentes, tales como grasas, hidratos de carbono, otras proteínas, entre otros. (Badui, 2006)

Los derivados de la soya (harinas, concentrados y asilados) tienen una composición definida, por lo que actúan de distintas maneras en relación con su funcionalidad como emulsionante, hidratante, gelificante, espumante, entre otros. La tabla 2.12 muestra las propiedades funcionales de la proteína de soya en algunos sistemas de alimentos, el contenido proteínico es particularmente importante desarrollar estas características, aunque también pueden influir otros constituyentes; por ejemplo, una harina absorbe mayor cantidad de agua que los concentrados y que los aislados debido a la presencia de hidratos de carbono. (Badui, 2006)

Tabla 2.12. Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en algunos sistemas de alimentos

Propiedad funcional	Forma de la proteína	Sistema utilizado
Emulsificación		
Formación	H,C,A	Salchichas, embutidos, salami, panes, pasteles y sopas

Tabla 2.12. Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en algunos sistemas de alimentos. (Continuación).

Propiedad funcional	Forma de la proteína	Sistema utilizado
Estabilización	H,C,A	Productos batidos como crema chantilly, postres congelados, embutidos en general
Absorción de grasa		
Promoción	H,C,A	Salchichas, embutidos y hamburguesas
Prevención	H,A	Donas y bollos
Absorción de agua		
Absorción	H,C	Pasteles, panes y pastas
Retención	H,C	Pan y pasteles
Textura		
Viscosidad	H,C,A	Sopas y salsas
Gelificación	A	Sustitutos de la carne molida
Formación de fibras	A	Sustitutos de la carne
Formación de masa	H,C,A	Productos de panificación
Formación de películas	A	Salchichas y salami
Adhesión	C,A	Embutidos, carnes frías y productos cárnicos
Cohesión	H,A	Productos horneados, macarrones, y sustitutos de carne
Elasticidad	A	Productos horneados y sustitutos de carne
Control de color		
Blanqueado	H	Pan
Oscurecimiento	A	Pan y derivados
Aeración	A	Productos batidos y confituras

H = harinas; C = Concentrado; A = Aislado. Fuente: Badui, 2006

Se utilizan en la industria de la carne para elaborar embutidos, salchichas, hamburguesas, entre otros, ya que ayudan a formar emulsiones estables pues cuando gelifican producen una estructura tridimensional. Controlan la absorción de agua en pastas del tipo de los macarrones, en dulces. Además, la soya y sus derivados se emplean para controlar y producir la textura de diversos alimentos gracias a sus propiedades de gelificación, elasticidad y producción de fibras. (Badui, 2006)

Las harinas desgrasadas tienen capacidades de absorber agua y de emulsionar grasa, mismas que disminuyen a medida que las proteínas se desnaturalizan y el tamaño de partícula aumenta; es decir, los polipéptidos que han sufrido intensos tratamientos térmicos no presentan estas funciones y los demás en estado natural son los mejores. Por lo tanto se debe encontrar un equilibrio entre dicha funcionabilidad y el valor nutritivo, ya que, este último sí se incrementa con un calentamiento controlado. En algunos alimentos es posible llegar a un óptimo; tal es el caso de las industrias de la panificación que requiere de proteínas no desnaturalizadas para la formación de la masa (propiedad funcional) que posteriormente se hornea para producir el pan (mejora el valor nutritivo).
(Badui, 2006)

Las harinas de soya sin desgrasar que no se someten a tratamientos térmicos tienen una solubilidad mínima de aproximadamente 70% y retienen su actividad enzimática, principalmente de lipoxigenasa; esta enzima provoca la decoloración del trigo, razón por la cual en ocasiones se añade de 0,5 a 1,0 % de harina de soya a la harina de panificación. (Badui, 2006)

Sus propiedades nutritivas hacen que la soya sea un producto de mucha importancia en la industria alimentaria, ya que puede emplearse en la elaboración de productos que imiten la leche humana, complementos alimenticios, derivados vegetales y otros; así se han desarrollado diversas mezclas comerciales de carne molida de res con soya (por ejemplo 75/25%) que reducen el costo de la carne de manera

considerable y que presentan una calidad nutricional muy adecuada para el consumo humano esta comparación se presenta en la tabla 2.13. (Badui, 2006)

Tabla 2.13. Análisis comparativo de la carne y de la mezcla carne-soya

Componentes	Carne de res molida	Carne de res / soya (75/25)
Proteína (%)	17,0	17,0
Grasa (%)	25,0	23,0
Hidratos de carbono (%)	-	3,0
Ceniza (%)	0,5	3,0
Humedad (%)	57,5	54,0
Calorías / 100g	293,0	287,0
B ₁ (mg/100g)	0,08	0,11
B ₂ (mg/100g)	0,16	0,14
Niacina (mg/100g)	4,33	3,44
Hierro (mg/100g)	2,17	2,17
Calcio (mg/100g)	15,1	20,9
B ₆ (mg/100g)	0,4	0,55
Fósforo (mg/100g)	173,0	173,0
B ₂₁ (µg/100g)	1,9	1,5
REP	2,76	2,68

Fuente: Badui, 2006

Se ha propuesto utilizar la soya para enriquecer la dieta de pueblos cuya alimentación se basa en el maíz, que es deficiente en triptófano y en lisina. En la tabla 2.14 se observa el aumento de la relación de eficiencia proteínica que experimenta este

cereal al añadirle diferentes cantidades de la oleaginosa; es evidente la complementación que existe ya que con solo añadir a la masa 8% de proteína de soya aislada o 10% de harina, el valor de REP de la tortilla aumenta de 1,8 a 2,5. La mezcla de diversas proteínas vegetales y animales se complementa y se enriquece aun más con la adición de algunos aminoácidos, principalmente metionina y lisina. (Badui, 2006)

Tabla 2.14. Valor nutritivo de la tortilla elaborada con mezclas de soya y maíz

Enriquecimiento (% de soya)	REP	%REP de la caseína	%UNP de la caseína
0	1,8	59	46
8	2,5	84	65
16	2,6	86	70
Caseína	3,0	100	100

Fuente: Badui, 2006

2.8 FACTORES ANTIFISIOLOGICOS DE LA SOYA

La soya, al igual que muchos tejidos, produce metabolitos propios de su sistema que en ocasiones pueden ser muy dañinos para el hombre. Se ha visto que al alimentar a ciertos animales de laboratorio con soya cruda, con o sin grasa, éstos presentan problemas de inhibición del crecimiento, reducción de la digestibilidad de la proteína y de la disponibilidad de los aminoácidos, vitaminas y minerales, además de una hipertrofia pancreática. Estos efectos relacionan directamente con los factores antifisiológicos propios de esta leguminosa, que deben eliminarse con un tratamiento térmico; sin embargo, un calentamiento excesivo trae consigo cambios muy dañinos en la proteína, que se reflejan en una reducción de la relación de eficiencia proteínica; es decir se requiere optimizar las condiciones de tiempo-temperatura para eliminar los factores antifisiológicos y conservar al máximo el valor nutricional. (Badui, 2006)

Cabe recordar que los estudios toxicológicos se llevan a cabo generalmente con ratas, cuyo sistema metabólico no es igual a del hombre o al de otros animales; por esta razón, los resultados que se obtiene en estas circunstancias no siempre se pueden extrapolar al humano. (Badui, 2006)

2.8.1 INHIBIDORES DE PROTEASAS

Estos compuestos son generalmente proteínas de bajo peso molecular bajo con capacidad de asociarse con las enzimas proteolíticas y formar un complejo estable que no tiene actividad catalítica. No son exclusivas de estas leguminosas ya que también se han identificado en otras y en diversos cereales, tubérculos, frutas, verduras, etc.; sin embargo los inhibidores de la soya, que son los que mas se han estudiado, son en realidad un grupo de siete a 10 polímeros que pueden ser variantes genéticas, cuyos efectos se reflejan de manera distinta en cada caso. De todos ellos los más conocidos son los que actúan inhibiendo la actividad proteolítica de la tripsina y la quimotripsina y que se llaman de Kunitz y de Bowman-Birk; ambos se localizan en la fracción 2S y tiene pesos moleculares de 21500 y 8000 daltones, respectivamente. (Badui, 2006)

En su mecanismo de acción, una molécula del Kunitz interactúa estequiométricamente con una de tripsina; tiene una gran estabilidad ya que mantiene su actividad en un intervalo de pH de 1 a 12, pero se desnaturaliza al calentarlo a temperaturas superiores a 80°C; en ocasiones, cuando el tratamiento térmico no es suficiente, puede regenerar su estructura terciaria y recuperar su función. Contiene un enlace disulfuro, por lo que el efecto de los agentes reductores, como la cisterna, causa su inactivación debido a que se favorece un intercambio sulfhidrilo-disulfuro. (Badui, 2006)

Por su parte, el de Bowman-Birk es más resistente a la desnaturalización que el anterior ya que requiere de temperaturas de autoclave durante varios minutos; igualmente, resiste más a los ácidos y a la acción hidrolizante de las enzimas

proteolíticas. Las siete cistinas por mol que contienen establecen enlaces disulfuros moleculares que le confieren una estructura rígida. Se encuentra en una concentración menor (aproximadamente 0,6%) que la de Kunitz (1,4%). (Badui, 2006)

Los efectos dañinos que se derivan de su consumo se resumen en la tabla 2.15. Cada forma comercial de la soya contiene una concentración diferente de inhibidores, cuya actividad se puede eliminar prácticamente de manera total sometiéndose a un adecuado tratamiento térmico; se ha visto que es preciso destruir 80% de la concentración para obtener un valor máximo de relación de eficiencia proteínica, y que con solo 50% se elimina la hipertrofia pancreática.

Tabla 2.15. Efectos nocivos de los inhibidores de tripsina

Inhibe el crecimiento

Reduce la digestibilidad de la proteína

Incrementa los requerimiento de aminoácidos azufrados

Agranda el páncreas

Estimula la secreción de enzimas pancreáticas

Estimula la actividad de la vesícula biliar

Reduce la energía metabolizante

Inhibe la proteólisis

Fuente: Badui, 2006

La figura 2.9 muestra la dependencia que existe entre el REP y la actividad del inhibidor de tripsina con respecto a los tratamientos térmicos. (Badui, 2006)

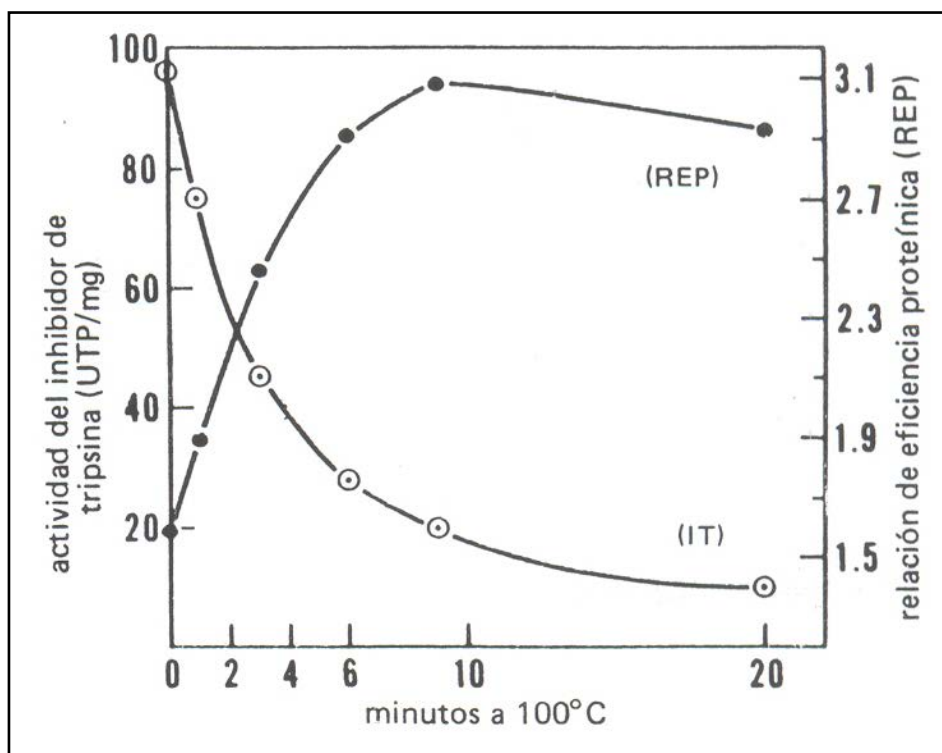


Figura. 2.9 Efecto del tratamiento con vapor en la actividad del inhibidor de tripsina (IT) y en la REP de la soja. Fuente: Badui, 2006

2.8.2 HEMAGLUTINAS

Tradicionalmente, las hemaglutinas o lectinas se consideraban factores antifisiológicos, aunque en la actualidad ya se han desechado de esta categoría.

Al igual que los inhibidores de proteasas, las lectinas o hemaglutinas, son proteínas cuyo peso molecular es de aproximadamente 100000; tienen la peculiaridad de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre *in Vitro*, y abundan mucho en el reino vegetal. En la soja se han identificado cuatro diferentes, capaces de llevar a cabo esta aglutinación aunque nunca se ha comprobado que la efectúen *in vivo*; son generalmente glucoproteínas y llegan a tener un contenido hasta de 10% de hidratos de carbono, aunque algunas adolecen de ellos. (Badui, 2006)

En los animales producen un efecto mas dañino cuando se suministran en forma inyectada; consumida de manera oral realmente no tiene acción biológica ya que se inactivan en contacto con el acido y la pepsina del sistema digestivo. Además, son termolábiles y se inactivan con los calentamientos normales a los que se someten los productos a base de soya. Incluso se ha visto que las harinas a las que se le ha eliminado las hemaglutinas mediante una técnica de cromatografía por afinidad, no mejoran el valor de REP. Por todo lo anterior, es el consenso general que estos compuestos ejercen una influencia despreciable en la calidad nutricional de la soya y sus derivados. (Badui, 2006)

2.8.3 OTROS FACTORES ANTIFISIOLOGICOS

En la soya se han identificado compuestos capaces de inducir el bocio ya que evitan la fijación del yodo en la glándula tiroides; entre las crucíferas como el rábano, la col y la mostaza, también se encuentran muchos de ellos pero con características químicas de tioglucósidos. Sin embargo, en el caso de esta leguminosa, la estructura de los agentes biogenéticos es de oligopéptido o glucopéptido, pero es poca su actividad y además se destruye con los tratamientos térmicos tradicionales. (Badui, 2006)

La soya también contiene saponinas en una concentración de 0,5%, pero a diferencia de otras, éstas no son toxicas ya que aun en elevadas cantidades no causan problemas de toxicidad en los animales de laboratorio. Su estructura química es de glucósido, se hidroliza por la microflora intestinal en sus correspondientes hidratos de carbono y sapogenia y no se han detectado en la sangre de las ratas en que se probaron. Se consideran toxicas pues *in vitro* inyectadas causan hemólisis de los eritrocitos; sin embargo cuando los vertebrados las consumen oralmente no son dañinas. Para los peces y algunos anfibios son perjudiciales pues disminuyen la tensión superficial y asfixian la respiración bronquial. Por estas razones, ya no se consideran como un factor antifisiológico. (Badui, 2006)

Además de estos agentes, la soya también contiene compuestos fenólicos que ejercen una acción estrógena en los animales que la consumen; estos se refiere a un efecto similar al que producen las hormonas esferoidales estradiol y estronal. Las isoflavonas genisteína y daidzeína se encuentran en concentración muy baja en esta leguminosa y no resistentes a temperaturas de autoclave; en el humano no tiene verdaderamente una acción fisiológica significativa. (Badui, 2006)

2.9 LOS PRODUCTOS DE LA SOYA Y LA DIETA HUMANA

En países como Estados Unidos y Japón el consumo de soya tiene trayectoria amplia y posee referencias históricas, por ejemplo, en Estados Unidos el cultivo de soya se inició a nivel comercial durante los años 60, en poco tiempo se llegó a la conclusión de que este grano proporcionaba un aceite comestible de excelente calidad y que el subproducto de la fabricación del aceite de soya, una pasta desgrasada, constituía un magnifico alimento para el ganado y las aves de corral. El aceite de soya se ha convertido en un importante aceite comestible para la alimentación humana; sin embargo, la proteína de soya no ha sido un componente tradicional de la dieta occidental, pero si en la dieta oriental. (ASA, 1996)

La hasta ahora relativamente baja participación de la soya en la dieta humana tiende a incrementarse debido al valioso perfil nutricional de este frijol o leguminosa, bajo costo, referido a la proteína de origen animal; cada día se observan en anaqueles de abastecimiento alimentarios la presencia de la soya en sus diferentes formas, se pueden observar aceites, harinas, carne (en forma de harina texturizada), leche en polvo, etc. (ASA, 1996)

2.9.1 PAPEL DE LA PROTEÍNA DE SOYA EN LA DIETA Y LAS ENFERMEDADES.

Para efectos de este trabajo de grado, el término “proteína de soya” es utilizado

en sentido genérico para referirse al grupo de productos de soya que se consumen en forma más o menos generalizada. Estos productos incluyen harinas, concentrados, aislados, tofu y leche, la tabla 2.16 refleja la composición de proteína de soya que son comunes a la población. En el mundo occidental, solamente algunos productos de soya como el tofu y los helados a base de soya se consumen en forma directa, mientras que la mayor parte de la proteína de soya se integra como ingrediente en sistemas mixtos de alimentos en forma de harina, concentrado o aislado. En este trabajo exploraremos el papel de la proteína de soya en las dietas nutricionalmente balanceadas, así como su posible influencia en una salud óptima. (ASA, 1996)

Tabla 2.16 Composición de productos de proteína de soya comunes*

Nutriente	Harina de soya Integral tostada	Harina de soya desgrasada	Concentrado de proteína de soya	Aislado de proteína de soya
Proteína (N x 6.25) (g)	38,1	51,5	63,3	88,3
Lípidos (g)	21,9	<1,0	0,5	34
Carbohidratos (total) (g)	30,4	33,9	25,4	0,0
Fibra cruda (g)	2,2	4,3	3,8	0,3
Agua (g)	3,8	7,3	5,8	5,0
Cenizas (g)	5,9	6,2	4,7	3,6
Minerales				
Calcio (mg)	188	241	363	178
Hierro (mg)	5,8	9,2	10,8	14,5
Magnesio (mg)	369	290	315	39
Fósforo (mg)	476	674	839	776
Zinc (mg)	3,6	2,5	4.4	4,0

**Tabla 2.16 Composición de productos de proteína de soya comunes*
(Continuación).**

Nutriente	Harina de soya Integral tostada	Harina de soya desgrasada	Concentrado de proteína de soya	Aislado de proteína de soya
Vitaminas				
Tiamina (mg)	0,41	0,70	0,32	0,18
Riboflavina (mg)	0,94	0,25	0,14	0,10
Niacina (mg)	3,29	2,61	0,72	1,44
Vitamina B-6 (mg)	0,35	0,57	0,13	NR**
Ácido Fólico (mg)	0,23	0,31	0,34	0,18

*Fuente de Referencia (Asociación Americana de Soya, 1996) , cantidad en 100 g

**NR. No Reportado

2.9.2 DIETAS NUTRICIONALMENTE BALANCEADAS

Es claro que uno de los objetivos fundamentales de las ciencias médicas y la nutrición es el fomento y la promoción del consumo de dietas balanceadas desde el punto de vista nutricional; es decir, dietas balanceadas en términos de proteínas totales, patrón de aminoácidos, grasa carbohidratos, fibra, vitaminas, minerales y valor calórico total. Los profesionales de la salud cuentan con la publicación Recomendaciones Dietéticas (RDA) y otros requerimientos publicados por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud. Además, el departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha publicado siete boletines que complementan y ayudan a implementar las guías dietéticas definidas por esa institución. Dichas normas son: 1) consumir alimentos variados; 2) mantener un peso deseable; 3) evitar el consumo excesivo de grasas; 4) evitar el consumo de ácidos grasos saturados y de colesterol; 5) ingerir alimentos con un contenido adecuado de

almidón y fibra; 6) evitar el consumo excesivo de azúcar; 7) no ingerir mucho sodio; y 8) si se consume bebidas alcohólicas hacerlo con moderación. (ASA, 1996)

Una manera conveniente de modificar los patrones típicos de la dieta venezolana, para que se ajuste a las disposiciones anteriores, consiste en la substitución parcial de alimentos de origen animal por cereales y leguminosas. El consumo moderado de cereales y leguminosas en la dieta puede mejorar el estado de nutrición en relación a peso deseable, grasa total, ácidos saturados, colesterol, almidón y fibra; es decir prácticamente la mayoría de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para una dieta sana. Se ha demostrado que los alimentos a base de soya se adaptan muy bien a una dieta modificada, ya que cuentan con un buen perfil de aminoácidos, como se vio en la tabla 2.4, gran variedad de vitaminas y minerales, y en los productos integrales, con un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados. (ASA, 1996)

El perfil de aminoácidos de la proteína de soya es bastante completo para una proteína de origen vegetal. La comparación de diversos productos de soya con los patrones recomendados por la Comisión de Alimentos y Nutrición o por la Organización para la agricultura y la Alimentación, muestra que estos productos tienen un contenido adecuado de aminoácidos esenciales como histidina, isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptofano y valina. Solamente el valor total combinado de los aminoácidos azufrados esenciales, metionina y cistina cae debajo de los patrones recomendados en la mayoría de los productos de soya. (ASA, 1996)

Por otra parte, la concentración de lisina en la proteína de soya, es particularmente elevada. Su abundancia en esta leguminosa de bajo precio hace de la soya una fuente de proteína de primer orden a nivel mundial. La lisina es muy escasa en la mayoría de las fuentes básicas de proteína vegetal que se consumen en áreas donde hay desnutrición proteica. La complementación de cereales como el arroz, el

trigo o el maíz con la proteína de soya mejora notablemente el nivel de proteínas. (ASA, 1996)

Torun (1981) realizó experimentos para evaluar la conveniencia del uso de proteína de soya en niños y lactantes y llegó a la conclusión de que los productos de soya debidamente procesados, eran comparables con la leche en cuanto a calidad proteínica, par preescolares y niños más grandes. Para lactantes de término, se acepta en general que las formulas a base de proteína de soya promueven el crecimiento en forma similar a las formulas a base de leche de vaca. Además, las formulas de soya pueden producir menos alergias que la leche de vaca. (ASA, 1996).

Los infantes prematuros presentan problemas especiales. Los niños prematuros que tienen edad gestacional baja y un peso inferior al normal, padecen de una absorción diferente de la lactosa y de las grasas como un síntoma secundario relacionado con su inmadurez. Las formulas a base de proteína de soya ofrecen la ventaja de carecer de lactosa y tener la gracia digestible. Sin embargo, es posible que las formulas a base de soya no sean la fuente ideal de proteína para estos lactantes. Naude y col., (1979), descubrieron una menor ganancia en el peso y niveles bajos de albúmina en el suero de niños de muy bajo peso al nacer, alimentados con soya en comparación con los alimentos de leche de vaca, después de 32-35 días de alimentación. Tourun (1981) sugiere que la formula a base de soya puede ser utilizada en infantes con bajo peso al nacer, durante periodos cortos (2-3 semanas). Brady y col. (1986), han notado que los recientes adelantos en el conocimiento de los requerimientos nutricionales de infantes pre-termino han llevado a modificaciones en las formulas para que contengan mas proteína que la leche materna y que las formulas infantiles convencionales. Las formulas para infantes pre-término contienen suero láctico desmineralizado con una proporción de 60:40 suero-caseína. El suero láctico contiene más cistina y menos metionina que la caseína y parece ser más adecuado para los infantes inmaduros. (ASA, 1996)

Podemos concluir que, excepto en el caso de los infantes prematuros, la proteína de soya puede utilizarse como fuente única de proteína en la dieta humana. El empleo de metionina como suplemento puede ser recomendable en las formulas para lactantes; sin embargo no es necesaria en las dietas de niños y adultos. Esta conclusión está basada en la suposición de que la proteína de soya a cocción por calor para optimizar la digestibilidad de la proteína y reducir la presencia de los inhibidores de proteína termolábiles. (ASA, 1996)

La digestibilidad de una proteína se refiere a la capacidad del hombre o de los animales para hidrolizar las proteínas con los ácidos del estomago y con las enzimas proteolíticas para producir péptidos pequeños y aminoácidos libres. Esencialmente, todas las proteínas para consumo, en particular las de origen vegetal, requieren de algún tratamiento térmico para desnaturalizar la proteína lo suficiente como para permitir el adecuado desdoblamiento enzimático y la digestión. La digestibilidad puede medirse en el hombre proporcionando cantidades conocidas de proteína y midiendo la pérdida de nitrógeno en heces. Una vez hechos los ajustes por concepto del recambio normal de proteínas a nivel intestinal, se puede estimar el porcentaje de digestibilidad. En el caso de productos a base de proteína de soya adecuadamente procesada, se puede esperar una digestibilidad real del 92% al 10%. En uno de los estudios, hombres jóvenes fueron alimentados con proteína de soya y res como única fuente de proteínas, durante periodos metabólicos de 10 días. A digestibilidad entre el aislado de proteína durante todos los periodos metabólicos fue de 98%, indicando una equivalencias en digestibilidad entre el aislado de proteína de soya y la carne de res. (ASA, 1996)

Estos estudios se realizaron sometiendo la proteína de soya a un adecuado procesamiento térmico. Como se mencionó anteriormente el tratamiento térmico desnaturaliza en forma parcial a la proteína y aumenta u digestibilidad. El sobrecalentamiento puede dar como resultado la oxidación de los aminoácidos y puede reducir la calidad de la proteína, pero este riesgo se puede prevenir con un adecuado proceso de control. (ASA, 1996)

2.9.3 VALORES DE REFERENCIA DE ENERGIA Y NUTRIENTES PARA LA POBLACION VENEZOLANA

2.9.3.1 PROTEINAS

Las proteínas de la dieta debes ser suficientes para cumplir con varias funciones, entre ellas, crecimiento, reposición y mantenimiento de tejidos, generar enzimas, hormonas, anticuerpos, balance de electrolitos, balance ácido-básico, transporte de energía, para garantizar la respuesta inmunológica, la cicatrización y la conservación de todos los órganos y sistemas corporales. (INN, 2000)

El aprovechamiento de las proteínas por el organismo depende de la cantidad y la calidad de las mismas, debido al efecto en el estado nutricional y la composición corporal dependiendo de la edad, peso, sexo y adecuación energética. Para lograr la cantidad necesaria de proteínas se han establecido valores de referencia que deben aportar los alimentos, los cuales se estiman con base en necesidades tanto individuales como de población. (INN, 2000)

En los últimos años en el país, a pesar del deterioro de la situación socioeconómica, la disponibilidad de proteína se mantuvo adecuada según los datos de las hojas de balance de alimentos 1996/1997. Por otra parte se reportó que entre 1990 y 1197, según estudios en diferentes estratos de la población, el consumo de proteínas es superior al requerimiento promedio de la población. (INN, 2000)

Para el cálculo de estos valores de referencia de proteína el INN tomo como base la metodología usada en un documento de su propia autoría del año 1993 manteniendo algunos criterios del documento FAO/OMS/ONU del 1985 y se añadieron las siguientes modificaciones: a) se ajustaron los valores a las edades y pesos para la población venezolana actual, establecidos por FUNDACREDESA, b) se analizaron los datos de consumo para niños menores de 6 años, adolescentes, embarazadas y adultos mayores aportados por los equipos de trabajo de los grupos vulnerables

específicos y c) se analizaron varias publicaciones, en especial el documento del grupo de expertos de la OMS/FAO que trabajó sobre los límites inferiores y superiores para el consumo de energía y proteínas. (INN, 2000)

Niños. El grupo de expertos que trabajó en el informe de la OMS de 1996 indica que los requerimientos en los niños con peso normal deben ser determinados considerando las necesidades para el mantenimiento y crecimiento lineal apropiado para su edad y talla, recomendando 2g/kg/día de proteínas para una dieta mixta y cuando los requerimientos se hace con base en el consumo, este valor en los niños puede ser mayor, siempre que los valores de referencia propuestos cumplan con lo indicado (tablas 1.2 y 1.3 del capítulo I).

Adolescentes. En este grupo se consideró el incremento de la demanda de energía y nutrientes, como consecuencia del brote puberal del crecimiento en los distintos componentes. Para estimar los requerimientos en esta etapa es mas importante la edad biológica que la cronológica.

Embarazadas. En las gestantes adolescentes y las madres con varios fetos, se debe calcular la proteína adicional para el propio crecimiento de la madre. Entre los 15-18 años se recomienda 1,5 g/kg/día y en las menores de 15 años 1,7 g/kg/día, en ambos casos la ingesta de energía debe ser suficiente para garantizar el uso de las proteínas en sus funciones metabólicas, sin embargo el porcentaje de embarazos en menores de 15 años se ha incrementado. (INN, 2000).

Los valores de referencia para el año 2000 se hicieron para alcanzar un mínimo de 1,1 g/kg. Se tomaron los valores de proteína para las mujeres entre 15-39 años y se le adicionó un valor promedio de 12 g de proteínas, para obtener un rango de 1,1 a 1,7 g/kg, esto se observa en la tabla 1.3 del capítulo I, lo que equivale a un valor de referencia entre 73 y 86 g/día, de acuerdo a la edad.

2.9.4 HOJAS DE BALANCE DE ALIMENTOS 2002-2004 (INN)

Las Hojas de Balance de Alimentos (HBA) es un documento elaborado por el INN, con cooperación de FAO, FUNDACREDESA, INE, y otros, fue publicado en el año 2007 y su estudio abarco los años 2002, 2003 y 2004, contiene básicamente, las hojas de balance de alimentos, un conjunto de aplicaciones seleccionadas de las mismas, las cuales constituyen una base objetiva para aproximarse al conocimiento de la evolución, a lo largo del trienio indicado, de diferentes aspectos relacionados con la calidad nutricional de la dieta del habitante “promedio” de Venezuela y con la autosuficiencia relativa del país en materia de alimentos, energía alimentaría y nutrientes, el documento en su totalidad presenta cuatro secciones.

La sección I contiene una explicación de la Metodología empleada en el presente trabajo. Se inicia con unas “notas metodológicas” generales sobre algunos problemas particulares confrontados en relación con ciertos datos requeridos para elaborar la HBA y cómo se resolvieron. La Sección II contiene las Hojas de Balance de Alimentos 2002-2004. La Sección III cuantifica, para cada año considerado, los Aportes Nutricionales de las disponibilidades, a nivel de cada Grupo de Alimentos y del Grupo de las Bebidas Alcohólicas.

La Sección IV hace referencia a una selección de nueve Aplicaciones de la Hoja de Balance de Alimentos.

Parte este documento se encuentra en el apéndice D, que contiene las matrices de métodos de cálculo y códigos fuentes utilizados para calcular las disponibilidades y aportes de los diferentes grupos de alimentos, en el caso particular solo se presentan los grupos que proveen proteína, y se presenta también parte de las hojas de balance de alimento para el año 2004. (INN, 2007).

CAPÍTULO III

PROCESAMIENTO DEL GRANO

A continuación se presenta las características agrícolas y el (los) proceso (s) industrial (es), a partir del grano de soya, para la obtención de aceites, harinas, concentrados y aislados proteicos, así como también los productos comerciales desarrollados a partir de ellos. En el capítulo se encontrara la descripción detallada de los procesos con de etapas y equipos, figuras y diagramas (muchos de estos son referencias de empresas fabricantes de los equipos).

3.1. CARACTERISTICAS AGRICOLAS

La soya crece bien en casi todos los tipos de suelo, con excepción de las arenas pobres, es decir, con poca retención de agua. El pH óptimo del suelo es de 6,0 a 6,5, por lo tanto, es necesario mantener estas condiciones. Con respecto al clima, la soya crece mejor en zonas templadas. El cultivo de las diferentes variedades y períodos de maduración (grupos de madurez) ha permitido una producción óptima en una amplia gama de latitudes. Recientemente, un programa a nivel mundial, conocido como el Experimento Internacional de variedades de soya (ISVEX) y encabezado por el Programa Internacional de Soya (INTSOY), de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, demostró la viabilidad del cultivo de soya en las regiones tropicales y subtropicales también. Se llegó a la conclusión de que, dada la variedad de y condiciones experimentales, los rendimientos obtenidos en lugares tropicales y subtropicales son comparables a los observados bajo condiciones de clima templado (unos 1950kg. por hectárea). Aunque los rendimientos obtenidos en la producción real de los agricultores son mucho más bajos, los resultados de este experimento demostraron que se pueden ampliar considerablemente los límites de las posibles zonas de cultivo de soya del mundo.

Las precipitaciones en el rango de 500 a 700 mm., es necesaria para el buen rendimiento. El adecuado abastecimiento de agua es especialmente importante durante el período de desarrollo de la vaina y la semilla (etapa de llenado de vaina). El riego se considera ahora un factor esencial para el aumento de los beneficios y la seguridad para el agricultor.

Una característica importante de la soya es su capacidad de fijación de nitrógeno a través de la simbiosis bacteriana en el suelo. Se ha estimado que hasta el 50% del nitrógeno total de la planta puede ser proporcionado por el mecanismo de fijación de nitrógeno.

La soya se siembra a fines de primavera y principios de verano. La plena madurez se alcanza a principios o a mediados de otoño. En este punto, las hojas comienzan a colorearse de amarillo y suelta las semillas y comienzan a perder la humedad. La decisión sobre el momento de la recolección es importante. Idealmente, la soya debe ser cosechada cuando el contenido de humedad de la semilla es de 13%, que representa el máximo nivel de humedad seguro para el almacenamiento a largo plazo. Si el grado de humedad es superior, el secado con aire forzado será necesario antes de su almacenamiento. Por otra parte, si las semillas están muy secas, abiertas y con resquebrajamiento pudo haber ocurrido si la cosecha se hizo de manera mecánica. Otro factor a considerar es la pérdida de la respiración de las semillas entre la maduración y cosecha. La tasa de respiración es muy dependiente de la humedad, siendo mayor en el alto contenido de humedad. Por lo tanto, las pérdidas por la respiración pueden ser considerables si la cosecha se demora demasiado tiempo cuando, por ejemplo, la tasa de secado natural de las semillas es baja, debido al clima húmedo.

El uso de secadores de aire caliente proporciona mayor grado de flexibilidad en lo que respecta al tiempo de cosecha y cantidad a cosechar, independientemente de las condiciones meteorológicas. (FAO, 1992).

3.2 PROCESAMIENTO DEL GRANO

3.2.1 EXTRACCIÓN DEL ACEITE

Se presenta a continuación los procesos de extracción de aceite existentes, como material de partida se tienen granos limpios y descascarillados; en la actualidad, sólo hay dos procesos competitivos para la extracción del aceite de la soya: Proceso por prensado (utilizando el tornillo de prensa) y el proceso de extracción por solventes. (FAO, 1992).

3.2.1.1 EXTRACCIÓN POR PRENSADO DEL GRANO

3.2.1.1.1 Principio de operación

El expeller o tornillo de prensado se muestra en la figura 3.1 y consiste en un tornillo (o gusano), rotando dentro de una jaula cilíndrica (barril). El material a ser presionado se alimenta entre el tornillo y el barril y es impulsado por la rotación de tornillo en una dirección paralela al eje. La interacción de la rosca y su eje es tal que el material es comprimido progresivamente a medida que avanza, hacia la parte final del cilindro (barril).



Figura 3.1 Prensa Tornillo. DP-95A Digital oil press (expeller)

Fuente: Henan Double Elephants Machinery (2008)

El efecto de compresión que se puede lograr, por ejemplo, al disminuir la distancia entre el eje y tornillo de la jaula (aumento progresivo o gradual de los diámetros del eje) o por la reducción de la duración del giro del tornillo en dirección axial, aumentando gradualmente la presión, se libera el aceite que fluye de la prensa a través de las ranuras presentes en la periferia del barril, mientras que la torta ya prensada sigue avanzando en la dirección del eje, hacia una descarga formada por puertas instaladas en el otro extremo de la máquina.

Antes de entrar en el tornillo, las semillas oleaginosas deben ser limpiadas, descascarilladas (opcional), molidas, cocidas y secadas. El descascarillado facilita la liberación de aceite en la prensa debido a la disminución de la distancia que el aceite tendrá que desplazarse para llegar a la superficie de partículas. La cocción en presencia de humedad es esencial para la desnaturalización de las proteínas y, en cierta medida. La cocción da a las hojuelas un poco de dureza haciéndolas menos frágil y, por tanto, reduce el grado a laminillas como resultado de la cizalla en la prensa. Se debe cuidar el tamaño de poro por donde fluye el aceite fuera del barril, ya que si el tamaño es grande puede arrastrar aceite con sólidos en suspensión. Después de la cocción, se elimina el exceso de humedad, a fin de evitar la formación de hongos en la prensa. La cocción suele hacerse a través de la mezcla de hojuelas y vapor. Calor adicional puede ser proporcionado por vapor indirecto, mientras que la masa de la mezcla va al fondo. (FAO, 1992).

3.2.1.1.2 Ventajas y desventajas del proceso

Los tornillos de prensa o expellers se pueden utilizar con casi cualquier tipo de semillas oleaginosas y frutos secos. Por lo tanto, en una planta de uso múltiple construidas para procesar diferentes tipos de materias primas y no sólo soya, la utilización del expeler en el proceso puede resultar ventajosa. El proceso es relativamente sencillo y no requiere de capital-intensivo. Si bien la planta de extracción por solvente más pequeña tendría una capacidad de procesamiento de 100-200

toneladas por día, se disponen de expellers para capacidades mucho más pequeñas, hasta de unas pocas toneladas por día.

La principal desventaja de la prensa de tornillo es que hace que el proceso sea relativamente bajo en rendimiento para la obtención del aceite. Incluso las prensas más potentes no puede reducir el nivel de aceite residual en la torta resultante del prensado por debajo del 3 al 5%. En el caso de los productores de aceite de semillas como las de sésamo o cacahuetes, éstas todavía pueden ser aceptables. Además, la mayor parte del aceite que queda en la torta de extracción puede ser recuperada por una etapa de extracción por solvente. Esas dos etapas de procesos (prensado / extracción por solventes) son hoy día ampliamente aplicadas. En el caso de la soya, sin embargo, el 5% de nivel de aceite residual en la torta representa una pérdida de alrededor del 25%. La extracción con solventes no sería económica, a causa de la mayor parte de material que debe ser procesado por lo tanto el Pre-prensado/ extracción por solventes no se aplica a la soya. (FAO, 1992).

3.2.1.1.3 Equipo

A diferencia del equipo de extracción por solvente, que es suministrado por un número relativamente pequeño de fabricantes, las prensas de tornillo con amplia variabilidad y sofisticación dispone de una multitud de fabricantes. Sin embargo, la mejora técnica y las características avanzadas se pueden encontrar en los modelos ofrecidos por los principales fabricantes. Tales características incluyen: múltiples etapas con cambios de presión para aumentar la producción de aceite, el agua y el eje refrigerado en el barril, la facilidad de mantenimiento y reparación, mejoras en la unidad y la transmisión, la construcción de instalaciones sanitarias, de seguridad, etc La mayoría de fabricantes de estos equipos también ofertan equipos de cocción-secado, diseñados para operar con la prensa; éstos pueden ser horizontales (envueltos, tipo tornillo transportador), pero los tipos más comunes consisten en pequeños silos

verticales formados por cámaras (anillos) equipados con agitadores, se mostró un ejemplo en la figura 3.1. (FAO, 1992).

3.2.1.2 EXTRACCIÓN POR SOLVENTES

El diagrama de flujo que describe el proceso de extracción por solvente para la soya se muestra en Figura 3.2.

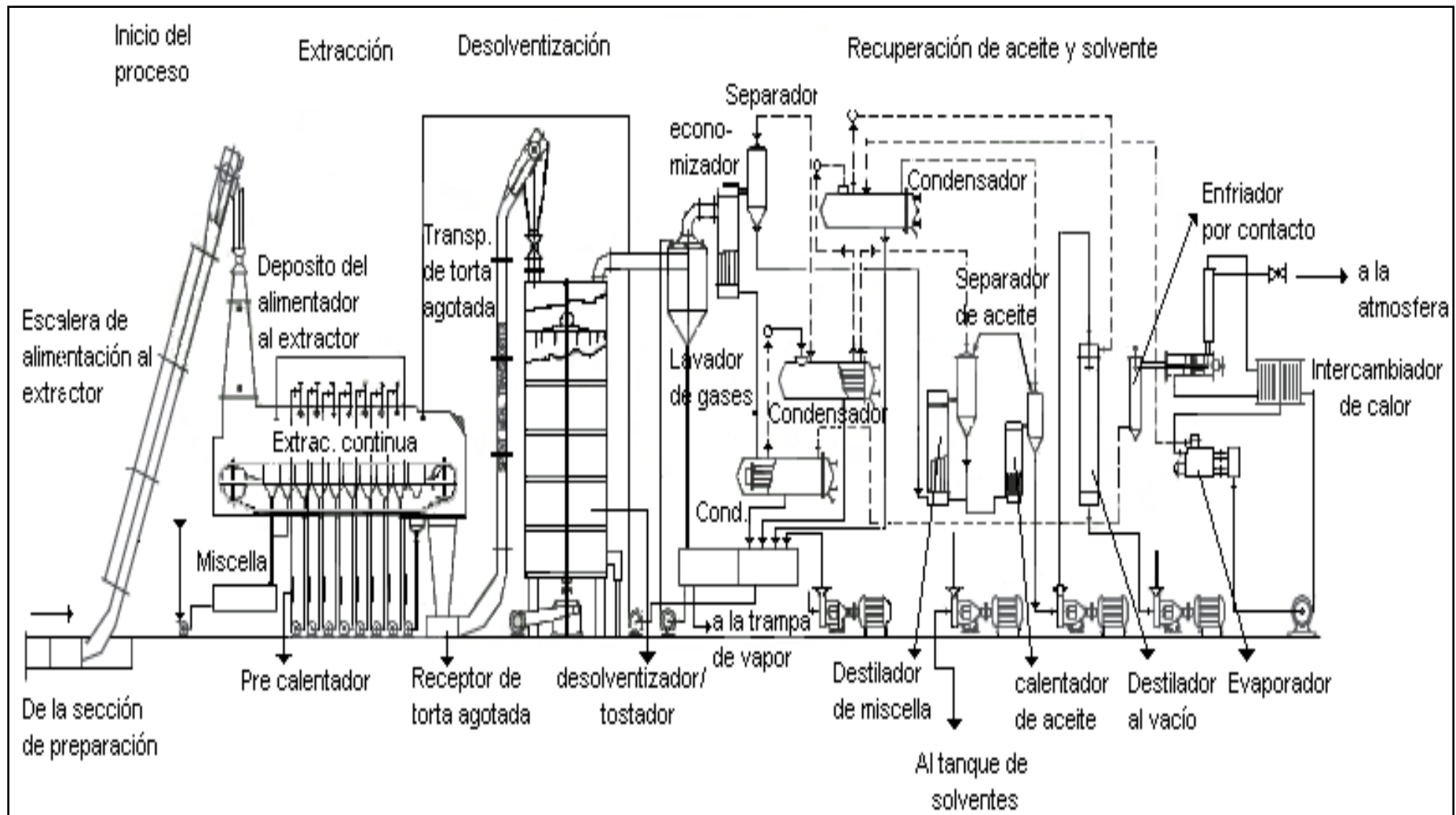


Figura. 3.2. Diagrama de proceso de una planta extractora de aceite por extracción con solventes. Fuente: TROIKA (2008)

3.2.1.2.1 Etapas

A.- Recepción y almacenamiento de la soya

Hoy en día, la soya se recibe en la fábrica casi exclusivamente a granel, se pesa, descarga y transporta a los principales silos de almacenamiento.

Los transportadores neumáticos se utiliza en grandes instalaciones mecánicas mientras transportadores y ascensores son más comunes en las plantas más pequeñas. Es muy importante mantener en buenas condiciones de higiene los alrededores de las zonas de recepción y, sobre todo, para proteger las semillas del contacto con la humedad. La zona de recepción, que consta de instalaciones al aire libre con una buena cantidad de circulación de personas y vehículos, tiende a ser una de las partes más críticas de la fábrica, desde el punto de vista de saneamiento.

Como la soya es comprada según su uso (animales y/o humanos), es necesario tomar muestras representativas para la evaluación de la calidad de cada lote en el punto de recepción. En las muestras se analiza humedad, origen del material, el color, granos partidos etc., a fin de determinar el cumplimiento de los criterios especificados para cada uso y el destino de los mismos. También es aconsejable determinar contenido de aceite, proteínas, ácidos grasos libres y otros factores de calidad, aun cuando estos criterios no son parte de la norma de clasificación y el sistema de precios. (FAO, 1992).

B.- Preparación para la extracción

Esta etapa comprende el secado, temple, limpieza, clasificación (opcional), grietas, deshumificación (opcional), el acondicionamiento y descascarillado. Un

diagrama de flujo para la preparación de la soya antes de la extracción con disolventes se muestra en la figura 3.3.

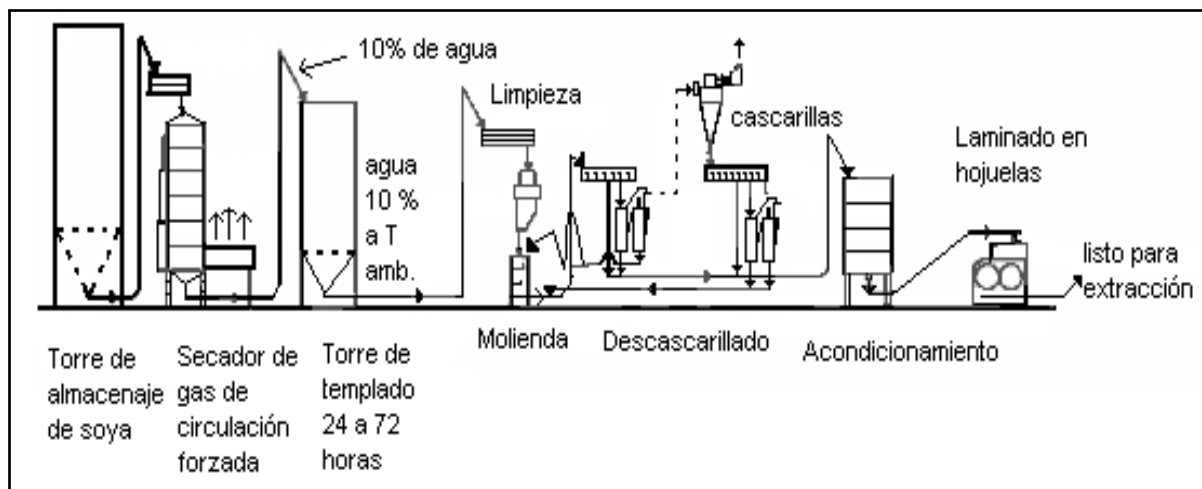


Figura 3.3. Diagrama de flujo del proceso de preparación previo la extracción por solventes. Fuente: Moore, 1983.

B.1 Secado

Si la soya es deshumidificada antes de la extracción, deben ser secadas a un contenido de humedad inferior al 10% con el fin de facilitar la separación de las cascarillas. Esto se logra en un secador de gas de circulación forzada. Si el contenido de humedad natural de los frijoles es de 10% o menos, no se realiza la deshumidificación, el paso de secado puede omitirse.

B.2 Templado

Después de la refrigeración, los granos de soya secos se almacenan en tanques de 2 a 5 días, con el fin de permitir el equilibrio de humedad por difusión. A esto se le llama temple. Los tanques para el templado, son por lo general silos verticales al aire

libre, para garantizar la alimentación ininterrumpida de la planta. Como todas las etapas de procesamiento son continuas, es necesario supervisar el flujo de la soya de los tanques a los grupos de trabajo en la planta de procesamiento, de conformidad con los planes de capacidad de procesamiento. Esto se hace por medio de balanzas automáticas instaladas en la alimentación final de la línea.

B.3 Limpieza

La soya está sometida a una serie de operaciones de limpieza durante todo el proceso. Posibles metales se eliminan por separadores magnéticos, puede ser imanes unidos a las transportadoras o rampas que llevan una corriente de granos. Para plantas más grandes, el tambor de imanes tipo rotatorio permite una continua remoción de los metales residuales de la superficie; ambos, imanes permanentes y electroimanes se pueden utilizar. Los imanes permanentes tienen la ventaja de estar prácticamente libre de mantenimiento, además, no consume energía eléctrica. Dado que los granos pueden llegar a ser contaminados de nuevo con hierros extraviados (tuercas y tornillos sueltos, clavos, etc.), pasan a través de la máquina de limpieza magnética varias veces a lo largo de la línea. Por lo tanto, es aconsejable la instalación de separadores magnéticos en la entrada de cada máquina, en la que la presencia de partículas de metal puede causar graves daños (la ruptura en molinos, por ejemplo).

Las piedras, arena, polvo y otros materiales extraños suelen ser eliminadas por métodos convencionales de limpieza. Normalmente, limpiar los granos consiste en una banda cubierta de dos mallas en vibración, La parte superior de la malla recolecta las piedras gruesas y otros materiales, la malla inferior conserva la soya, pero permite a las partículas finas como la arena para pasar a través de la malla gruesa. La basura, cascarillas libre de polvo y partículas se eliminan por aspiración y son atrapados en los ciclones.

B.4 Clasificación

La finalidad de esta operación es separar los granos. Este paso es opcional y se aplica sólo si la soya ha de ser procesada para el consumo humano. La clasificación se realizó mediante una simple operación de tamizado.

B.5 Molienda

El objetivo de esta operación es la de partir las semillas en partículas más pequeñas para el posterior descascarillado. Si los frijoles se han secado a 10% de humedad y templado como se ha descrito anteriormente la ruptura de la cascarilla se favorece y permite su separación por aspiración, esta parte del proceso se refleja en la figura 3.4. Lo ideal sería que el grano debe ser partido de 4 a 6 partes, de tamaño bastante uniforme. Este tipo de molino consiste en pares de rodillos corrugados que giran juntos uno en sentido contrario al otro, además un rodillo de cada par gira más rápido que el otro, proporcionando el efecto necesario para romper el grano. Estos rodillos tienen un diámetro por del orden de 25 cm y la longitud depende de la capacidad. Se presentan de dos o tres parejas de rodillos que, se monta uno encima del otro.

Otra malla vibratoria está dispuesta a la salida del proceso de molienda de manera de que la corriente de partículas rotas se separa de la cascarilla (eliminado por aspiración para su posterior procesamiento), las partículas que no pasan a través de la malla regresan a la parte inicial del molino para ser procesadas de nuevo.

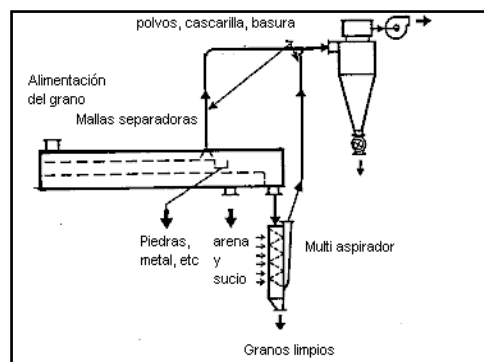


Figura 3.4 Sistema de limpieza de granos, multiaspirador y ciclones Fuente: (FAO, 1992).

B.6 Acondicionamiento

El objetivo de esta operación es aumentar la plasticidad de los granos crudo (grano descascarillado) y es la preparación para el laminado. La operación es similar a la cocción que se describió cuando se habló de los expellers. Puede ser un tornillo transportador de tipo horizontal calentado por un reactor o una cocina de apilado vertical. El calor puede ser proporcionado por vapor indirecto o por inyección directa de vapor, éste se utiliza para aumentar el contenido de humedad cuando sea necesario. El grano crudo se calienta a 65-70 °C y el contenido de humedad está entre 10,5 y 11,0%. En este punto la plasticidad del grano crudo es tal que pueden ser aplastadas por presión de manera que el grano no es triturado a tal punto de extraer el aceite.

B.7 Laminado en hojuelas

El equipo consiste en un par de rodillos horizontal de acero suave que juntos giran en sentido contrario uno del otro. El tamaño típico de estos rodillos esta en el rango de 60-80 cm. de diámetro. Los rodillos son presionados uno contra el otro por medio de sistemas hidráulicos. El cotiledón de soya previamente molido se alimenta entre los rodillos y son aplanados. La presión entre los dos rodillos puede ser regulada y esto es lo que determina el grosor medio de las hojuelas. El objetivo principal del laminado es aumentar la superficie de contacto entre los tejidos de semillas oleaginosas y el disolvente para reducir la distancia que el solvente y el extracto tendrá que viajar en el proceso de extracción. También se cree que se altera en la laminación las células de las semillas oleaginosas, en cierta medida. Los valores de espesor promedio están en el rango de 0,2 a 0,35 milímetros.

Los rodillos después de la laminación requieren mantenimiento, ya que el desgaste es considerable. Para mantener la suavidad de las superficies y para garantizar el buen contacto entre la rueda en cada punto, la rueda se le aplica un esmerilado de vez en cuando. Esto requiere conocimientos y máquinas de precisión.

Con el fin de compensar las fluctuaciones de la expansión térmica, los rodillos no se fabrican con perfección, se fabrican con un perfil ligeramente curvo, en ambos extremos delgados y más gruesos en el medio. Además, el desgaste no suele ser repartido de manera uniforme y tiende a ser más amplio en el centro. (FAO, 1992).

C. EXTRACCIÓN CON SOLVENTE

C.1 Principios básicos

La extracción de aceite de semillas oleaginosas por medio de solventes no polares es, básicamente, un proceso de extracción sólido-líquido. La transferencia del aceite de los sólidos en torno a la solución de aceite-disolvente (micela) puede dividirse en tres etapas:

- Difusión del disolvente en el sólido.
- Disolución de las gotas de aceite en el disolvente.
- Difusión del aceite de las partículas sólidas en torno a los líquidos.

Debido a la muy alta solubilidad del aceite en solventes de uso común, el paso de la disolución no es un factor limitante de velocidad. La fuerza impulsora de la difusión de los procesos es, obviamente, el gradiente de concentración del aceite en la dirección de difusión. Debido a la relativa inercia de los componentes no grasos predominantes en la oleaginosa, el equilibrio se alcanza cuando la concentración de aceite en la micella dentro de los poros del sólido es igual a la concentración de aceite en la micella libre, fuera de los sólidos. Estas consideraciones llevan a una serie de conclusiones prácticas:

1.- Dado que la tasa de difusión es limitante en el proceso, mucho se puede ganar mediante la reducción del tamaño de las partículas sólidas. Sin embargo, la materia

prima no puede ser un polvo fino, porque esto pueda afectar el flujo de solvente alrededor de las partículas, y hacer que la separación de la micella de la parte sólida sea sumamente difícil. En cambio, al ser las semillas oleaginosas laminadas en hojuelas, como se describe en el párrafo anterior, la reducción de una de las dimensiones facilita la difusión, sin que ello afecte demasiado el flujo de disolvente a través de los sólidos o la contaminación de la superficie de la micella con una excesiva cantidad de partículas finas sólidas. El efecto de espesor de las laminillas en la eficiencia de extracción por solvente se demuestra en figura 3.5.

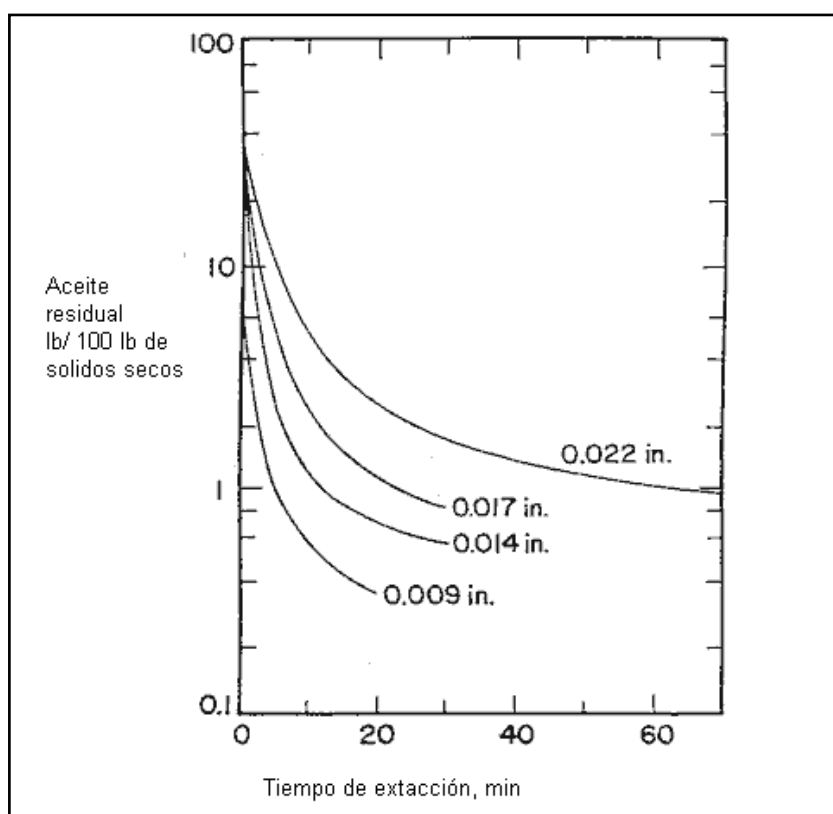


Figura 3.5 Efecto del espesor de la hojuela sobre la eficiencia de la extracción

Fuente: Norris, 1982.

2.- La tasa de extracción se puede aumentar considerablemente por el aumento de la temperatura en el extractor. Temperaturas más altas significa mayor solubilidad del aceite, coeficientes de difusión más altos y viscosidad de micella más bajos. De

hecho, es costumbre calentar el disolvente y la micella intermedia que se ha formado hasta la temperatura más alta y todavía proporcionar un nivel aceptable.

3.- Dado que el gradiente de concentración es el factor responsable de remover el aceite de los sólidos, es importante mantener alto este gradiente, en cada punto en el extractor. Este efecto se obtiene de manera más económica aplicando el principio de la extracción en contra-corriente en multietapas. El proceso se divide en una serie de etapas de contacto. Cada etapa se compone de la mezcla de las fases: sólida y solvente (a separar), y de dos corrientes que se han logrado después de la extracción. En el curso de una etapa a la siguiente, las partículas del grano y el disolvente se mueven en direcciones opuestas. Así, las partículas con el menor contenido de aceite están en contacto con solvente rico en aceite, lo que resulta rendimientos de extracción altos. El principio de la contra-extracción actual se muestra en la figura 3.6. (FAO, 1992).

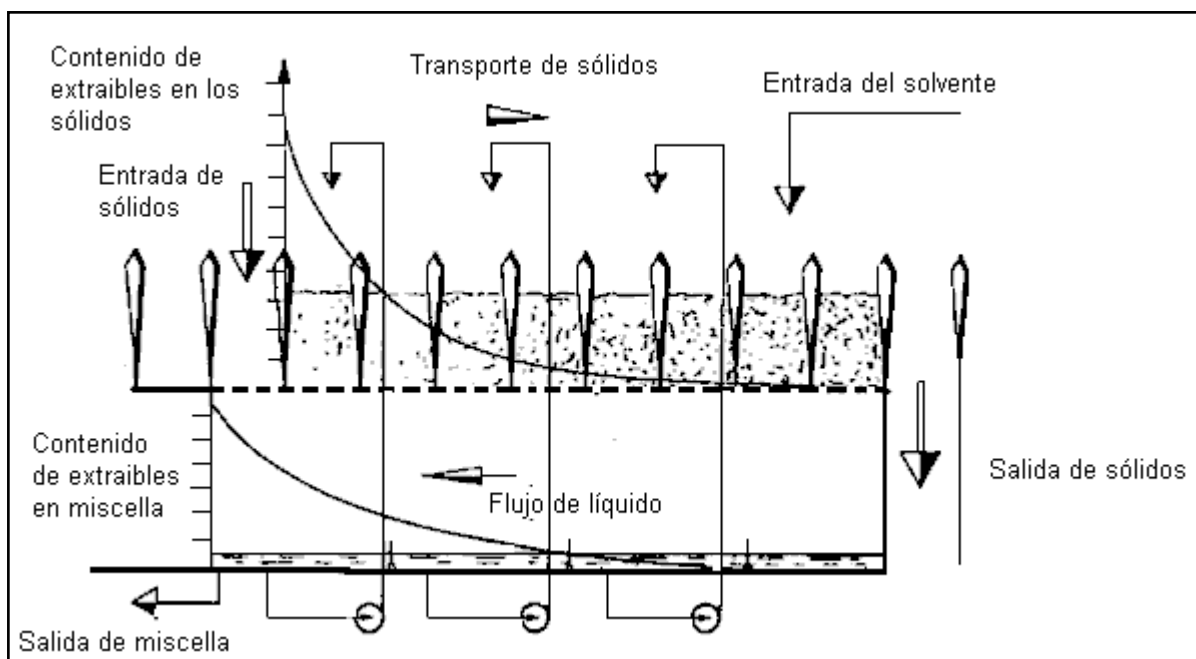


Figura 3.6. Principio de la extracción contracorriente aplicada en el carrusel Extractor. Fuente: Extractionstechnik G.A.m.b.H. (1990).

4.- En un sistema abierto, la estructura porosa de los materiales sólidos es preferible, ya que una estructura de este tipo facilita la difusión, así como la percolación. Un conjunto de procesos se han propuesto para aumentar la porosidad de las semillas oleaginosas antes de extracción por solvente.

5.- Aunque la mayor parte de la resistencia a la transferencia de masa se encuentra dentro de los sólidos, la tasa de extracción se puede aumentar con el aumento de la agitación y de la libre circulación en la fase líquida alrededor de las partículas sólidas. Demasiada agitación se debe evitar, a fin de evitar la desintegración de las hojuelas.

Un estudio detallado de las bases teóricas para el diseño de este proceso de extracción sólido-líquido está fuera del alcance del presente trabajo. Se describirá sólo sus principales consecuencias prácticas, en la medida de lo útil se proporcionan criterios para la selección y el funcionamiento de un extractor.

Dos métodos se pueden utilizar para llevar al disolvente en contacto íntimo con las semillas oleaginosas: percolación e inundación. En el método de percolación, el disolvente gotea a través de un espeso lecho de copos sin llenar completamente el espacio. Una película de disolvente fluye rápidamente sobre la superficie de las partículas sólidas y elimina de forma eficaz el aceite que se ha difundido desde el interior a la superficie. Este modo de contacto es preferible siempre que la resistencia a la difusión dentro de las laminillas sea relativamente baja (hojuelas delgadas, con gran superficie, por tanto la estructura del tejido esta abierta).

En el método de la inundación las partículas sólidas son totalmente inmersas, de manera lenta, en continuas fases del disolvente. La inmersión funciona mejor con materiales que ofrecen una mayor resistencia interna a la transferencia de aceite (en partículas gruesas, la estructura del tejido es densa).

El número de etapas de contacto necesario para llevar a cabo una determinada operación de extracción que dependen de las siguientes variables:

A.- Relación hojuelas/solvente. Si la cantidad de disolventes utilizados para la extracción de aceite de una tonelada de copos se incrementa, se necesitan un menor número de etapas de contacto para lograr la extracción; sin embargo, el total de micellas resultantes del proceso serán menos concentradas en aceite, lo que significa que habría que evaporar grandes cantidades de disolvente por cada tonelada de producto, y, por lo tanto, gastar más en la energía.

B.- Cantidad de aceite. Si el número de etapas se aumenta, mientras que todas las demás variables se mantienen sin cambios, la proporción de aceite que queda en los copos, ya pobres en aceite, será menor y, por lo tanto, el rendimiento en aceite será mayor.

C.- Percolación. La cantidad de disolvente o micella retenida dentro de los capilares y poros de los sólidos después de la transferencia es llamada "extracto limite" o "solvente limite". Esta cantidad depende de las propiedades de las hojuelas y del solvente, así como las condiciones de drenaje. Una percolación fácil del disolvente a través de la capa sólida deja menos extracto en el drenaje de los capilares y como consecuencia una reducción del número de etapas de contacto. La preparación adecuada y la manipulación de las hojuelas son importantes para asegurar una alta tasa de percolación. (FAO, 1992).

C.2 Selección del disolvente

Un disolvente ideal para la extracción de aceite de soya debe poseer las siguientes propiedades:

- Buena solubilidad del aceite.
- Baja solubilidad de los componentes no oleaginosos.
- Alta volatilidad (es decir, bajo punto de ebullición), de modo que la remoción completa del solvente de la micella y de la torta por la evaporación sea factible y fácil.
- Sin embargo, el punto de ebullición no debería ser demasiado bajo, de manera que la extracción puede llevarse a cabo a una temperatura algo elevada para facilitar la transferencia de masa.
- Baja viscosidad.
- Bajo calor latente de evaporación, de modo que se necesita menos energía para la recuperación de solventes.
- Bajo calor específico, de modo que se necesita menos energía para mantener al solvente dentro de la micella caliente.
- El disolvente debe ser químicamente inerte al aceite y a otros componentes de la soya.
- No tóxico, no cancerígeno en solventes y sus residuos.
- No inflamables, no explosivos.
- No corrosivo.
- Comercialmente disponible en grandes cantidades y a bajo precio.

Lamentablemente, el disolvente ideal que reúna todas estas propiedades no existe. La mayoría de los requisitos, con la notable excepción de la inflamabilidad y explosividad, están presentes a bajos puntos de ebullición obtenidos en las fracciones de hidrocarburos del petróleo. Un típico disolvente comercial para la extracción de aceite tendría un punto de ebullición (rango de destilación), de 65 a 70°C y que consisten principalmente de alcanos, anillos de seis carbonos, de ahí el nombre de "hexano" y por el cual los disolventes se conocen en los EE.UU. Los disolventes para la extracción de aceite comestible deben cumplir con estrictas especificaciones de calidad. Los parámetros de calidad que componen las especificaciones por lo general incluyen: Rango en el punto de ebullición (destilación), punto de inflamación, máximo de azufre, el máximo hidrocarburos cíclicos, el color y la gravedad específica.

El principal defecto de los disolventes provenientes de hidrocarburos ligeros es su inflamabilidad y la explosividad de la mezcla de vapores y el aire. Las consideraciones de seguridad han llevado a la aplicación de las normas especiales para edificios e instalaciones en plantas de extracción por solvente.

Todas las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosiones. La descarga final de todas las rejillas de ventilación tienen que estar equipadas con condensadores refrigerados para minimizar la fuga de vapores de disolventes a la atmósfera. Se toman medidas muy estrictas de seguridad para evitar el peligro de chispas dentro y alrededor de la planta. Todos estos añadidos a los elevados costos de construcción y operación de plantas de extracción por solvente aun así, los accidentes no son infrecuentes.

La continua búsqueda de solventes alternativos es, por tanto, comprensible. Uno de estos solventes, tricloroetileno, estuvo en uso comercial por un breve período a principios de los años 40, pero tuvo que ser abandonada cuando se descubrió que la comida preparada de esta manera era tóxica para los animales. Otro enfoque alternativo hace uso de la "extracción supercrítica" con dióxido de carbono líquido a alta presión. Aunque técnicamente posible, la extracción supercrítica de aceite de soya no es comercialmente viable en la actualidad, debido al alto costo de los equipos, aceite relativamente pobre y la capacidad de disolución de dióxido de carbono cerca de su punto crítico. Los alcoholes constituyen otra clase de los posibles disolventes para la extracción de aceite. Los alcoholes alifáticos absolutos (libre de agua) como el etanol y el isopropanol son muy buenos disolventes para los aceites a alta temperatura, pero la solubilidad de los aceites en estos disolventes disminuye drásticamente a medida que la temperatura se reduce. Esta elevada dependencia de la solubilidad con la temperatura es, precisamente, el principio en el que se basan los procesos de extracción de alcohol. La extracción se lleva a cabo a altas temperaturas y la micella es luego enfriada, se produce la saturación y el exceso de aceite se separa como una fase que puede ser recuperada por centrifugación. El disolvente es recalentado y devuelto al extractor. Estos alcoholes son menos inflamables que el hexano, sin embargo son necesarias las precauciones. A pesar de los considerables esfuerzos de investigación

para desarrollar sistemas alternativos de disolventes, la extracción empleando hidrocarburos ligeros sigue siendo, prácticamente, la única forma comercial para el proceso de extracción por solvente del aceite de soya. (FAO, 1992)

C.3 Tipos de extractores

Los extractores por disolvente son de tres tipos: por lote, semi-continuo y continuo.

En los procesos por lotes, una cierta cantidad de hojuelas está en contacto con un determinado volumen de disolvente fresco. La micella se agota en aceite, es destilada y el disolvente es recirculado a través del extractor hasta que el contenido de aceite residual en el lote de las hojuelas se reduce al nivel deseado. Los extractores por lote como unidades industriales son ahora obsoletos.

Los sistemas semi-continuos constan de varios lotes de extractores conectados en serie. La corriente del disolvente o micella va de un extractor a otro. El material en el primer extractor es el más agotado, ya que se ha tratado con solvente fresco. Después de un tiempo, el segundo extractor pasa a ser la "cabeza" de la serie y está en contacto a una nueva línea de disolvente. Las hojuelas agotadas salen del primer extractor, que luego es nuevamente llenado con otro lote de hojuelas que no ha sido tratado y está conectado con el sistema como la unidad de la cola, y así sucesivamente.

Los tipos de sistemas semi-continuos descritos anteriormente rara vez se utiliza para la extracción con disolventes de la soya. Sin embargo, el mismo principio se aplica en uno de los sistemas de extracción ampliamente conocidos con disolventes de otras semillas oleaginosas: el extractor estacionario tipo cesta francés.

En extracción continua, tanto las semillas oleaginosas como el disolvente se alimentan al extractor de manera continua. Los diferentes tipos disponibles se

caracterizan por su configuración geométrica y el método por el cual los sólidos y solventes se mueven en relación uno al otro, en contra-corriente es el más empleado. (FAO, 1992)

El extractor Francés es esencialmente una nave cilíndrica vertical, dividido en una serie de secciones verticales de altura o "cestas" por las paredes radiales. Las cestas son estacionarias. El disolvente o micella se alimenta en la parte superior de la cesta y se filtra a través de las profundidades del lecho de sólidos. Utilizando un sistema de rociadores, las semillas oleaginosas, entran en contacto con la micella disminuyendo el contenido de aceite, y, finalmente, con un nuevo disolvente, se realiza la extracción en contracorriente, sin mover la capa sólidos o torta.

C.3 Operaciones después de la extracción

Dos corrientes salen de la etapa de extracción por solvente: un aceite rico en extracto fluido (sólo micellas) y disolvente gastado cargado de hojuelas. Las siguientes operaciones tienen como objetivo la eliminación y recuperación del solvente de cada una de las dos corrientes.

A.- Destilación de las micellas. Una micela completamente llena contiene normalmente un 30% de aceite. Así, por cada tonelada de aceite crudo alrededor de 2,5 toneladas de disolvente deben ser removidos por destilación. La mayoría de los fabricantes de extractores de disolventes también ofrecen sistemas de destilación de micellas. Las características de un buen sistema de destilación de micella son: buen ahorro de la energía, mínimo calor que pueda dañar el aceite crudo y sus componentes, pérdidas mínimas de solvente, remoción eficiente de los últimos vestigios de disolvente del aceite y, por supuesto seguridad de un buen funcionamiento. Los modos flash incluyen vaporización-evaporación del disolvente, la destilación al vacío y trampas de vapor.

B.- Desolventización de la torta. Los gastados copos llevan con ellos alrededor del 35% de disolvente. La eliminación y la recuperación de esta parte de los disolventes es también una de las más importantes operaciones de molino de aceite en la práctica, ya que determina, en gran medida, la calidad de alimento y sus derivados. (FAO, 1992)

La desolventización-tostado (DT) aplicada en la producción de aceite de soya a partir de la harina de soya desgrasada para la alimentación animal, el perfil tiempo-temperatura-humedad del proceso permite, además de la eliminación de disolventes, un tratamiento térmico suficiente para inactivar los inhibidores de las enzimas indeseables y mejorar la textura de la comida de los animales (tostado). El tipo más común de desolventizadores-tostadora consiste en una pila vertical cilíndrica, formada por compartimentos. Cada compartimiento está equipado con agitadores o batidores ajustados a un eje vertical central. Las hojuelas gastadas se alimentan en la parte superior de la desolventizadora-tostadora. El compartimiento está provisto de una válvula rotatoria con velocidad ajustable, para permitir la circulación lenta del material a través de los platos, a una tasa deseable. Se utilizan dos métodos de calefacción: con vapor directo e indirecto. Calefacción con vapor indirecto para los platos que están equipados con doble fondo que actúan como chaquetas de vapor y calefacción con vapor directo para inyectar vapor caliente a la masa a través de orificios. La rotación de los agitadores difunde el material y proporciona la mezcla necesaria. La calefacción directa con vapor se utiliza por tres razones:

- La transferencia de calor en la superficie que calienta los compartimientos del material oleaginoso es lenta y difícil, sobre todo después de que una cantidad considerable de disolventes ha sido eliminado y no hay un medio líquido que esté disponible para la transferencia de calor. En este caso, el contacto directo entre el material sólido y la condensación de vapor es un método más eficiente de calefacción. La condensación del vapor añade humedad a las hojuelas.
- La humedad añadida facilita la desnaturalización de las proteínas, las reacciones conducen a la inactivación del inhibidor de tripsina. También se cree

que el efecto logrado en el tostado por la acción combinada del calor y la humedad aumenta la calidad en la textura de la comida de los animales.

- La destilación del vapor es necesaria a fin de eliminar los últimos vestigios de disolvente de la torta de extracción. (FAO, 1992)

Los distintos modelos de silo tipo vertical (DT) difieren en la secuencia directa / indirecta de las zonas de calentamiento y otras muchas características. En el tipo SMEST (DT) se muestra en la figura 3.7. El principio de este equipo consiste en la remoción de aceite de la torta. El solvente extractor contiene del 20 al 45% en peso de disolvente dependiendo del material. La torta se debe desolventizar, secar y enfriar. El desolventizador -Tostador De Smet es un equipo vertical que contiene fases capaces pre-desolventizar, desolventizar, tostar y limpiar. A menudo se combina con el secador-enfriador en un equipo llamado DTDC. En la sección de pre-desolventizado, el hexano se evapora por el calentamiento indirecto a través de bandejas con calefacción. En la sección de desolventizado, la mayor parte del hexano se evapora con vapor vivo. En la sección de tostado y limpieza una combinación de vapor indirecto y vapor vivo se utiliza para despojar al resto de hexano, al mismo tiempo, el para el tostado de la torta. En la sección de secado, aire caliente y vapor calentado, es soplado a través de la torta, mientras que el aire proveniente del ambiente se hace pasar a través de la torta para el enfriamiento. El vapor directo se introduce en la torta a través de orificios que se encuentran en las bandejas en la parte inferior del DT. El vapor se eleva hacia arriba a través de las bandejas pasando por la torta en contra flujo. Debido a que el vapor pasa a través de la torta, el calor específico proporciona un transporte para los rastros de disolvente presentes en la torta.



Figura 3.7. Desolventizador / tostador de SMET (DT)

Fuente: FRENCH U.S.A. (1990)

El secador/enfriador de la torta (DC) es similar a la DT en la construcción, pero mucho más corto. El aire del ambiente se utiliza para enfriar las zonas secas y la torta antes de su almacenamiento o empaque. La construcción de la unidad DC, que ofrece FRANCÉS, se muestra en la Fig. 3.10.



Figura 3.8. Secador / Enfriador (DC).

Fuente: FRENCH U.S.A (1990).

Las unidades DT y DC también se pueden combinar en una sola pieza de equipo. La mayoría de los fabricantes de equipos también ofrecen unidades de

desolventización combinada con unidades DTDC. El principio de funcionamiento de un sistema de este tipo, que es vendido por LURGI se muestra en la figura 3.9.

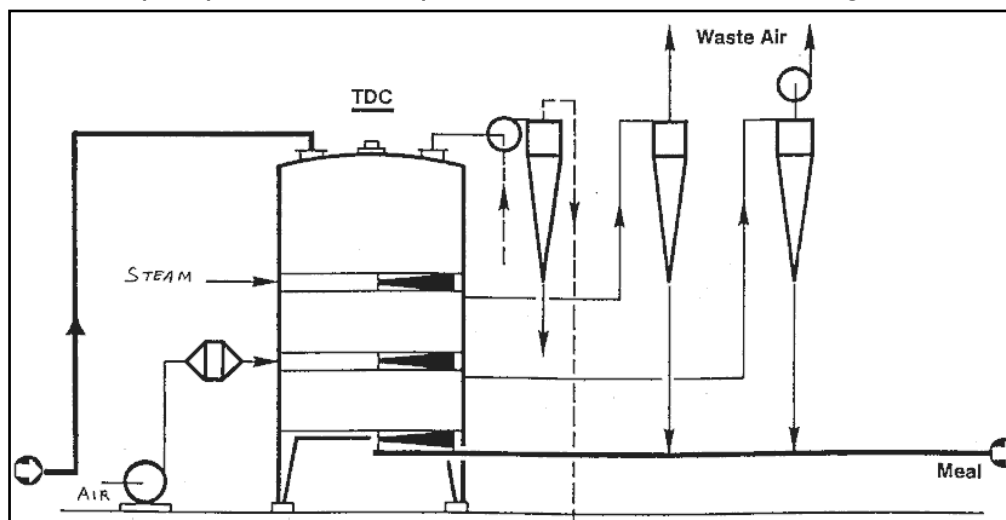


Figura 3.9. Principio de funcionamiento de la combinación de las unidades DTDC y desolventizadora. Fuente: LURGI (1990).

Aunque la desolventización-tostado es el método estándar en la fabricación de aceite de soya para la alimentación animal, este proceso no es adecuado para la producción de "hojuelas blancas", es decir, con un mínimo de proteína desnaturalizada. Como se puede observar en la figura 3.10, la desnaturalización de proteínas (expresado como la reducción de nitrógeno en índice de solubilidad, SNI) por el tratamiento con vapor vivo es muy rápido. Las hojuelas blancas son la materia prima para la producción de proteínas aisladas de soya, la mayoría de los productos concentrados y texturizados, debe tener un alto valor SNI.

El mejor método de desolventización para la producción de hojuelas blancas es el desolventizado flash (FD). En este proceso, el solvente inunda las hojuelas agotadas que salen del extractor y son fluidizadas en una corriente de solvente de vapor sobrecalentado. El vapor sobrecalentado provee la energía para evaporar el solvente presente en las hojuelas. La naturaleza turbulenta del flujo hoja-vapor permite una rápida transferencia de calor y de masa.

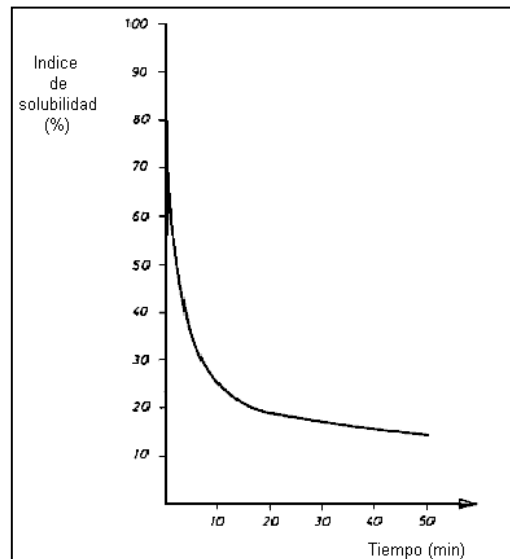


Figura 3.10. Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de solubilidad

Fuente: Weber (1973)

La desnaturalización de la proteína se minimiza, principalmente debido al tiempo tan corto de calor. Una fase corta de secado puede ser necesaria para completar el desalojo de solvente y un rápido enfriamiento debe ser necesario para prevenir la reducción indebida de NDI. El diagrama de flujo de un sistema de desolventización flash se muestra en figura 3.13. (FAO, 1992)

3.3 PROCESAMIENTO DE CONCENTRADOS

El nivel máximo del contenido de proteínas en la harina de soya, incluso después de la casi completa eliminación de cascarilla y aceite, es de aproximadamente 55% (libre de humedad). En algunas aplicaciones, como en los productos cárnicos, un ingrediente con un mayor porcentaje de proteína, a menudo es preferible que provenga de la soya.

Los concentrados de proteína de soya tienen un costo de 2 a 2,5 veces más que la producción de harina de soya desgrasada. Teniendo en cuenta el contenido relativo de proteínas de estos dos productos, el costo por unidad de peso de las proteínas es de aproximadamente un 80% mayor en el concentrado.

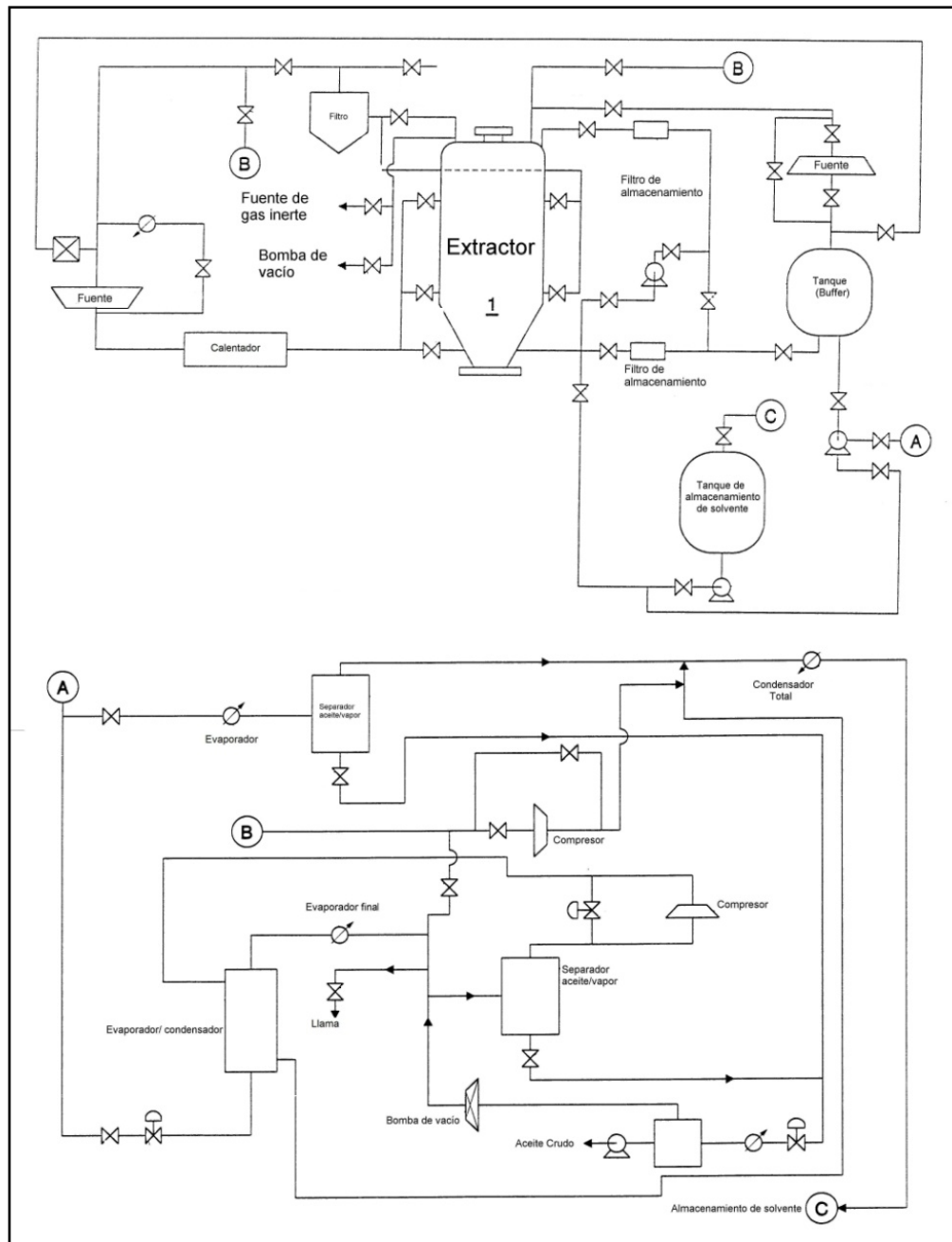


Figura 3.11. Diagrama de flujo de un proceso de desolventización flash

Fuente: H.L.S. (1991)

El material de partida para la producción de concentrados de proteína de soya, previamente descascarillada, es la harina de soya desgrasada, esta presenta proteína de alta solubilidad (hojuelas blancas). La concentración de proteína se incrementa mediante la eliminación de la mayor parte de los componentes no proteicos solubles. Estos constituyen principalmente carbohidratos solubles (mono, di y oligosacáridos), pero también algunos de bajo peso molecular de sustancias nitrogenadas y minerales. Normalmente, de 750 kilogramos de concentrado de proteína de soya se obtienen a partir de una tonelada métrica de soya desgrasada.

A continuación se presentan las etapas principales para la obtención de concentrado proteico a través de tres métodos, que dan como resultado tres concentrados de soya distintos. (FAO, 1992)

3.3.1.-PROCESO DE LAVADO CON ALCOHOL

A- extracción sólido-líquido. Esto puede ser llevado a cabo con un proceso por cargas o continuo. La extracción continua está justificada por las operaciones a escala relativamente grandes. Según Campbell y otros. (1985), los procesos continuos se emplean para las plantas típicas con capacidades de más de 5000 toneladas por año. A diferencia de las industrias de trituración de semillas oleaginosas, en plantas más pequeñas, es también factible, aunque es poco común. El proceso por lotes es más aplicado. Los métodos y los tipos de equipos utilizados son esencialmente similares a los encontrados en las plantas de extracción de aceite: correa horizontal y los extractores, estacionarios y rotativos, etc. En el caso de la extracción con alcohol, los disolventes son muy volátiles e inflamables.

La razón para el uso de hojuelas desgrasadas como material de partida no está necesariamente relacionada con el objetivo de obtener un producto con una alta solubilidad de proteínas (Como se ha explicado anteriormente, esto no ayuda de todos

modos, debido a los diferentes tipos de desnaturalización de las proteínas causada por el alcohol.) La principal razón para preferir este tipo de materia prima se debe al hecho de que el porcentaje de azúcares solubles extraíbles en hojuelas desgrasadas es mayor que en la harina tostada. El tostado proporciona menos azúcares solubles por medio de la unión a proteínas (reacción de Maillard). Como resultado de este tipo de reacciones de condensación, el azúcar ya no es extraíble por solventes y permanece en el producto, y trae como consecuencia la reducción de la concentración de proteínas en el mismo. Además, el color más oscuro de los concentrados debido al recalentamiento de la harina también es sujeto a discusión, y su valor nutritivo es más bajo (menor disponibilidad de lisina).

B- Remoción y recuperación del disolvente del extracto líquido. Los alcoholes se eliminan al extraer el líquido por evaporación y es rectificado por destilación. A continuación, se suministra la concentración adecuada y comienza el reciclo en el extractor. El residuo de la destilación es una solución acuosa de los azúcares y otros solubles, se asemeja a la consistencia de la miel y se venden como "melaza de soya". Normalmente, la melaza de soya contiene 50% de los sólidos solubles totales. Estos sólidos consisten en hidratos de carbono (60%), proteínas y otras sustancias nitrogenadas (10%), minerales (10%), grasas y lípidos (20%). Se utiliza principalmente como ingrediente calórico y como aglutinante en la alimentación animal.

C- Desolventización de los sólidos. Los métodos son esencialmente los mismos que para la remoción de hexano de la harina de soya. El desolventizador Flash, utiliza una mezcla de vapores sobrecalentados de alcohol y agua y esto es lo que se aplica a los concentrados de proteínas.

D- Molienda. Los métodos y equipos utilizados para moler concentrado de hojuelas de proteína de soya son esencialmente los mismos que los empleados en la producción de harinas de soya. (FAO, 1992).

3.3.2.-LAVADO CON ACIDO

Este proceso se basa en el pH y en la dependencia de la solubilidad de las proteínas de la soya. Cabe recordar que la mayoría de las proteínas de soya presentan solubilidad mínima entre los pH 4,2 y 4,5 (región isoelectrica), por lo tanto, es posible extraer los azúcares, sin solubilizar la mayoría de las proteínas, utilizando como disolvente el agua, con un ácido que se ha añadido a fin de mantener el pH isoelectrico en la región.

El proceso de lavado ácido tiene la ventaja de utilizar un disolvente no inflamable, no explosivo, no tóxico y económico; el agua. Hasta cierto punto, esto también es la desventaja del proceso, la separación de los sólidos del disolvente es más difícil y menos completa, debido al hecho de que las hojuelas pueden absorber considerables cantidades de agua e hincharse. La decantación por gravedad no es adecuada para una eficiente separación sólido-extracto. Filtros rotatorios al vacío o filtros de decantación centrifuga deben utilizarse en lugar.

En un proceso por lotes, las hojuelas de soya desgrasada o de harina se mezclan con agua acidificada en un tanque de agitación, ésta se alimenta al decantador de centrífugo, el diagrama del proceso se muestra en la figura 3.14, que separa los sólidos extraídos del extracto (suero de leche).

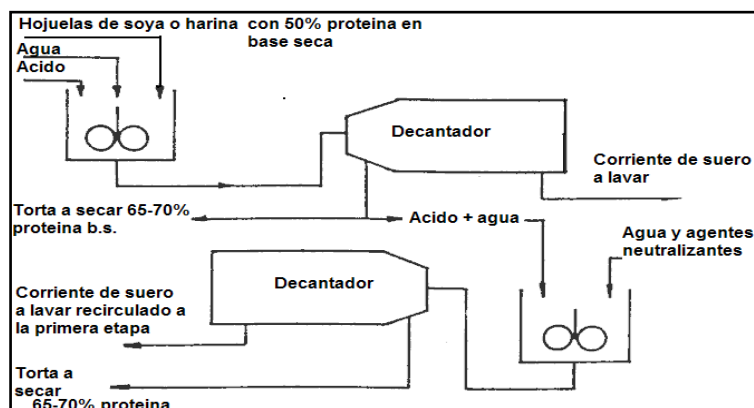


Figura 3.12. Diagrama del proceso de lavado con ácido. Fuente: Alfa-Laval (1990)

Los sólidos se descargan continuamente en aproximadamente un 30% de materia seca. Los sólidos pueden ser secados en este momento, para dar un concentrado "isoeléctrico" de proteína a baja solubilidad. Si la torta se vuelve más activa, se debe neutralizar, la torta en el punto isoeléctrico es resuspendida en agua y se neutraliza la acidez. El segundo paso de la separación centrífuga da una torta de concentración neutra con un contenido de proteína de 75% sobre la base de materia seca. Esta torta también posee alrededor del 70% de agua, en peso. (FAO, 1992).

3.3. 3.-PROCESO DESNATURALIZACIÓN POR CALOR/ LAVADO CON AGUA

En este proceso, las proteínas de la harina de soya desgrasada son insolubles al ser desnaturalizadas por vía térmica, utilizando el calor húmedo, el producto es extraído con agua caliente, y esto disuelve los azúcares.

Dado que el proceso se basa en la extracción sólido-líquido utilizando el agua como disolvente, las operaciones y los sistemas de equipos son esencialmente similares a los utilizados en el proceso de lavado con ácido, que se examina en el proceso anterior. (FAO, 1992).

3.4 PROCESAMIENTO DE AISLADOS

Los principios básicos de la producción del aislado proteico son simples, el uso de la harina de soya desgrasada u hojuelas es el material de partida, primero la proteína es solubilizada en el agua. La solución se separa de los residuos sólidos. Por último, la proteína se precipita de la solución, se separa y se seca. En la producción del aislado de proteína para uso alimentario, en contraste con el de uso industrial, se debe tener cuidado para minimizar la modificación química de las proteínas durante el

procesamiento. Obviamente, los requisitos sanitarios son también mucho más exigentes.

Siendo casi proteína pura, el aislado proteico se puede realizar al punto de estar prácticamente exentos de olores objetables, sabor, color, factores anti-nutricionales y flatulencia. Además, la alta concentración de proteínas proporciona la máxima flexibilidad a la hora de la formulación del ISP en la incorporación a los productos alimentarios. Estas y otras ventajas han sido la fuente de previsiones muy optimistas en relación con el uso generalizado de la ISP.

El costo de las proteínas aisladas de soya es de cinco a siete veces más alto que el de la harina de soya desgrasada. De la misma proteína; base en peso; el costo de estos dos productos es de casi 3:1. Las principales razones para el costo añadido van a ser evidentes a partir de la descripción de los métodos de fabricación del aislado proteico de soya.

El procedimiento convencional para la producción del aislado proteico de soya se basa en la solubilización de proteínas a pH neutro o ligeramente alcalino, y la precipitación isoelectrica por acidificación, cerca de pH 4,5. El producto resultante es llamado "Aislado proteico isoelectrico" con composiciones de proteína, grasas, cenizas y carbohidratos como las que se muestran en la tabla 3.1. Es de baja solubilidad en agua y de poca actividad funcional. Diferentes "proteinizados" pueden ser producidos por resuspensión isoelectrica del aislado proteico en agua, se puede neutralizar con diferentes bases y el secado, de la solución resultante o suspensión, por atomización. De acuerdo a la base utilizada para la neutralización: de sodio, potasio, calcio o amonio se producen los "proteinizados" Los tres primeros son muy solubles en agua, produce soluciones de muy alta viscosidad, la formación de espuma, emulsión y propiedades de la formación de gel. El proteinizado obtenido con base de calcio tiene baja solubilidad. La baja solubilidad (inerte) del ISP se usa donde la formulación requiere un nivel alto de incorporación de la proteína sin la viscosidad excesiva de otras funciones adicionales.

El secado por atomización es el método de secado común en la producción del asilado proteico de soya y la forma física del aislado proteico más común en el comercio, es el de finos polvos. Estructurado como gránulos, fibras para hilar y otras formas fibrosas son realizadas a partir de éstas. (FAO, 1992).

Tabla 3.1 Composición del aislado proteico de soya (Base libre de humedad)

Componente	Peso (%)
Proteína	90
Grasa	0,5
cenizas	4,5
Total de carbohidratos	0,3

Fuente: Kolar y otros. (1985).

3.4.1 Proceso convencional

Este es el proceso descrito comúnmente en la literatura y el sugerido por los proveedores de equipos y plantas. Las condiciones de procesamiento y el tipo de equipo utilizado pueden variar de planta a planta. Un esquema del proceso se presenta en la figura 3.13.

1.- Preparación del material de partida. Descascarillado, desgrasado, se utilizan las hojuelas o torta con grado comestible y con el índice de solubilidad de proteínas más alto. Si bien la tasa de extracción de proteínas de la harina en polvos finos sería más rápido, las hojuelas permiten de manera mas fácil que se de la separación después de la extracción. En el lote de extracción, el tamaño de las partículas no tiene ningún efecto en el rendimiento de extracción de proteínas, si el tiempo de extracción es de más de 30 minutos. (FAO, 1992).

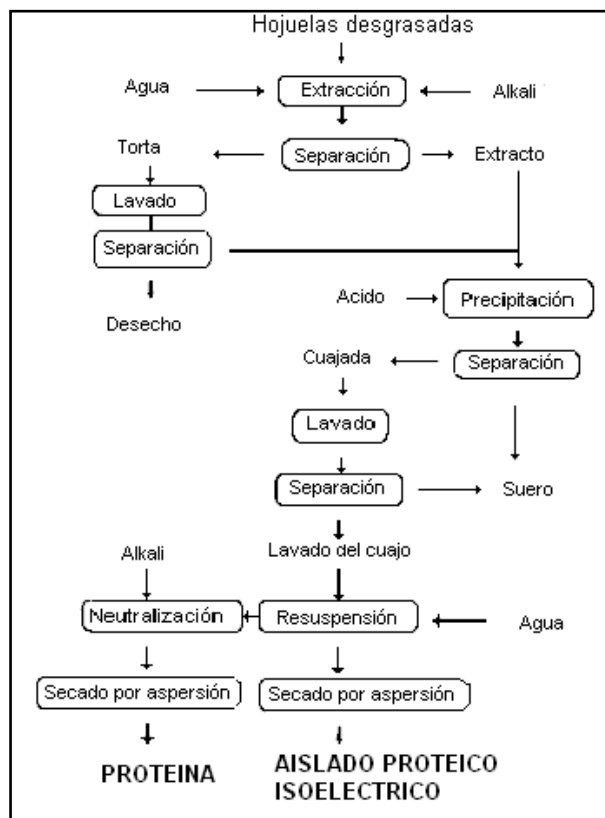


Figura 3.13. Diagrama de flujo para la producción de aislado proteico de soja
Fuente: FAO. (1992)

2.- Extracción de proteínas. Las hojuelas se mezclan con medio de extracción en tanques de agitación con chaquetas térmicas. El medio es un extracto de agua en el que una solución alcalina como hidróxido de sodio, cal, amoníaco o tri-fosfato sódico se ha añadido, de manera que el pH neutro sea ligeramente alcalino durante la reacción. En estas condiciones, la mayoría de las proteínas precipitan en solución. Los azúcares y otras sustancias solubles son también se han disuelto.

Alcalinidad. Se puede extraer más proteínas a mayor pH. Sin embargo, la extracción de proteínas indeseables pueden experimentar modificaciones químicas en

soluciones fuertemente alcalinas. Estos incluyen la desnaturalización de la proteína y cambios químicos en aminoácidos. Un pH excesivamente alto también favorece la interacción proteína-carbohidratos (reacción de Maillard), que resulta en la formación de pigmentos oscuros y en la pérdida de valor nutritivo. Además, las proteínas precipitadas en medios muy alcalinos tienden a retener demasiada agua, y no asentarse bien. En la práctica es más común utilizar un rango de pH entre 7,5.

Temperatura. El rendimiento de la extracción de proteínas se incrementa debido al aumento de la temperatura, hasta 80 ° C.

Relación sólidos / líquidos. El rendimiento de la extracción de proteínas se mejora cuando se incrementa la cantidad de hojuelas en el medio líquido utilizado. Después de la extracción y separación por filtración o centrifugación, se obtuvieron las hojuelas que conservaron una cantidad considerable de extracto, alrededor de 2,5 veces el peso de sólidos. En una sola etapa de extracción por lotes, más si se utiliza mas líquido para la extracción, la concentración de proteínas en el extracto es más baja y la cantidad de proteínas asociadas a la retención luego de la extracción es menor. Por otra parte, mayores volúmenes de líquidos han de ser manejados por unidad de peso por proteína producida. Esto significa que la extracción en los tanques más grandes, centrifugadoras, etc., da un mayor volumen de "suero de leche" para depositar.

La elección de un coeficiente de extracción sólido / líquido es, por tanto, una cuestión de optimización económica. Los coeficientes utilizados en la industria oscilan entre 1:10 y 1:20.

Tiempo de extracción. El curso de la extracción de nitrógeno de las hojuelas blancas, con hidróxido de calcio 0,03 molar se muestra en la figura 3.14. La cantidad de nitrógeno extraído en esas condiciones aumenta constantemente durante los

primeros 30 minutos, y alcanza un nivel casi constante a los 45 minutos. El tiempo de la operación en la extracción industrial es, probablemente, en el orden de 1 hora.

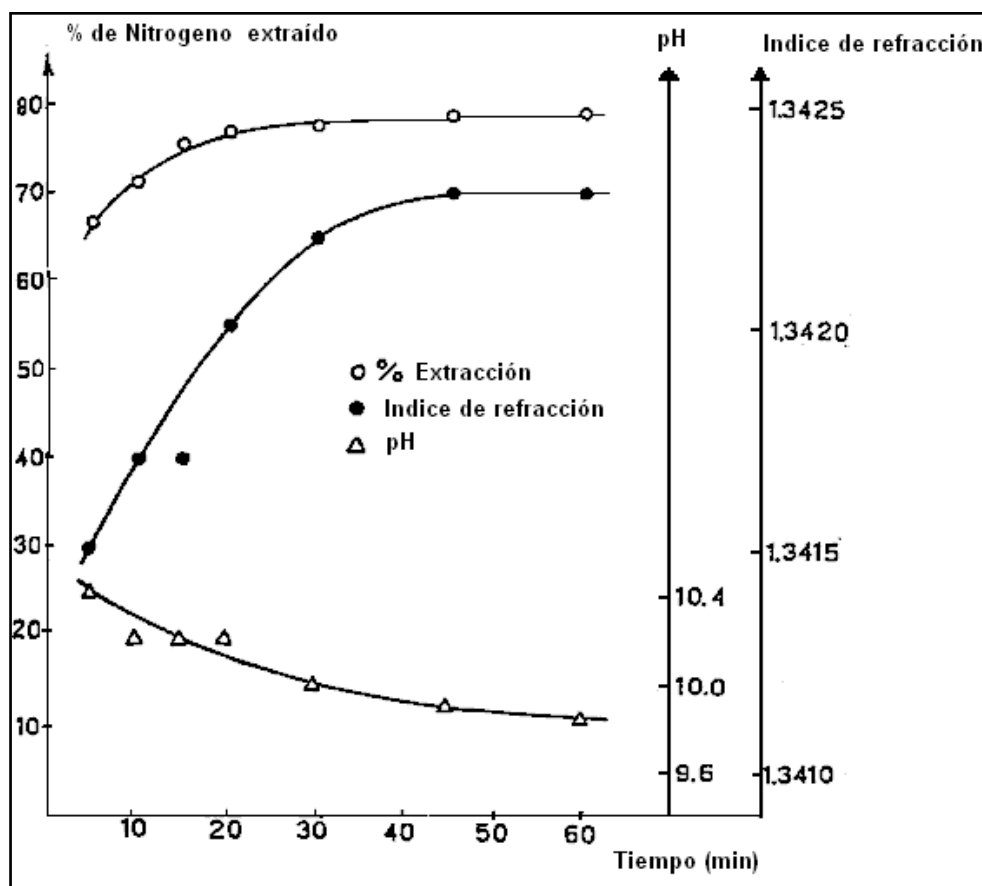
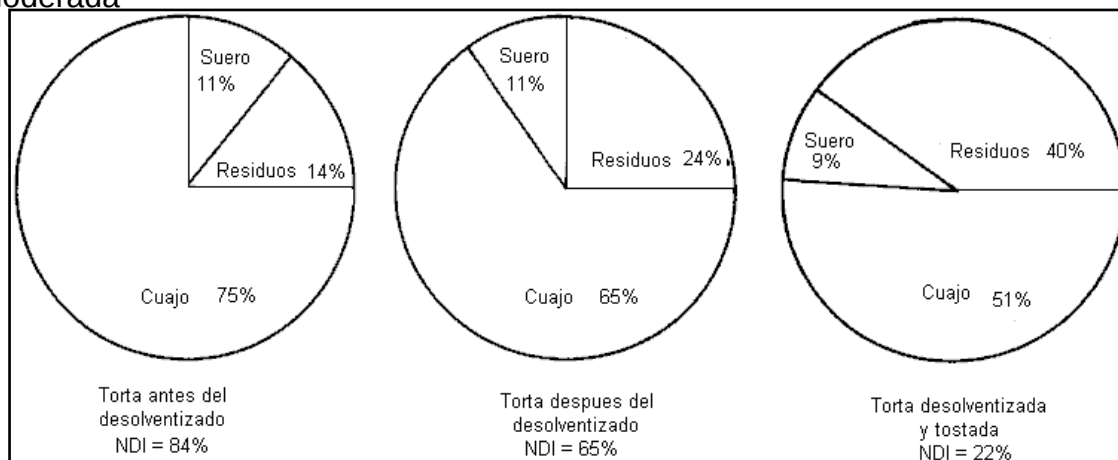


Figura 3.14. Relación tiempo de extracción y porcentaje de nitrógeno durante la extracción. (0,03M Ca(OH)_2 , 55°C). Fuente: Cogan y otros. (1967)

Tratamiento térmico de la torta. El valor SNI de la materia prima es el factor más importante que afecta el rendimiento de aislamiento, la distribución del nitrógeno en la torta se muestra en la figura 3.15 para tres corrientes de proceso diferentes, antes, después de la desolventización y después del tostado.

Agitación. Como en cualquier operación de extracción, la agitación aumenta la tasa de solubilización de proteínas. Sin embargo, dentro de los valores de tiempo de extracción en las operaciones por lotes (aproximadamente una hora), poco se gana

mediante el aumento de la turbulencia más allá de la proporcionada por la agitación moderada



NDI = índice de nitrógeno

Figura 3.15. Distribución del nitrógeno en tres corrientes y tres etapas distintas de proceso. Fuente: (FAO, 1992)

3.-Separación sólido/liquido después de la extracción. El extracto contiene gran cantidad de partículas finas de harina, la eliminación de éstas, antes de la precipitación, es necesario a fin de obtener pureza "cuajo", la tabla 3.2 muestra la influencia del tamaño de partícula sobre el porcentaje de nitrógeno obtenido después de la extracción.

En la operación a escala industrial, puede resultar conveniente llevar a cabo el proceso de clarificación del extracto en dos fases: cribado (vibra la malla o malla rotativa o similares) para separar a la mayoría de los sólidos, seguida de aclaración del extracto empleando centrífugas.

Los sólidos húmedos se pueden presionar para eliminar la mayor cantidad posible de extracto atrapado. Todas estas operaciones también pueden llevarse a cabo

en un solo paso, utilizando centrífugas de decantado. Un esquema de este proceso se muestra en la figura 3.16.

Tabla 3.2 Efecto del tamaño de partícula sobre la pureza en el cuajo que contiene el aislado proteico de soya.

# Tamiz de la malla utilizada para la separación de sólidos	% Proteína (N x 6.25) en seco (cuajo)
20	83,2
40	83,9
60	84,5
80	85,8
100	88,7
140	89,5
200	91,2
Centrifugación	93,3

Fuente: Cogan y otros. (1967)

4.-Tratamiento del extracto. El extracto aclarado puede ser tratado a fin de eliminar ciertas impurezas, mejorando así la insipidez, el color, la calidad nutricional y la modificación de las propiedades funcionales del producto final. El tratamiento del extracto puede incluir: el intercambio de iones para eliminar el Fitato y reducir el contenido de cenizas, el tratamiento con carbón activado se utiliza para eliminar las sustancias fenólicas, la ultrafiltración de concentración para la eliminación de componentes de bajo peso molecular, etc. Aunque estos procesos se han sugerido en la literatura no se sabe si se practica en la producción industrial del aislado proteico de

soya. El uso de membranas para los procesos de extracción y purificación de la concentración se sabe que se aplica industrialmente en Europa y Japón. (Elías, 1979).

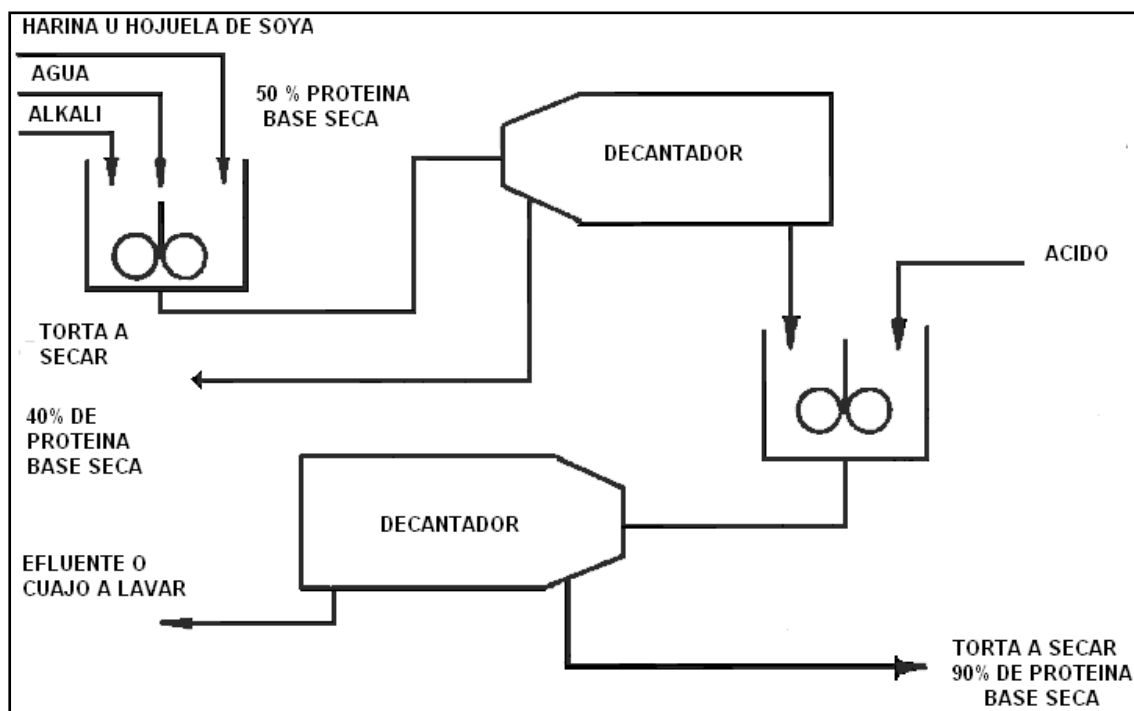


Figura 3.16. Diagrama de proceso para la separación sólido / líquido a escala industrial. Fuente: Alfa-Laval (1990).

5.-Precipitación. La proteína se precipita desde el extracto a pH dentro de la región isoeléctrica. El tipo de ácido utilizado o la temperatura de las precipitaciones no afectan el rendimiento o la pureza de la proteína precipitada.

6.-Separación y lavado del cuajo. El precipitado de proteínas se separa del sobrenadante (suero) por filtración o centrifugado. El decantador centrífugo puede utilizarse para este fin. La cuajada debe ser lavada con el fin de eliminar los residuos de suero solubles. Esto puede ser hecho por resuspensión del cuajo en el agua y volver a centrifugar, o de forma continua en un filtro rotatorio. Lavar completamente es más importante para la obtención del aislado proteico de alta pureza.

7.-Secado. El método usual para el secado de la pasta lavada es la atomización. (FAO, 1992).

3.4.1.1 Desventajas presentes en el proceso convencional

A.- Proceso de pérdidas. El proceso convencional separa los sólidos de la soya en tres fracciones: la extracción de residuos, requesón (ISP) y suero de leche.

La extracción de residuos. (okara) es el material sólido insoluble dejado atrás después de la extracción y separado del extracto por filtración o decantación. Representa aproximadamente el 40% de los sólidos en la materia prima y se lleva del 15% de la proteína que entró en el proceso. Normalmente es compactado, secado y se venden como un subproducto de la fabricación del aislado proteico. Puede ser utilizado como fuente de proteína para la alimentación animal o en raciones como una fuente de fibra dietética en la nutrición humana. Se ha utilizado también en los alimentos por su excepcional capacidad de absorber agua.

El suero de leche es el líquido sobrenadante, resultante después que la proteína se precipita desde el extracto. Contiene los azúcares y las sustancias nitrogenadas no precipitadas por la acidificación.

Aproximadamente se encuentran 25% de la materia seca del material crudo y 10% de su volumen de nitrógeno en este fragmento. Las primeras investigaciones (Hackler y otros. 1963) indicaron que el "suero de leche" proveniente de la soya puede ser tóxico para los animales. Esta conclusión se ha vuelto común desde entonces. Además, el aislado proteico de soya es una solución muy diluida, que contiene de 1 a 3% de los sólidos, y depende de la cantidad de disolvente y tamaño de partícula utilizado para la extracción. La concentración y secado tanto del suero de leche como del aislado proteico, sería demasiado costoso. ISP tipo lactosuero es, por tanto, un flujo de residuos del proceso de aislamiento.

El **requesón** es el precipitado obtenido por la acidificación del extracto. Después del lavado y secado, se convierte en el producto final: aislado proteico de soya isoelectrica. Contiene 75% de la proteína del material de partida. Casi 3 toneladas de soya desgrasada se necesitan para producir una tonelada de proteínas aisladas. (FAO, 1992)

Este bajo rendimiento explica, en gran medida, el costo relativamente alto de producir aislado proteico de soya.

B.- Calidad. Los ISP (aislados proteicos de soya) obtenidos por el proceso convencional contiene varios tipos de impurezas (por ejemplo, sustancias fenólicas y fitatos) algo que puede perjudicar sus propiedades funcionales, sensoriales y de calidad nutricional. El descascarillado más completo de los frijoles, exhaustivo tratamiento del extracto y el reiterado lavado de la cuajada para reducir las impurezas, no garantiza eliminarlas completamente. (FAO, 1992).

3.4.2 Procesos alternativos

Varios procesos alternativos para el aislamiento de proteínas de soya se han reportado en la literatura. Estos incluyen:

A.- Solubilización de las proteínas de soya en la soluciones de sal, seguida de la precipitación por dilución con agua.

B.- Precipitación del extracto cerca de la temperatura de ebullición, utilizando sales de calcio (como en la producción de tofu).

C.- Ultrafiltración del extracto a fin de eliminar los componentes de suero de leche de bajo peso molecular, dejando una solución concentrada de proteína que puede ser secado por aspersión.

D.- Separación física del cuerpo proteico de manera intacta a partir de harina de soya finamente granulada, el fraccionamiento se da por densidad (flotación).

E.- Purificación del extracto por ultrafiltración, filtración a través de carbón activado e intercambio iónico, con el fin de aumentar la pureza del cuajo. (FAO, 1992).

CAPITULO IV

MARCO METODOLOGICO

Se presenta la secuencia metodológica que lleva a la posible solución del problema, alguna de las herramientas metodológicas empleadas se presentan como NORMAS previamente establecidas, otras son procedimientos establecidos por los autores de este trabajo. El tipo de investigación realizada en este trabajo es de tipo cuantitativa con un enfoque descriptivo.

4.1 ANÁLISIS DE LA DIETA PROTEICA

Para el análisis de la dieta proteica del venezolano, se consultó la Hoja de Balance de Alimentos (2007) y Los Valores de Referencia de Energía y Nutrientes Para la Población Venezolana (2000) ambas publicaciones hechas por Instituto Nacional de Nutrición (INN).

La hoja de balance de alimentos presenta, como aplicación de la misma, tablas que describen el origen de la proteína aportadas por las disponibilidades alimentarias y ésta presenta cantidades de proteína tanto animal como vegetal en g/persona/día, definida para un venezolano promedio.

La publicación Valores de Referencia de Energía y Nutrientes Para la Población Venezolana, presenta los requerimientos de proteínas en actividad moderada para cada sexo y por grupos de edad, presenta un peso promedio para cada edad y la cantidad de proteína que debería consumir.

Se comparo la cantidad de proteína disponible para cada venezolano (hojas de balance) con la tabla de valores de referencia para la población venezolana, que en su tercera columna reporta, dado el peso promedio y la edad, la cantidad de proteína que debería consumir.

4.2 MATERIA PRIMA

4.2.1 ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima es de procedencia Brasileira, se obtuvo en dos presentaciones, la primera en granos (Patrón) adquirida a través de la empresa Agroisleña, y la segunda, en harina desgrasada en forma texturizada (Muestra) proveniente de una empresa venezolana procesadora de aceite de soya (COPOSA) cuyo subproducto es esta harina texturizada. Ambas presentaciones corresponden a una variedad de soya llamada Merrill

4. 2.2. TRATAMIENTO INICIAL DE LA MATERIA PRIMA (PATRON)

Inicialmente se realizó un proceso de escaldado a los granos, en el cual se sumergieron en agua a temperatura de 70-80 °C por espacio de 20 minutos, luego se les retiró la cascarilla en forma manual para su posterior secado con aire forzado a temperatura ambiente durante 36 horas aproximadamente. Luego se procedió a la molienda de los granos descascarillados por medio de una licuadora doméstica y a continuación se tamizó en el equipo EDCOTTS L.T.D a un tamaño de partícula de 300 mallas. Posteriormente se procedió al almacenaje de la harina en bolsas plásticas tipo “ziploc” selladas herméticamente y a temperatura de 8 °C en neveras estándares para sus posteriores pruebas.

4.3. ANALISIS PROXIMAL

El análisis proximal es un conjunto de pruebas que se realizaron a la materia prima en sus diferentes presentaciones: cascarilla, granos, harina desgrasada y harina texturizada; en dichas pruebas se les denominará “muestras” a cada una de ellas.

La tabla 4.1 muestra el conjunto de pruebas o determinaciones así como las normas COVENIN sobre las cuales están regidos los procedimientos empleados en cada una de las determinaciones.

TABLA 4.1. DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES ENSAYOS DEL ANALISIS PROXIMAL

PRUEBA	NORMA	ALCANCE
HUMEDAD	COVENIN N° 1553:1980	Determinar contenido de agua en la muestra.
CENIZAS	COVENIN N° 1783:1981	Determinar contenido de materia mineral presente en la muestra.
FIBRA CRUDA	COVENIN N° 1789:1981	Determinar el contenido de residuo orgánico combustible e insoluble presente en la muestra.
GRASA CRUDA	COVENIN N° 1785:1981	Determinar constituyentes lipídicos libres presentes en la muestra.
PROTEINAS	COVENIN N° 1195:1980	Determinar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra, previamente se realizaron 4 etapas: Digestión, destilación, Valoración y cuantificación.

4.3.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

PROCEDIMIENTO:

La determinación de humedad se realizó según la norma COVENIN 1553:1980. Se pesaron las muestras (granos, cascarilla y harinas) en el pesafiltro con tapa previamente desecado, luego se introdujo en la estufa, que se muestra en la figura 4.1, marca PRECISION por espacio de 24 horas, tras el secado, se colocó en un desecador para enfriar y se procedió a temperatura de 28 °C (temperatura ambiente) a pesar en una balanza, que se muestra en la figura 4.2, marca ADVENTURER de precisión $\pm 0,0001$, el ensayo se realizó por triplicado a cada muestra.



Figura 4.1. Estufa Marca PRECISION

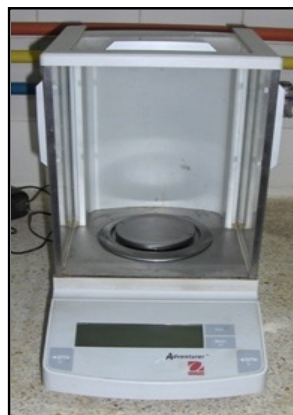


Figura 4.2. Balanza analítica marca Adventurer de precisión $\pm 0,0001$

4.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS

PROCEDIMIENTO:

La determinación de cenizas se realizó según las normas COVENIN 1783:1981. Este ensayo se realizó a las muestras en un crisol seco y tarado, se utilizó parte de la muestra proveniente de humedad, que por estar libre de humedad no se necesitó incinerar en la campana, se colocó en una mufla, que se muestra en la figura 4.3, marca Thermolyne modelo 1400 a temperatura de 550°C por 24 horas y se obtuvo cenizas de color gris claro a un peso constante. Se sacó la muestra de la mufla se colocó en el desecador y luego a temperatura de 28°C (temperatura ambiente) se pesó, el ensayo se realizó por triplicado a cada muestra.



Figura 4.3. Mufla marca Thermolyne modelo 1400

4.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA

PROCEDIMIENTO:

Este ensayo se realizó bajo la norma COVENIN 1789:1981. Para su determinación se pesaron 15 gramos de la muestra y se colocó en un dedal de

celulosa, se pesaron los balones con perlas en su interior, luego se colocó cada dedal en cada deposito del equipo soxlet, marca LAB-LINE, como el que se muestra en la figura 4.4, y que consta de un sistema de resistencias en serie que brindan calor al hexano, de densidad 0,661 g/mL y proveído por Fischer Scientific, contenido en los balones de extracción consta además de un sistema de condensado, columnas de doble tubo por el cual pasa el agua que condensa los vapores de hexano que van al deposito donde se encuentra el dedal; al cabo de 4 horas se procedió a retirar los dedales del equipo extractor y se dejó que el equipo continuara evaporando y condensando el hexano en el equipo soxlet para evitar posibles restos de harina en el hexano recuperado. Luego los dedales se colocaron en la estufa para eliminar restos de hexano, y los balones con perlas y aceite van a la estufa hasta el día siguiente, al cabo de ese tiempo se colocaron en el desecador para luego ser pesados a temperatura de 28°C (temperatura ambiente) y cuantificar la cantidad de grasa extraída, el ensayo se realizó por quintuplicado a la harina de soya proveniente del grano.

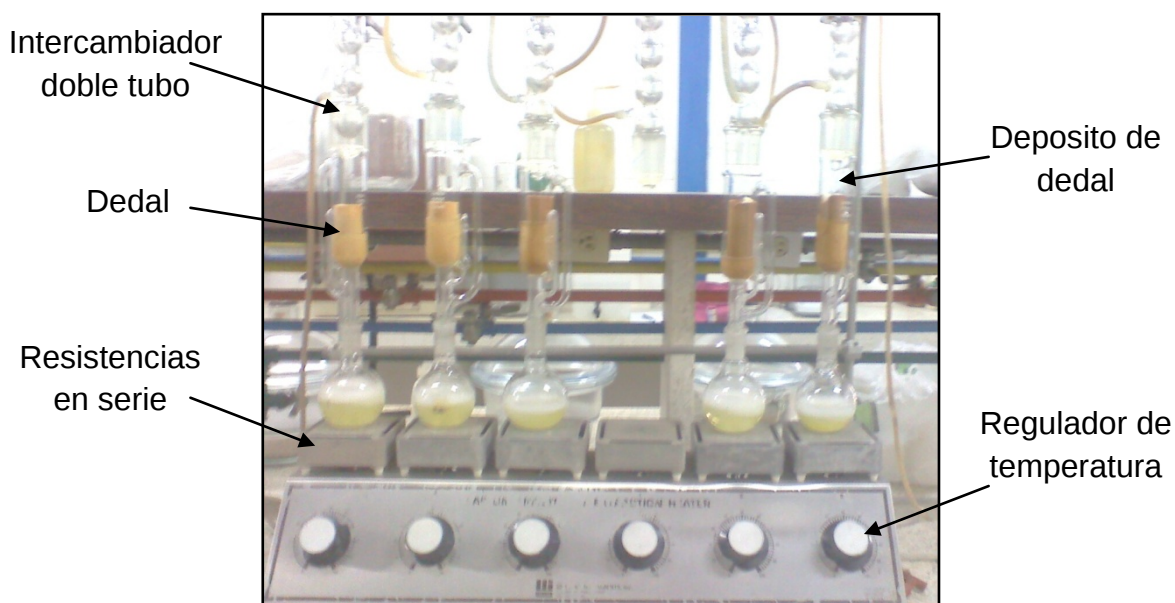


Figura 4.4. Equipo soxlet marca LAB-LINE. MultiUnit Extraction Heater

4.3.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

PROCEDIMIENTO:

Este ensayo se realizó según la norma COVENIN 1789:1981. Para su determinación se pesó la muestra y se le retiró la humedad en la estufa, seguidamente a temperatura ambiente la muestra se colocó en el equipo soxlet para extraerle la grasa con el hexano y luego en la estufa para retirar el solvente restante. A la muestra desgrasada se le añadió ácido sulfúrico de concentración 95 a 97%, densidad 1,84 kg/L, grado analítico procedente de Reídle – deHaen, se calentó por 30 minutos aproximadamente, posteriormente se llevó a cabo una filtración con una tela porosa y se lavó el residuo con agua destilada caliente hasta que se obtuvieron aguas de lavado neutras. A este residuo se le agregó Hidróxido de Sodio hirviendo procedente de Alemania, y nuevamente se calentó por espacio de media hora, se filtró y se lavó el residuo hasta obtener aguas de lavado neutras indicadas por el papel tornasol. Se procedió a secar el residuo por una hora a 120°C y luego a temperatura ambiente (28 °C) se pesó en una balanza marca ADVENTURER de precisión $\pm 0,0001$, este residuo se incineró a 550°C por aproximadamente 30 minutos, se enfrió a temperatura de 28°C (temperatura ambiente) y se pesó nuevamente en balanza, el ensayo se realizó por triplicado a cada muestra.

4.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

PROCEDIMIENTO:

A cada muestra se le determinó el contenido proteico basado en las normas COVENIN 1195:1980 mediante la ejecución de 4 etapas: digestión, destilación, valoración y cuantificación.

La digestión de 1 gramo de la muestra por acción de: ácido sulfúrico concentrado 95 a 97%, densidad 1,84 kg/L, grado analítico procedente de Reídle – deHaen, y de

pastillas de digestión kjeldhal con contenido de K_2SO_4 (3,5g) y Se (0,035g), una vez los tubos en el equipo digestor, marca BUCHI, Digestor Units K-435, que se muestra en la figura 4.5, se colocaron a altas temperaturas durante aproximadamente 15 horas, al cabo de este tiempo el contenido de los tubos se trasvasó a los tubos del equipo de destilación y se agregó agua destilada.

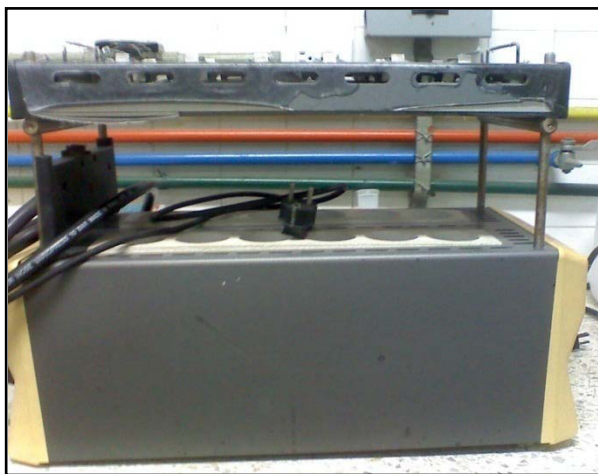


Figura 4.5. Unidad de digestión K-435 BUCHI

En la segunda etapa, la destilación se realizó en el equipo marca LABCONCO modelo Rapidstill II, como el que se muestra en la figura 4.6, una vez colocado el tubo de muestra en el equipo se agregó Hidróxido de Sodio al 50% y se dió inicio a la valoración cualitativa por cambio de color del indicador rojo de metilo en una solución de ácido bórico al 4%, donde es burbujeado el nitrógeno presente en el tubo que contiene la muestra.



Figura 4.6. Equipo de destilación Rapidstill II Marca LABCONCO

La tercera etapa fue la valoración de la muestra de nitrógeno recogida en la fiola con ácido bórico, para esto se utilizó una solución de ácido clorhídrico de 0,1 N, nuevamente el cambio de color del indicador rojo de metilo señaló el fin de la valoración, se recogieron datos de volumen de titulante gastado para cada muestra, el ensayo se realizó por triplicado a cada muestra.

La cuantificación se basó en el cálculo inicial del contenido de nitrógeno de la muestra y una vez obtenido este valor se multiplicó por el factor de conversión, y en el caso particular de la soya este valor es de 5,71.

4.5 DETERMINACIÓN DE AMINOÁCIDOS POR HPLC

La determinación de aminoácidos se realizó siguiendo el esquema mostrado en la figura 4.8, en un equipo de HPLC marca waters como el mostrado en la figura 4,7. Se basa en dos etapas, la primera es la preparación que a su vez consta de tres preparaciones: la de las soluciones a emplear durante toda la determinación, la preparación de las muestras sólidas y de los estándares y la tercera es la preparación del equipo, la segunda etapa es la inyección se refleja tanto para los estándares para construir la curva de calibración y la inyección de las muestras para la cuantificación de aminoácidos de las mismas.



Fig. 4.7. Equipo de HPLC marca WATERS.

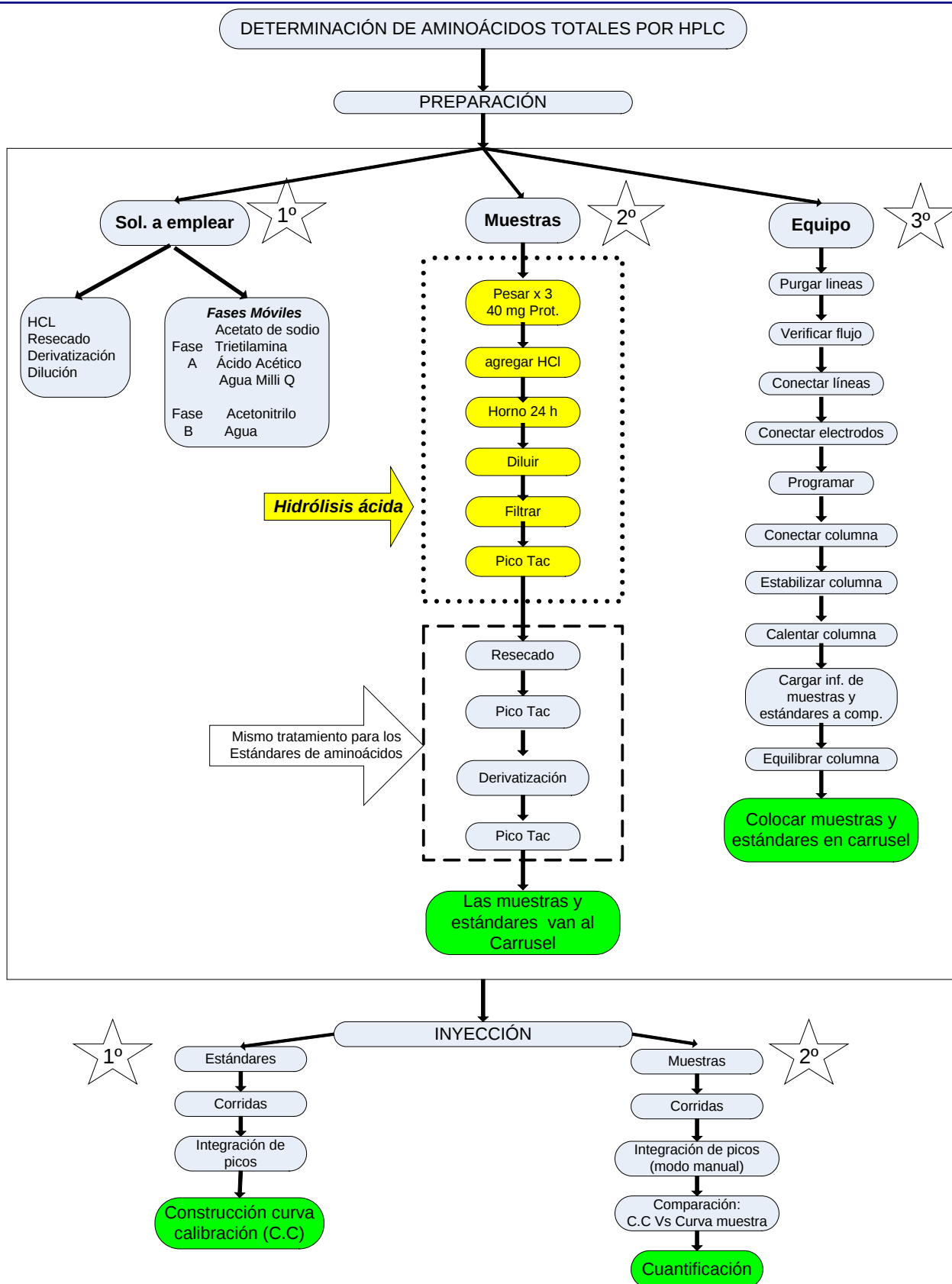


Figura 4.8. Esquema de determinación de aminoácidos totales utilizando HPLC

PROCEDIMIENTO:**4.5.1 Preparación de las muestras (sólidas) para el posterior análisis:****4.5.1.1 -HIDRÓLISIS ACIDA**

Primeramente se pesó en tubos de ensayo con tapa de rosca de 15 mL (150 x 25mm) una cantidad de muestra que garantizó 40µg de proteína aproximadamente, se agregó el ácido Clorhídrico 6N y se burbujeó con nitrógeno por 30 segundos para posteriormente colocarlo en un horno por 24 horas. Luego se realizó una dilución para ser pasado por un filtro de 45 µm, luego se transfirió a un tubo de ensayo una cantidad que garantizó 10 µg de proteína contenidos en esta dilución, luego se introdujeron los tubos de ensayo en el equipo pico tag para ser secados, una vez que la muestra estuvo completamente seca (65 militor) se retiró del sistema pico tag, (aproximadamente 10 minutos).

4.5.1.2.- RESECADO:**4.5.1.2.1. Preparación de la solución de resecado:**

Se realizó una mezcla 2:2:1 de etanol, agua y trietilamina respectivamente.

4.5.1.2.2- Etapa de resecado:

Se agregó la solución de resecado a cada una de las muestras y se mezclaron en un Vortex, como el que se muestra en la figura 4.9, al cabo de 30 minutos se

procedió a introducir las muestras en el sistema pico tag hasta una presión de 65 militor aproximadamente donde quedaron completamente secas.



Fig. 4.9. Equipo de mezclado marca VORTEX

4.5.1.3.- DERIVATACIÓN:

4.5.1.3.1 Preparación de la solución de derivatación

Consistió en una solución 7:1:1:1 de etanol: trietilamina: agua: PITC (Isotiocianato de fenilo). Una vez abierta una ampolla de PITC (pierce, N° NCI2530), se guardó el sobrante en un frasco con tapa forrada de teflón en el congelador.

Nota: No se debe conservar este reactivo por más de tres semanas, aunque se guarde congelado y bajo atmósfera inerte (nitrógeno).

4.5.1.3.2. Etapa de derivatación

A cada una de las muestras completamente secas se les agregó reactivo derivatizante y se agitó vigorosamente en el Vortex, se procedió a colocar dichas

muestras en el sistemas pico tag para secarlas nuevamente durante aproximadamente 2 horas. Finalmente se procedió al análisis por HPLC.

4.5.2 Preparación del equipo HPLC para la calibración y posterior análisis de las muestras

Inicialmente se realiza una purga para eliminar todas las burbujas presentes en las líneas que provienen de los tanques de las fases, la fase móvil A que es una solución de acetato de sodio trihidratado, trietilamina y para ajustar pH se le adiciona ácido acético glacial y la fase móvil B que es una solución de acetonitrilo-agua, esto se realiza con una inyectora, con la válvula de succión de la bomba en posición “dawn” se extrae líquido, al terminar cada extracción la válvula debe retomar su posición “run”, se repite el procedimiento se hasta que no se observen burbujas en la línea y para las demás líneas (A y B). El flujo utilizado durante la purga es de 2 mL/min, la columna no esta conectada por lo que el cambio de fase de B a A puede hacerse de manera rápida.

Para verificar que el flujo que se reporta en pantalla sea el correcto, se cambia el flujo a 10 mL/min (valor teórico de la bomba) se coloca en la descarga un balón aforado de 10mL y toma el tiempo de llenado, que debe ser de un minuto para verificar que el flujo es el correcto.

Se conectan las líneas a la columna siguiendo la dirección del flujo que se indica en la misma. La columna está preparada para trabajar con una mezcla acetonitrilo-agua.

Seguidamente se conectan los electrodos, que están en el interior del equipo, al detector que recibe la señal que emita cada aminoácido al paso por la columna, en este caso el detector es de tipo UV.

Posteriormente se programa el computador para estabilizar el sistema con un flujo bajo de la fase móvil B 100% por unos minutos, después se programa el paso de la fase móvil A, con lo que progresivamente se disminuye la cantidad de la fase B y se incrementa la cantidad de la fase móvil A hasta 100%, con una variación de flujo de 0,2 a 0,6mL/min en un gradiente de 10min.

Se carga la columna nuevamente con una relación de fases A y B de 5% y 95%, respectivamente, aplicando un gradiente de 10 min.

Luego se procede a calentar la columna a 40 °C a un flujo de 0,6mL/min y una composición de 5% de la fase Móvil A y 95% de la fase móvil B. la presión se ve incrementada a medida que ocurre el calentamiento hasta llegar a el set point de 40 °C la presión registrada es del orden de los 1400 psi.

El tiempo de equilibrio de la columna es alto, por lo que la se deja a un flujo de 0,2 mL/min por 12 h. El equipo estará en condiciones operacionales con la temperatura descrita y una presión de 1400psi.

Se carga al sistema la información que corresponde a la identificación de los aminoácidos estándar, para la construcción de la curva de calibración, y las muestras a analizar. El rango de longitud de onda del equipo es de 240nm.

Se colocan las muestras en el carrusel de inyección, para ellos se sigue el orden establecido en el paso anterior.

A continuación el equipo de HPLC marca waters como el mostrado en la figura 4.7 procedió al análisis de las muestras durante 12 horas aproximadamente.

4.6 PRECIPITACIÓN DE PROTEÍNAS

Precipitación de proteínas a través del proceso de lavado con ácido

A partir de la harina desgrasada, se pesaron cantidades equivalentes a 1 g aproximadamente y se depositaron en tubos de centrifuga, previamente secos, a la par se preparó una solución tampón de un ácido débil, como el acético al 0,5 %, la cual tiene un pH menor al rango establecido para la región isoelectrica, para corregir el pH se dispuso de la sal del ácido débil, para esta experiencia se utilizó acetato de sodio, al agregar y agitar se disolvió la sal en el ácido y se tomaron medidas de pH hasta en el rango de 4 a 5. Luego de haber obtenido el pH deseado (pH 4,0; 4,2; 4,4; 4,5), se midieron entre 5 y 8 mL por cada gramo de harina desgrasada, se vertió en el tubo de centrifuga asegurando el mezclado de los mismos. A continuación se colocaron los tubos dentro de sus camisas correspondientes y posteriormente en la centrifuga, marca DAMON/ IEC DIVISION, modelo IEC HN-SII, de 12 puestos y con un máximo de r.p.m. de 9000 se muestra en la figura 4.10. El tiempo se tomó en paradas cada 10 minutos por 20 minutos con intervalos de descanso de 2 a 3 minutos, luego se introdujeron los tubos previamente centrifugados en la nevera a 8 °C por 24 horas. Terminado el tiempo se observan las fases presentes y se separan por medios físicos como el filtrado.



Figura 4.10 Centrifuga marca DAMON modelo IEC HN-SII

4.7 FORMULACION DEL PRODUCTO:

Para la formulación del producto, se mezclaron porciones de harina de maíz / harina de soya de 0 a 40 % en peso de harina de soya con 150mL de agua potable, se amasó a mezcla con las manos durante 4 minutos y se procedió a realizar bolas de harina de 25g cada una para luego colocarlas en el tosty arepa marca Oster como el mostrado en la figura 4.11.



Figura4.11. Tosty arepa marca Oster

4.8 ANALISIS SENSORIAL:

El análisis sensorial realizado fue una prueba experimental de tipo “por preferencia” en el cual se procedió a escoger un panel de 10 personas para la degustación de las muestras en el que se les dió a probar 5 muestras, la prueba fue aplicada en 2 días de la siguiente manera: Día uno, se degustaron las muestras con porcentajes de 0, 10 y 40% respectivamente; día dos, se degustaron muestras con porcentajes de 0, 20 y 30% respectivamente. El horario de la degustación en ambos días fue de 9 a 10am, se les facilitó un formato como el mostrado en la figura A.1 en el anexo A (Hoja de evaluación), en el que marcaron según los atributos de su preferencia y con una escala del 1 al 5 en orden descendiente en preferencia, propiedades de olor, color, sabor y textura. Luego de la obtención de los resultados se procedió al análisis estadístico por dos vías: Prueba de rangos y análisis de varianza.

Para la identificación de las muestras ante los panelista se utilizó un matriz de números aleatorios como la que se muestra en la figura A.2 del anexo A.

Para la realización de la Prueba de Rango y del Análisis de Varianza se utilizaron los métodos presentados por Mackey y col. (1984). Las tablas necesarias para la cuantificación de los métodos se presentan en los anexos.

4.9 RELACIÓN COSTO BENEFICIO:

La relación costo beneficio se realizó en función de los costos de cada uno de los equipos, personal y servicios básicos. Primeramente se estableció una base que consistió en 25 toneladas diarias de materia prima, luego se estimó el costo de los equipos principales que hacen posible la formulación del producto. Para ello, se solicitaron cotizaciones de la materia prima (harina texturizada de soya), fletes, análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de los siguientes equipos: Tornillos sin fin, silos y

molino. Luego en función del consumo de electricidad de cada equipo se estimo el costo mensual del servicio. Se estableció un numero de personal igual a dos (2).

Luego para el cálculo del costo total mensual, se estimo el 10% del costo total de los equipos lo cual representó el costo por mes que aporta el equipo. Posteriormente se procedió a calcular el costo de obtención de la harina de soya para la formulación del producto final.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan las discusiones de los resultados obtenidos en la aplicación de cada una de las metodologías planteadas. Se presentan tablas y gráficos en donde se encuentran los resultados y / o documentos que sustentan algunas de las aseveraciones.

5. DISCUSIONES Y RESULTADOS.

5.1. Analizar la dieta proteica del venezolano por medio del consumo de proteínas de origen animal y vegetal, con la finalidad de estimar la cantidad consumida y la deficiencia de proteína de acuerdo a los estándares de nutrición para la población venezolana.

A efectos del presente trabajo de grado, el análisis de la dieta proteica del venezolano a través del consumo de proteínas de origen vegetal y animal, se limitó al reconocimiento de las HOJAS DE BALANCE DE ALIMENTOS para el trienio 2002-2004 elaborado por el INN (Anexo B), publicado en 2007 (por ello no se disponen de data actual), y además a la revisión de los VALORES DE REFERENCIA DE ENERGÍA Y NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN VENEZOLANA, publicación N° 53 de la Serie de Cuadernos Azules del INN, el primer documento presenta las disponibilidades y los aportes de las disponibilidades de proteínas y carbohidratos presentes en los diferentes grupos de alimentos (se pueden ver en el anexo B), además presenta como aplicación de estas hojas, el origen de las proteínas aportadas por las disponibilidades, es decir refleja para cada año de estudio la cantidad de proteína de origen animal y vegetal que está disponible para consumo humano, el gráfico 5.1 refleja las cantidades del origen de la proteína en g/ persona/ día, así como el aporte total de ambos orígenes de proteína.

Se interpreta la cantidad dada, por el origen de la proteínas aportadas por las disponibilidades alimentarias, como la cantidad en g/persona/día de proteína disponible para el consumo humano, esto refiere que cada venezolano tiene a su disposición una cantidad de proteínas en los alimentos a los que tiene acceso debido a su disponibilidad, el grafico 5.1 obedece a las tablas del anexo B (Origen de las proteínas aportadas por las disponibilidades alimentarias, años: 2002, 2003 y 2004), esto no es medida directa de lo que consume el venezolano pero se puede establecer un relación bajo la premisa de que si esta disponible en esas cantidades es debido a la oferta y demanda de alimentos, por lo que se puede presumir que esta cantidad es muy cercana al consumo real. El análisis para establecer la deficiencia o no de proteína se basa en la comparación de los aportes de las disponibilidades con los valores de referencia de proteína en actividad moderada por edad y sexo en la población venezolana contenidos en la publicación N° 53 VALORES DE REFERENCIA DE ENERGÍA Y NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN VENEZOLANA de la Serie de Cuadernos Azules del INN.

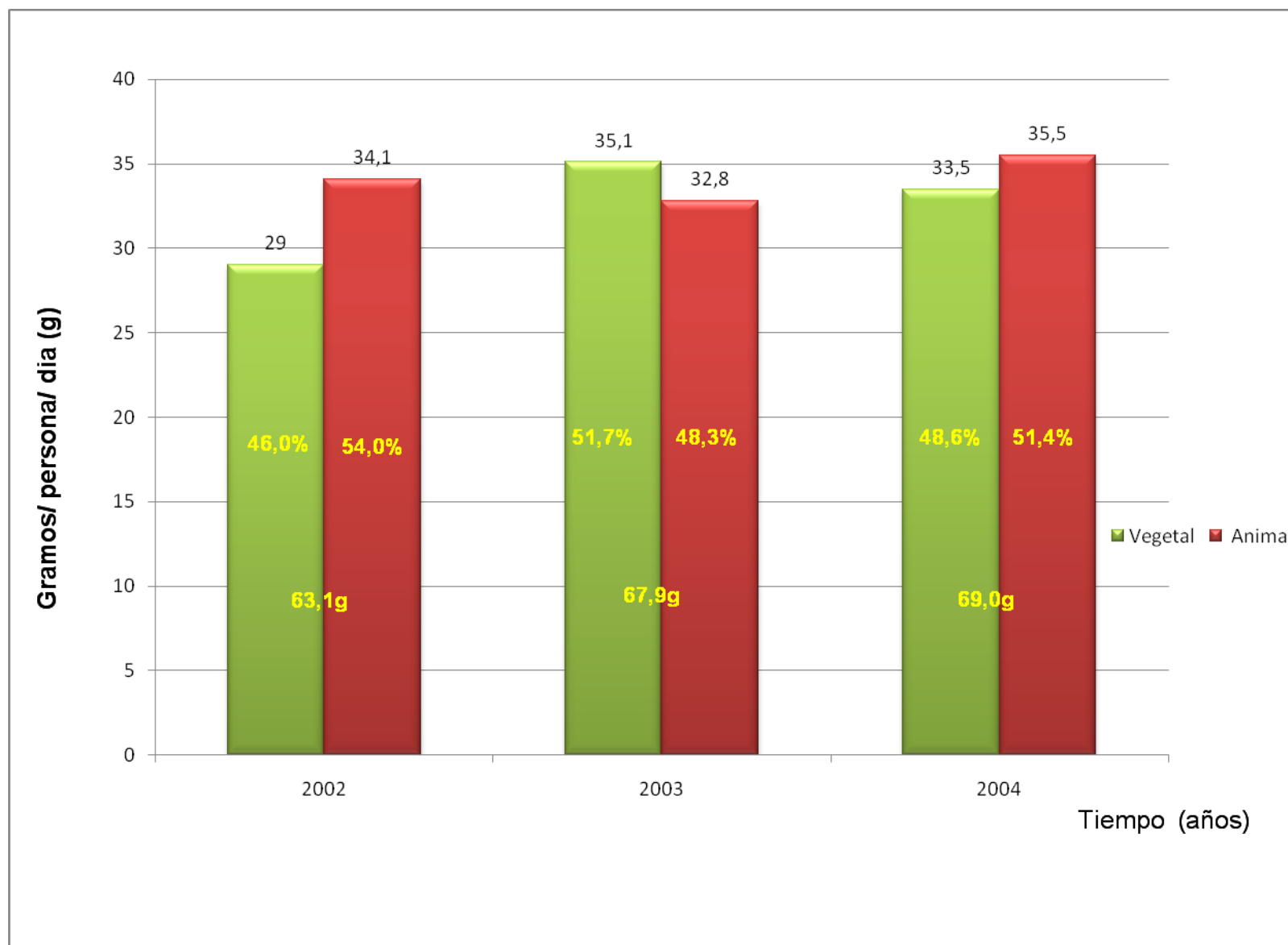


Grafico 5.1 Origen de la proteína aportadas por las disponibilidades alimentarias para el trienio 2002-2004

El grafico infiere las cantidades totales, en color amarillo, del aporte de proteína debido a las disponibilidades, se interpreta que para el año 2002 cada persona por día disponía de 63,1 gramos de proteínas provenientes de ambos orígenes, y se incrementa a través del tiempo, así mismo se observa que el consumo de proteína de origen animal es más alto en 2002 y 2004 y el de origen vegetal en 2003, una causa se puede atribuir a una menor disponibilidad de alimentos con proteína de origen animal. Sin embargo el consumo de ambas proteínas es semejante.

La población venezolana posee referencias de requerimientos individuales, es decir por sexo y edad, estos requerimientos se reflejan en las tablas 5.1 para el sexo Masculino y 5.2 para el femenino.

La tabla 5.1 presenta valores referenciales de cantidades de proteína requerida por actividad física en g/kg y presenta una referencia al peso promedio por edad de cada varón, con lo que la cantidad de proteínas por actividad física en g/día queda determinado en la tercera columna, al comparar esta con el aporte por año descrito en la grafica anterior se nota como la suficiencia de proteínas esta asegurada para varones menores a 12 meses y con edades comprendidas entre los 2 (proteína por actividad física de 32g/día) y 10 años (proteína por actividad física de 62 g/día), y, después de los 12 años la proteína disponible se hace insuficiente, (la disponibilidad para el año 2002 es de 63,1 g/día) el grupo de edad de adolescente se ve afectado entre los 12 y 18 años, cabe recordar que dentro de esta etapa esta la del brote puberal, para los varones refiere edades entre los 11,6 y 13,6 años, el crecimiento es rápido en talla y peso y como consecuencia aumenta la demanda nutricional, también se ve afectado el grupo de adultos y adulto mayor, para los años 2003 y 2004 se repite el comportamiento en varones mayores de 12 años.

Los valores de disponibilidades del 2003 y 2004 (67,9 g/día y 69,0 g/día) satisfacen la demanda de los varones mayores adultos, se infiere que el crecimiento de

la disponibilidad se ha mantenido por lo que se puede decir que este grupo hoy día recibe la carga proteína necesaria para el mantenimiento de funciones vitales.

Tabla 5.1 Valores referenciales en actividad moderada por edad en la población masculina Venezolana

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
0-6 meses	5,71	20	3,47
6-12 meses	8,25	25	3,02
2	11,91	32	2,72
4	15,84	41	2,61
6	19,77	50	2,50
Adolescentes			
8	24,61	55	2,26
10	30,48	62	2,04
12	37,35	80	2,14
14	47,19	94	2,00
16	57,33	98	1,71
18	61,15	86	1,47
Adultos			
20-24	62,42	80	1,28
25-29	67,14	84	1,24
30-34	68,39	82	1,20
35-39	70,55	83	1,18
40-49	74,08	85	1,17
50-59	74,08	85	1,17
Adulto mayor			
60-69	68,34	82	1,10
70 y más	63,12	76	1,10

Fuente: INN 2000.

Tabla 5.2 Valores referenciales en actividad moderada por edad en la población femenina

Grupos de edad (Años)	Peso (kg)*	Proteínas por actividad física (g/día)**	Proteínas por actividad física (g/kg)**
0-6 meses	5,34	19	3,48
6-12 meses	7,69	23	3,00
2	11,24	31	2,72
4	15,27	41	2,67
6	19,11	47	2,45
Adolescentes			
8	24,17	53	2,17
10	30,88	66	2,14
12	34,91	72	1,83
14	48,52	72	1,49
16	52,88	69	1,31
18	53,75	66	1,18
Adultos			
20-24	53,10	58	1,06
25-29	56,49	60	1,03
30-34	58,20	60	1,00
35-39	61,03	61	0,98
40-49	63,28	62	0,98
50-59	63,28	62	0,98
Adulto mayor			
60-69	62,33	75	1,00
70 y más	59,42	71	1,00
Embarazadas		+12	
Madres que lactan			
1er semestre		+15	1,43
2do semestre		+12	1,46

Fuente: INN 2000

En el caso de las hembras la disponibilidad es suficiente hasta los 8 años y se produce un crecimiento en la demanda de proteína entre los 10 y 14 años, en este rango el brote puberal para la hembra comienza a edades entre 9,6 y 11,6 años y se observa que la disponibilidad de proteína es menor que el requerimiento (tercera columna) por lo que para los tres años de estudio 2002 (63,1g), 2003 (67,9g) y 2004 (69,0g) la demanda no fue satisfecha, existiendo entonces un desbalance en el consumo de proteínas.

Los beneficios que aporta la proteína de soya de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas son amplias, contribuye a la buena salud de: corazón (reducción del colesterol “malo”), salud ósea (mayor densidad mineral ósea), alivio de la sintomatología de la menopausia, prevención del cáncer (de mama, próstata, tiroides), nutrición basada en el rendimiento (recuperación muscular más rápida) control y manejo del peso (saciedad del hambre) (ASA, 1996). Estos atributos proporcionan un importante interés social, debido a que en función del porcentaje de hogares pobres según necesidades básicas insatisfechas, aportados por el INN (1998-2005) mostrado en el gráfico. 5.2 es más difícil que estas familias se preocupen por su salud y los beneficios de los alimentos que estén a su alcance, siendo entonces la arepa fortificada con harina de soya un medio económico y de consumo muy común para los venezolanos.

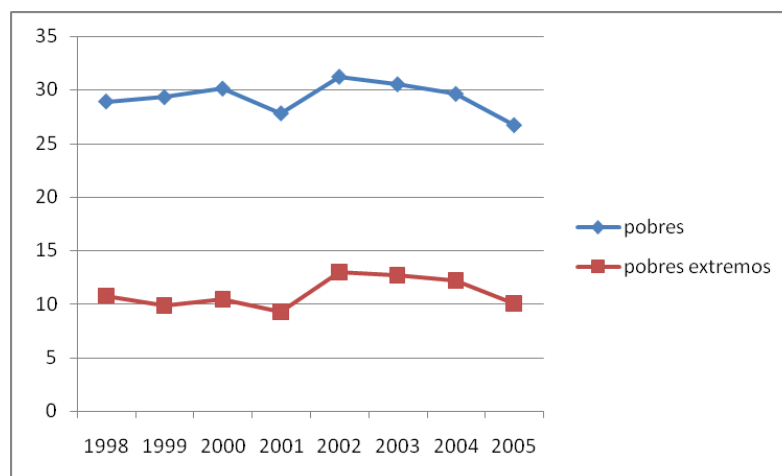


Gráfico 5.2. Porcentajes de hogares pobres según necesidades básicas insatisfechas 1998-2005.

Si nos enfocamos en el porcentaje de hogares pobres según su línea de ingreso (gráfico 5.3) el problema sería aun mayor, ya que los porcentajes de hogares pobres se incrementan desde este punto de vista, siendo entonces necesario un alimento que sea de fácil acceso, palatabilidad y que proporcione además de beneficios nutricionales, beneficios a la salud como los antes descritos.

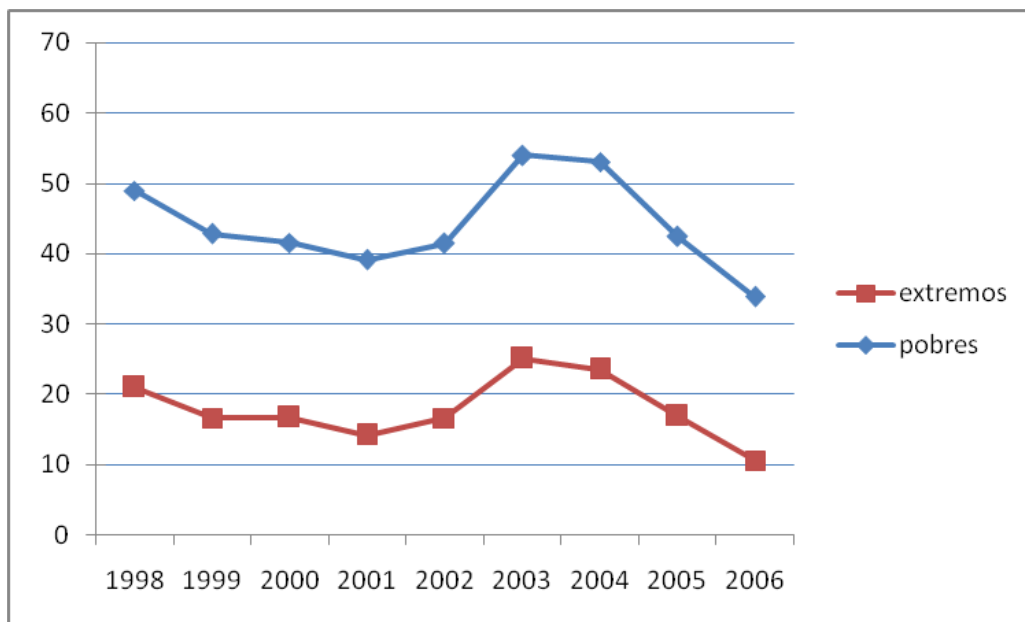


Gráfico 5.3 Porcentaje de hogares pobres según la línea de ingreso 1er SEM. 1998-1er SEM 2006.

5.2. Extraer los componentes del frijol de soya, a fin de caracterizar cada uno de estos sobre la base fisicoquímica, microbiológica y así preparar la torta para la posterior precipitación de proteínas en la harina desgrasada.

El frijol de soya y la harina texturizada empleada como patrón y muestra, respectivamente, tiene procedencia brasilera, los patrones de comparación para las evaluaciones fisicoquímicas provienen de distintos países con características climáticas semejantes.

El cultivo de soya requiere de condiciones adecuadas para su desarrollo, la mejor condición para ello es un clima templado y pH de los suelos entre 6 y 6,5 (FAO, 1992) dependiendo también del tipo de variedad estas características agrícolas también se ven afectadas. El origen de la semilla representa un factor determinante, ya que se han hecho modificaciones importantes en lo que respecta al contenido de proteínas y la resistencia a herbicidas, a partir de una semilla de soya japonesa (CLAES, 2006). En Latinoamérica se ha venido incrementando la producción de soya en los últimos años, siendo Uruguay, Brasil y Argentina los principales exportadores de soya en Latinoamérica.

Como referencia se tienen las tablas de composición de alimentos de América latina aportados por la FAO y la tabla de composición de alimentos aportados por el INN (Anexo B y C). Para Brasil no se obtuvo una data de referencia por parte de la FAO, por lo que se establecieron rangos entre los valores aportados por la FAO en América latina para variedades de soya Merrill, con países como México y Ecuador; para el caso de Venezuela se cuenta con los valores aportados por el INN en el año 1999. El resumen de dicha tabla de rangos se presenta en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Rango de valores en el análisis proximal de la soya cosechado en diferentes países de Latinoamérica.

Componente	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Grasas (%)
Harina de soya Cruda*	5,2-7,7	94,8-92,3	4,7	-	35,4-52,0	20,1-28,0
Harina de soya Desgrasada**	7,2-7,7	92,8-92,3	6,1-6,5	-	34,1-52,0	0,8-1,2
Grano entero	7,5-7,7	92,5-92,3	4,7-5,0	-	32,6-33,4	16,1-18,7

*Rango de valores reportados por el INN en Venezuela y la FAO en Ecuador.

** Rango de valores reportados por el INN en Venezuela y la FAO en México

Las evaluaciones fisicoquímicas se realizaron al grano (Patrón) en su forma natural, a la harina proveniente de este grano (harina cruda), a la harina texturizada (muestra) y como adicional, a la cascarilla y a la harina cruda una vez desgrasada (Patrón).

El análisis fisicoquímico realizado en el presente trabajo, es bajo los requerimientos de las normas COVENIN, y se desconocen las metodologías utilizadas en los valores reportados por la FAO para los países mencionados.

Los valores obtenidos experimentalmente para los análisis fisicoquímicos, se encuentran reportados en la tabla 5.4.. Como no se está tomando como referencia el mismo país y no se conocen las condiciones agrícolas y metodologías para dichos análisis, no se puede discernir respecto a valores reportados con poco valor de discrepancia, sin embargo hay análisis en los que se observa una diferencia bastante significativa como lo es el caso de la humedad para la harina cruda. En este caso el valor está elevado, y se presume que se debe a las condiciones en las que se encontraba el grano a la hora de la cosecha, el ideal es 13% (FAO, 1992), y también la falta de secado a la hora del almacenamiento (en el caso de cosechar un grano con alto contenido de humedad), otro factor posible a considerar es la pérdida de respiración de la semilla entre la maduración y la cosecha, en este caso se considera que la semilla utilizada (harina Cruda) no obtuvo buena respiración en esta etapa, en el caso de la harina desgrasada que reporta valores inferiores a los rangos establecidos, se debe posiblemente a que en el proceso de desgrasado esta harina se sometió a un proceso de desolventizado con temperaturas de 105 °C, disminuyendo así su contenido de humedad. Para la harina texturizada los valores son bastante cercanos.

El contenido de cenizas representa la cantidad de minerales presentes en la muestra, tales como magnesio, zinc, cobre, sodio, potasio, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina B6. Todas ellas se encuentran presentes en la soya.

Tabla 5.4. Análisis proximal de los componentes del grano de soya.

Componente	Humedad (H ± 0,01) %	Materia seca (Ms ± 0,01) %	Cenizas (C ± 0,02)%	Fibra cruda (Fc ± 0,01)%	Proteína (P ± 0,1)%	Grasas (G ± 0,2)%	Carbohidratos (Ca±0,2)%
Harina Cruda (Patrón)	10,50	89,505	3,00	-	42,2	27,8	-
Harina Desgrasada (Patrón)	2,17	97,83	3,83	1,55	65,9	-	26,6±0,2
Harina texturizada (muestra)	8,77	91,230	8,44	0,01	48,1	3,2	26,9±0,2
Granos (Patrón)	9,52	90,48	6,44	-	28,4	-	-
Cascarilla	16,29	83,71	6,44	-	10,9	-	-

La tabla 5.5 muestra la composición de los minerales para la soya cosechada en Venezuela (no se poseen datos relacionados a los países de México, Colombia y Ecuador), según se muestra, la soya en forma de grano entero presenta todos los minerales antes mencionados, la harina de soya cruda y la desgrasada solo contiene vitamina A, β -caroteno, tiamina, riboflavina y niacina, por ello los bajos valores reportados en la tabla 5.4.

Tabla 5.5. Valores nutritivos de la soya.

Alimento (Soya)	Mg	Z	Cu	Na	K	Vitamina A	β - caroteno (mg)	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vitamina B6
Grano entero	240	4,30	1,60	5	1,33	11	66	1,07	0,31	2,3	0,38
Harina Cruda						14	84	0,77	0,28	2,2	
Harina desgrasada						2	12	1,36	0,35	2,5	

En términos de porcentajes, los valores de cenizas referidos a la harina desgrasada y texturizada presentan una desviación por defecto (para la harina desgrasada) y por exceso (para la harina texturizada). Estos valores no producen desviaciones alarmantes a pesar de que no se encuentran dentro de los rangos, debido a que no se está realizando una comparación con soya cosechada en Brasil, como aspecto importante se puede discernir en que el tipo de suelo y cuidados durante el desarrollo de la planta no fueron los óptimos para el buen desarrollo de la soya.

El contenido de fibra obtenido para las muestras de harina desgrasada (Patrón) y la texturizada, son bajos, la soya de las diferentes regiones de Latinoamérica estudiadas no posee contenido en fibra cruda. El contenido de fibra ofrece una medida de cuán digerible es el alimento (más no de la proteína). Una de las posibles razones por las cuales algunas de las muestras no presentaron contenido en fibra cruda (harina cruda, granos y cascarilla) se debe a que el método utilizado en el presente trabajo, ya que a la hora de manipular la muestra en la etapa de filtrado, se utilizaron mallas con tamaño de poro muy grandes para la muestra en estudio y existe la posibilidad de que se haya perdido parte de la muestra. También suele suceder, que cuando se le aplica las condiciones extremas de medio (ácido y básico) y temperatura, la muestra se reduce a más de la mitad siendo estas inicialmente muy pequeñas (1g) por lo que al reducirse el tamaño a más de la mitad y someterlo a procesos de filtrados, el error acarreado es muy grande. El contenido de fibra cruda se encuentra principalmente en la cascarilla, por lo que no es posible encontrar contenido de fibra en el grano descascarillado y/o harinas desgrasadas y texturizadas. (FAO, 1992).

El contenido de proteínas promedio de la soya a nivel mundial es de 40% aproximadamente, en algunas regiones este valor puede estar por encima o por debajo del valor promedio como lo es caso de Ecuador, en el que la FAO reporta un valor de 52% como se indica en el anexo B. Para nuestra muestra procedente de Brasil, los valores estuvieron muy por encima de los estándares de Latinoamérica y el resto del mundo, con un valor de proteína de 65,9% para la harina desgrasada.

En Brasil se ha producido soya modificada genéticamente para incrementar su contenido en proteínas (CLAES, 2006), estas modificaciones se han venido realizando desde 1992, y se han adaptado a diferentes variedades de soya en distintas zonas de cultivo de dicho país.

La harina texturizada, que como se ha venido diciendo, se procesó a nivel industrial bajo distintos métodos que el realizado a la harina desgrasada, el contenido de proteínas es inferior a los patrones estudiados, en la harina texturizada, esta discrepancia puede deberse a los métodos de extracción de aceite empleados en esta harina, ya que una muestra que no está totalmente desgrasada se ve afectada en los resultados finales de la cuantificación de proteína. A nivel de laboratorio se procedió a extraerle el aceite a esta harina que se encontraba totalmente “desgrasada” y se encontró un valor en el contenido de grasas de 3,2%.

La tabla 5.6, muestra el perfil de aminoácidos de la muestra patrón y su respectivo gráfico (5.4), en la que se demuestra un perfil completo de aminoácidos esenciales y no esenciales y los porcentajes de cada uno de ellos presentes en la muestra patrón. Se observan valores significativos en los porcentajes de los aminoácidos esenciales (Valina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Treonina, Metionina, Triptófano, Lisina, Arginina, Histidina). Para el caso del triptófano y la Cistina, no se obtuvo ningún valor, ya que estos se cuantifican aparte debido a que son destruidos en la hidrólisis ácida realizada.

Los valores referenciados en la tabla 5.6, muestra que la soya utilizada como patrón, contiene una cantidad considerable en cuanto a cada uno de los aminoácidos, los menores porcentajes corresponden a la Valina, Metionina e Isoleucina, con porcentajes de 3,67; 2,38 y 3,73%.

Tabla 5.6. Aminoácidos presentes en la harina de soya (Muestra patrón).

<i>Aminoácido</i>	<i>Patrón FAO Requerimientos (%)**</i>	<i>% Aminoácidos Experimental</i>	<i>% Aminoácidos FAO***</i>	<i>Desviación Estándar (%)</i>
Acido Aspartico	-	9,01	11,26	1,59
Acido Glutámico	-	19,87	17,08	1,97
Serina	-	-	5,00	-
Glicina	-	4,72	3,99	0,52
*Histidina	-	5,29	2,60	1,90
*Arginina	-	7,97	6,95	0,72
*Treonina	4,0	8,24	4,27	2,81
Alanina	-	6,40	4,00	1,70
Prolina	-	6,10	4,72	0,98
*Valina	5,0	3,67	4,60	0,66
*Metionina	3,5	2,38	1,34	0,74
Cistina		-	1,45	-
*Isoleucina	4,0	3,73	4,80	0,76
*Leucina	7,0	6,65	6,50	0,11
*Fenilalanina	6,0	5,60	4,72	0,62
Tirosina		4,87	3,40	1,04
*Lisina	5,5	5,51	5,70	0,13
*Triptófano	1,0	-	1,80	-

Fuente: FAO (1992)

* Aminoácidos esenciales

** Cantidades que se deben ingerir. Primo, E. (1997).

*** Valores referenciales para la harina de soya.

- Data no disponible.

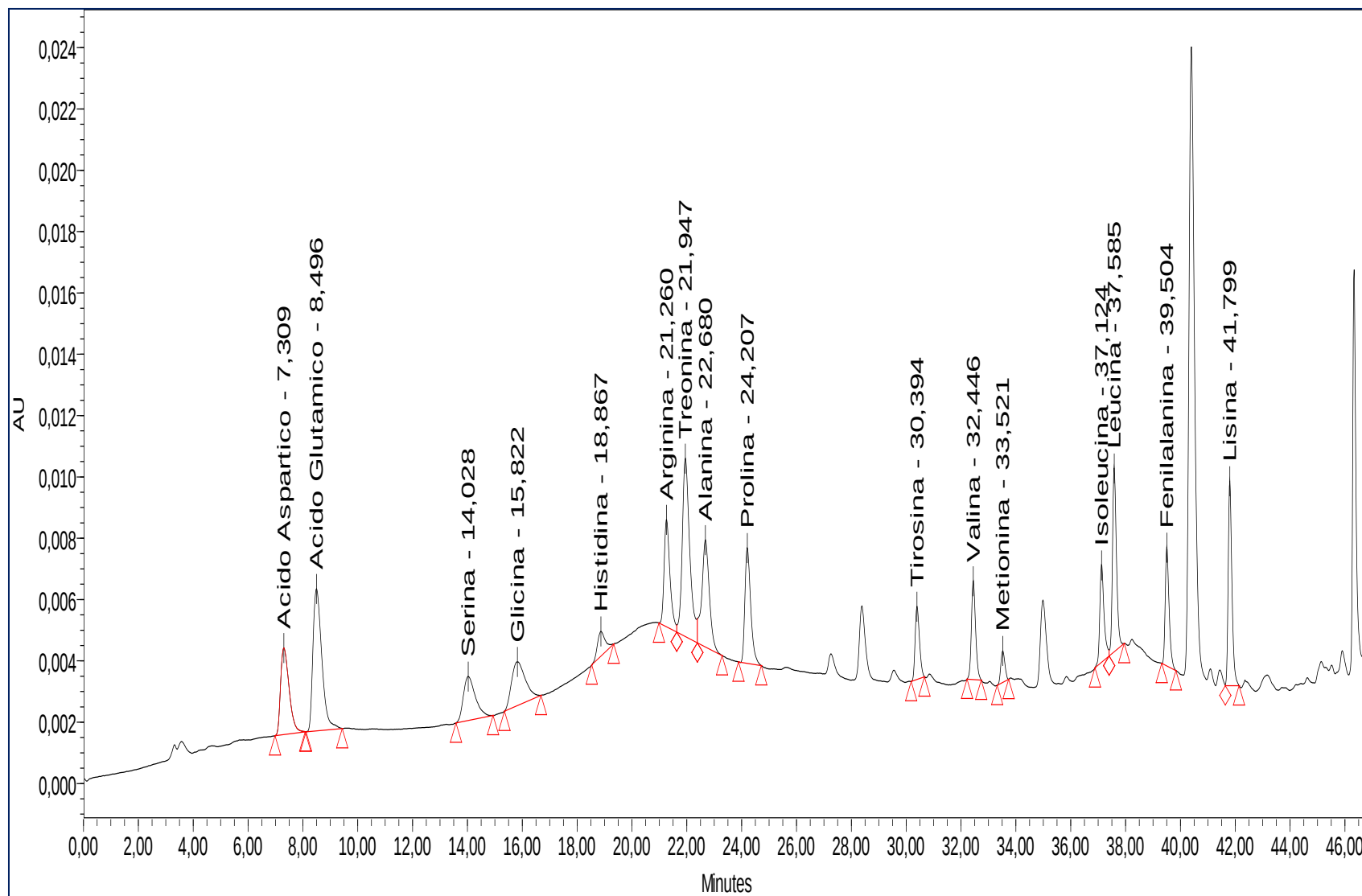


Gráfico 5.4. Perfil de Aminoácidos de la muestra Patrón.

Estos porcentajes son los más bajos presentes en harina de soya de la muestra patrón, pero igualmente representan valores significativos para la dieta humana, ya que se debe proveer de una dieta balanceada, por lo que la harina de soya no es la única fuente de proteína, especialmente de estos aminoácidos. Uno de los aminoácidos más importantes es la Lisina, se encuentra con un porcentaje de 5,51%, aparte de que es un aminoácido esencial, es uno de los más importantes porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas, (Llorente J., 2006).

La Arginina, el aminoácido esencial que se encuentra en mayor proporción en la muestra patrón (7,97%), es la encargada de mantener el equilibrio de Nitrógeno y dióxido de Carbono en el organismo y la encargada de la hormona de crecimiento de los tejidos y músculos, por lo que sería de muy buen aporte consumirla en las dietas bajo regímenes especiales. (Llorente J., 2006).

En general, en la mayoría de los casos, los aminoácidos no actúan solos, sino en conjunto con otros aminoácidos para realizar diferentes funciones en el organismo, como por ejemplo: La Metionina que en conjunto con la Treonina y el ácido Aspartico ayudan a las funciones del hígado en la desintoxicación. (Llorente J., 2006).

Los aminoácidos presentes en la muestra patrón, presentan valores elevados en los porcentajes de cada uno de los aminoácidos comparados con la referencia de la FAO (tabla 5.6), observando que la mayoría de los aminoácidos se encuentran por encima de los valores requeridos por la FAO (excepto la Lisina, Isoleucina y Ácido Aspartico que se encuentran por debajo del valor referencial, con una desviación de 0,13; 0,76 y 1,59% respectivamente).

El análisis microbiológico realizado a las muestras patrón y texturizado se basó inicialmente en pruebas de Aerobios, Mesófilos, Coliformes totales y fecales, Mohos y

levaduras. Estos análisis preliminares, correspondientes a una corriente intermedia del proceso y no del producto final arrojaron valores altos en todos los análisis realizados, excepto en levaduras que arrojó un valor de cero, tal como se muestra en la tabla 5.7.(sustentado en el apéndice A). Las posibles causas que ocasionan dichos resultados elevados, pueden deberse a la manipulación incorrecta de la materia prima sobre todo a la hora de tamizar la harina, ya que este proceso se realizó con tamices destinados para otros fines (no alimenticios), como lo es la construcción civil, a pesar de que se limpiaron profundamente es posible que esta etapa aportó carga microbiana además de las malas condiciones de almacenaje que pudo tener la materia prima posterior a su cosecha, que traen como consecuencia exceso de humedad, ya que ésta es un medio de cultivo de cargas microbiológicas.

Tabla 5.7. Análisis microbiológico realizado a la muestra patrón antes del proceso de escaldado.

<i>Aerobios Mesófilos (UfC/g)*</i>	<i>Coliformes Totales (UFC/g)*</i>	<i>Coliformes fecales (UfC/g)*</i>	<i>Mohos (UfC/g)*</i>	<i>Levaduras (UfC/g)*</i>
1,4x10 ⁴	9,3x10 ⁴	8,9x10 ⁴	10	0

*Unidades formadores de colonias por gramos de muestra.

A la muestra patrón (en forma de granos) se le aplicó un proceso de escaldado para reducir la carga microbiológica obteniendo los resultados mostrados en la tabla 5.8

Tabla 5.8 Análisis microbiológico realizado a la muestra patrón después del proceso de escaldado.

<i>Muestra</i>	<i>Aerobios Mesófilos (UFC/g)*</i>	<i>Mohos Y Levaduras (UFC/g)*</i>
Harina Cruda (patrón)	3,1x10 ³	<1

*Unidades formadores de colonias por gramos de muestra.

La temperatura empleada en el proceso de escaldado es la que permite la disminución de la carga microbiana debido a que los microorganismos tienen una temperatura mínima, óptima y máxima de crecimiento. Las temperaturas por debajo de la mínima usualmente tiene una acción de "stasis" o sea detienen el crecimiento microbiano, pero no provocan la muerte celular. Las temperaturas por encima de la máxima usualmente tienen una acción "Cida" o sea provocan la muerte del microorganismo por desnaturalización de enzimas, que en este caso es lo que ocurre con el proceso de escaldado con una temperatura de 80°C aproximadamente. El uso de altas y bajas temperaturas está muy difundido y resulta muy efectivo para controlar el crecimiento microbiano. La sensibilidad de los microorganismos a las altas temperaturas varía con la especie y con el estado en que se encuentren.(Cheftel y Cheftel,1976).

5.3. Identificar las proteínas hidrosolubles, presentes en la torta de extracción y en la harina desgrasada, a fin de determinar la cantidad de proteína hidrosoluble extraída.

La técnica que se empleó para la precipitación de proteínas hidrosolubles para producir concentrados de proteína de soya fue el resultado de la escogencia, a través de una matriz de selección, donde se ponderaron cuatro métodos, tres de ellos lo mas comunes y el último una propuesta experimental con fundamento en una investigación internacional, la matriz de selección se presenta en la tabla 5.9.

Tabla. 5.9. Matriz de selección del método de precipitación de proteínas a emplear

Métodos	(%)	Lavado con alcohol		Lavado con ácido		Calor húmedo		Lavado con NaOH 20%	
		Pts.	Pond.	Pts.	Pond.	Pts.	Pond.	Pts.	Pond.
Disponibilidad	30	4	1,2	5	1,5	1	0,3	3	0,9
Costo	20	4	0,8	5	1,0	3	0,6	2	0,4
Control de variables	15	1	0,15	2	0,3	1	0,15	2	0,3
Proteína Extraída	20	3	0,6	4	0,8	5	1	4	0,8
Inocuidad del Solvente	15	2	0,3	1	0,15	5	0,75	2	0,3
totales	100		3,05		3,75		2,8		2,7

El resultado de la escogencia es el método llamado: lavado con ácido, (FAO, 1992) a pesar de que el método de calor húmedo tiene una mayor capacidad para extraer proteínas, se prefiere el lavado con ácido porque el control de variables es menos riguroso, y la disposición de equipos es una ventaja, (se necesita de tanques de agitación y filtros rotatorios para centrifugación (FAO, 1992) sobre un montaje para dar calentamiento con vapor, (en el cual debe controlarse rigurosamente la temperatura).

Se esperaba precipitar proteínas hidrosolubles (globulinas y albúminas) presentes en la fracciones 2S, 7S y 11S, siendo la globulina mayor en ésta última (Badui, 2006), el método de lavado con ácido fue aplicado en un rango de pH entre 4-4.5, con la finalidad de encontrar el punto isoelectrico (carga neta igual a cero) de las fracciones en conjunto, y una vez hallado se identificaría por medio de análisis Kjendal el porcentaje de proteína precipitado; el punto isoelectrico no fue hallado en el rango estudiado; los resultados de la búsqueda del punto isoelectrico realizados al patrón, que se muestran en la tabla 5.10, revelan los porcentajes de proteína obtenidos después de aplicar el método de lavado con ácido en el intervalo de pH descrito inicialmente.

Tabla. 5.10. Proteínas hidrosolubles extraídas al patrón a través del método de lavado con ácido

<i>pH</i>	<i>Proteínas (%)</i>	
	<i>Extracto acuoso</i>	<i>Extracto sólido</i>
4,0	1,02	15,65
4,2	0,48	14,53
4,4	0,09	0,13
4,5	1,20	12,69
* 11,8	-	1,63

*Solución de hidróxido de sodio al 20%, pH = 11,80

Dado que todos los aminoácidos poseen un grupo ácido (-COOH) y un grupo básico (-NH₂), todos los aminoácidos libres presentan características ácido-base, como estos dos grupos poseen "H" en sus estructuras químicas, son grupos susceptibles a los cambios de pH, y prácticamente todos los aminoácido se encuentran en forma ionizada.

El grupo α -carboxilo tiene un pKa entre 1,8 y 2,5, mucho más bajo que el pKa del ácido acético (pKa = 4,8). Esto se debe al efecto inductivo que ejerce el grupo amino que al estar protonado atrae hacia si los electrones del grupo carboxilo favoreciendo la desprotonación del mismo, el resultado es la pérdida de una molécula de agua y la formación de un enlace covalente (enlace peptídico) CO-NH es, en realidad, un enlace amida sustituido, de esta forma la molécula siempre tendrá un extremo NH₂ terminal y un COOH terminal, como se muestra en la figura 5.1.

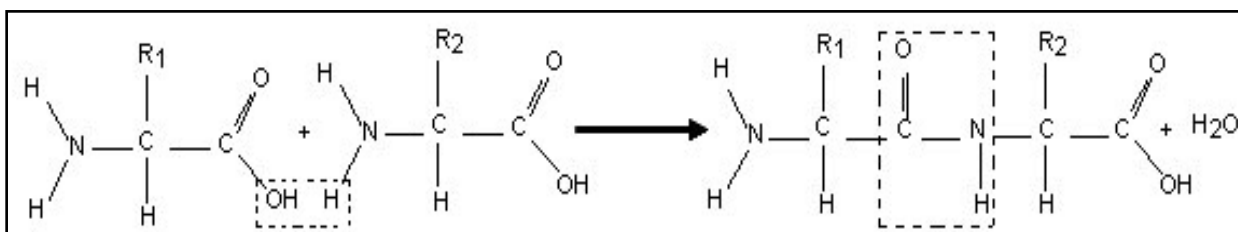


Figura 5.1. Formación del enlace peptídicos. Fuente: Hernández R., 2006

El estado natural de las moléculas de proteínas es la forma ionizada. La figura 5.2 muestra, las dos formas ionizadas (catiónica y aniónica) y la forma neutra de un aminoácido, ésta forma equivale a la carga neta igual a cero, donde la proteína hidrosoluble puede precipitar.

La adición de protones, causada por la adición del ácido débil (ácido acético) pudo acentuar el carácter catiónico del aminoácido, por lo que no se detectó proteína en el extracto acuoso donde se esperaba la proteína hidrosoluble, la sustitución del protón de grupo carboxílico para no se da debido a que la fuerza (como ácido, pKa) del ácido acético es mayor que la del grupo carboxílico, por lo que el protón que es aceptado por el grupo amino (que actúa como base) proviene del ácido acético y no del grupo carboxílico, lo que trae como consecuencia la no formación el enlace peptídicos en las proteínas hidrosolubles y por lo tanto la no detección por método Kjendal.

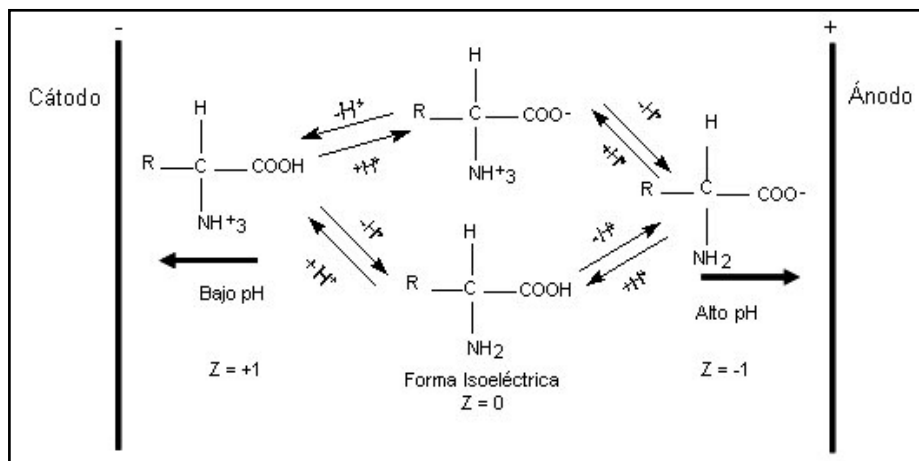


Figura 5.2. Estructura de resonancia de un aminoácido. Formas iónicas y neutras.
Fuente: Hernández R., 2006.

5.4. Formular un producto alimenticio a base de proteínas hidrosolubles extraídas, con la finalidad de establecer la mejor relación harina de soya – harina de maíz precocida que permita incrementar de manera significativa la carga proteica de la misma.

La formulación del producto se realizó inicialmente con porcentajes de harina de maíz/harina de soya de 0, 10, 20, 30 y 40% en peso de soya para su posterior análisis sensorial; no se tomaron rangos más elevados debido a que los oligosacáridos rafinosa y estaquiosa presentes en la harina de soya, causan flatulencias debido a su fermentación bacteriana, creando en el colon gases intestinales, y no es lo que se quiere. (Solae Holdings LLC, 2001).

En cuanto al análisis sensorial, se realizó a nivel de expertos, inicialmente se aplicó la prueba de rango, ésta mostró la preferencia del panel de 10 expertos en cuanto a cuatro atributos, sabor, textura, color y olor (anexo A), seguidamente se construyó la prueba de análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre las

porciones para un mismo atributo y conocer si las diferencias entre las porciones son significativas.

La prueba de rango mostró la preferencia del panel por la porción que contiene 0% de harina de soya y en segundo lugar por la porción de 10% de harina de soya y 90% de harina precocida de maíz, para los cuatro atributos evaluados, como se muestra en la tabla 5.11 donde el rango de la prueba es 20-40, establecido de acuerdo a la tabla A.3 del anexo A; los valores por debajo del rango refieren a la mayor preferencia y por encima del rango a la menor preferencia; el menor puntaje obtenido para la porción de 0% se explica debido a que esta muestra sólo contiene harina precocida de maíz con la que el panelista está familiarizado por ser harina de consumo masivo y común a la población venezolana.

Tabla 5.11. Prueba de rango, Juicio de 10 Catadores para cinco muestras sin repetición, evaluación de cuatro atributos.

Porción Atributo	0%	10%	20%	30%	40%
Sabor	14	26	31	40	47
Color	13	23	25	35	41
Textura	13	25	30	40	42
Olor	17	20	31	38	47

La tabla muestra valores de preferencia para la segunda porción que están dentro del rango de prueba, estos valores están más cerca del valor inferior del mismo, por lo que se realizó un análisis de varianza para conocer si existe una diferencia significativa entre estas porciones.

El análisis de varianza mostró inicialmente que existe diferencia entre las muestras, tampoco existen diferencias significativas en cuanto al sabor para las muestras con porciones de 0% y 10% de harina de soya, y no significativa para

porciones de 10% y 20%, esto refiere que el producto formulado puede tener porciones superiores al 10% e inferiores al 20% y de esta manera el sabor del producto formulado sigue siendo aceptado por el panelista.

En cuanto al color hubo significancia para las porciones de 0% y 10%, esto se explica ya que la harina precocida de maíz, tiene un color blanco característico, y con éste el panelista está familiarizado y acepta por tradición, la adición de 10% de harina de soya agrega un color marrón claro característico del grano de soya, por lo que el atributo se ve modificado, la diferencia en este atributo no fue significativa entre porciones de 30% y 40% de harina de soya, donde la intensidad de color característico del grano esta presente de manera más uniforme.

En cuanto a la textura hubo significancia para las porciones de 0% y 10%, esto debido a la diferencia en el tipo y tamaño de grano en ambas harinas, el grano en la harina de soya posee mayor humedad por lo que requiere mayor cocción que el grano que contiene la harina precocida de maíz, el tiempo de cocción para las porciones tuvo como base el de una arepa de maíz precocida. No se presentó diferencia significativa entre porciones de 40% y 30%, y 20% y 10%, de esta última se puede inferir que los panelistas aceptan la textura tanto de las arepas con 20 % como las arepas con 10% de harina de maíz.

En el atributo olor no se presentó diferencia significativa para porciones de 10% y 20% en harina de soya, los panelistas aceptan como similar el olor en ambas porciones, se presentó diferencia entre las porciones restantes.

Según la preferencia obtenida luego de someter la muestra en estudio a los diferentes análisis estadísticos, obteniendo como se dijo anteriormente, preferencias en las muestras de 0% y 10% en soya, se escogió la segunda en preferencia debido a que la primera era la referencia.

La muestra de mayor aceptación fue la de 0% en soya, esto se debe entre muchos otros factores, en que el venezolano se identifica con el sabor de harina precocida de maíz en su presentación comercial, con más de 40 años de tradición, por lo que resultaría muy difícil que las muestras con 0% en soya no resultara la favorita.

5.5. Caracterizar el producto alimenticio enriquecido con harina de soya sobre la base fisicoquímica, microbiológica y sensorial, a fin de establecer su calidad como alimento.

Dejando a un lado factores como costumbres y tradiciones en los paladares venezolanos, la muestra con porcentaje de 10% en soya resultó la favorita después de la muestra base (0% en soya), debido principalmente, a que fue la que mostró menor variación de sabor, olor, color y textura respecto a la tradicional harina precocida de maíz.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se muestran en las tablas 5.12 y 5.13 respectivamente (sustentado en el anexo A), muestran que el producto final contiene un porcentaje de proteínas muy inferior al de la harina de soya de la muestra Patrón (65,9%) y la texturizada (48,1%), también se tiene que la harina precocida de la marca comercial "Harina P.A.N." contiene con poca diferencia un porcentaje de proteínas inferior al del producto formulado, lo importante de la adición de la harina de soya a la harina precocida de maíz, es que se crea una fortificación de la harina precocida de maíz.

Tabla 5.12. Análisis fisicoquímico del producto formulado.

<i>Componente</i>	<i>Humedad (H ± 0,01) %</i>	<i>Cenizas (C ± 0,1)%</i>	<i>Fibra cruda (Fc ± 0,05)%</i>	<i>Proteína (P ± 0,1)%</i>	<i>Grasas (G ± 0,01)%</i>	<i>Carbohidratos (Ca±0,5)%</i>
Producto Formulado (Patrón)	43,41	6,96	1,31	7,44	0,49	42,43

Harina Precocida de Maíz ("P.A.N.")	-	-	-	5,43	-	-
-------------------------------------	---	---	---	------	---	---

El maíz es rico en hidratos de carbono, pero deficientes en proteínas (11%), tanto en cantidad como en cantidad (Badui, 2006). Como se observa en la tabla 5.13, el perfil de aminoácidos del maíz, muestra que la soya contiene (a excepción de la Valina e Isoleucina) un mayor porcentaje en los valores de aminoácidos esenciales, por lo que se establece una fortificación en el producto terminado, obteniendo porcentajes importantes de aminoácidos esenciales y no esenciales en el producto alimenticio elaborado. Condición que le agrega mayor valor nutritivo y comercial.

Tabla 5.13. Perfiles de aminoácidos de la harina de soya y el maíz

<i>Aminoácido</i>	<i>Maíz</i>	<i>Harina de Soya</i>
Acido Aspartico	7,00	9,01
Acido Glutámico	17,90	19,87
Serina	3,20	-
Glicina	3,20	4,72
*Histidina	2,50	5,29
*Arginina	3,70	7,97
*Treonina	2,90	8,24
Alanina	7,90	6,40
Prolina	8,30	6,10
*Valina	4,60	3,67
*Metionina	1,40	2,38
Cistina	1,70	-
*Isoleucina	3,40	3,73
*Leucina	12,20	6,65
*Fenilalanina	4,60	5,60
Tirosina	2,80	4,87
*Lisina	2,60	5,51

*Triptófano	2,20	-
-------------	------	---

Fuente: Badui, 2006

Los análisis microbiológicos del producto formulado, se realizaron en el laboratorio del UMA (Unidad de Microbiología Ambiental) de la Universidad de Carabobo, muestran valores aceptables con lo que establece las normas COVENIN bajo las cuales nos regimos en el presente trabajo de grado, que establecen valores de *Scherichia Coli* de (9-93), Mohos ($5,0 \times 10^2$ - $1,0 \times 10^4$), *Salmonella* de 0 (cero), todas ellas en unidades de UFC/g. Demostrando así, según los valores obtenidos en la tabla 5.14 (sustentado en el anexo A), que se obtuvo una harina segura para el consumo humano.

Tabla 5.14. Análisis Microbiológico del producto formulado

Aerobios Mesofilos (UfC/g)*	Coliformes Totales (UFC/g)*	Coliformes fecales (UfC/g)*	Salmonella (UfC/g)*	E.coli (UfC/g)*	Hongos y levaduras (UfC/g)*
9	< 1	< 1	Ausente	Ausente	1

*Unidades formadores de colonias por gramos de muestra.

5.6. Determinar la relación Costo-Beneficio del producto alimenticio enriquecido con harina de soya, a fin de justificar su obtención.

Los costos asociados a la formulación del producto alimenticio, se ven reflejados en las tablas 5.15, 5.16 y 5.17, en los que se tomaron en cuenta los equipos esenciales para dicho fin. El aporte de cada equipo mensual en el costo del producto, se ajustó con el 10% del costo total de los equipo, obteniendo un aporte mensual por equipos de Bs.F. 14.653,48 para una base de 600 Ton/mes. Se tomó una base de 600 Ton (25 Ton. diarias) y solo costos de equipos esenciales, debido a que no se está realizando

un diseño de planta, por lo que los costos no se están estimando a nivel industrial, como parte de la formulación de un producto sólo se estimaron los costos para tal fin.

Para la harina precocida de maíz en su presentación comercial de 1kg, se requieren 10g de harina de soya para la formulación, el costo asociado de este porcentaje de harina de soya es de Bs.F. 0,00913 (Bs. 9,13), por lo que la relación costo-beneficio se basa en beneficios en la alimentación a muy bajo costo, ya que si tomamos en cuenta como referencia el costo de la harina precocida de maíz marca “Harina P.A.N.” con un costo de Bs.F.1,25 y le hacemos un incremento de Bs.F. 0,00913 se elevaría el costo del producto en un 0,7304%, y sin embargo existe un 10% de harina precocida de maíz que tiene un costo asociado para la empresa fabricante (en este caso empresas Polar) que debería ser descontado en el producto final planteado en este trabajo de grado.

Tabla 5.15. Costos de Materia prima necesaria para la formulación del producto.*

Materia Prima	Cantidad (kg)	Precio Unitario	
		Bs.F.	\$ ⁺
Harina texturizada de soya (Ton.)	600.000,00	808,40	376,00

* Año 2008.

Tabla 5.16. Costos de equipo e insumos necesarios para la obtención de harina de soya*.

Materiales y / o equipos	Cantidad requerida	Precio Unitario	
		Bs.F.	\$
Tornillos sin fin	2	7.000,00	3.255,00

Molinos	1	109.834,78	51.085,94
Silos	2	11.352,00	5.280,00

* Año 2008

Tabla 5.17. Costos de servicios y / o personal para la obtención de harina precocida*.

Materiales y / o equipos	Cantidad requerida	Precio Unitario	
		Bs.F.	\$
Energía	-	1.500,00	697,67
Personal	2	2.500,00	1.162,79
Transporte (Fletes)	24	1.691,98	786,97
Análisis Microbiológicos	1	314,00	146,05
Análisis fisicoquímico	1	330,00	153,49

* Año 2008

Realizando el costo de ese 10% de harina precocida no fortificada con harina de soya, de manera muy somera y general, se tiene que en función del costo de la “Harina P.A.N.” de Bs.F. 1,25 el kilogramo, cada 10 gramos de esa harina cuesta Bs.F.0,0125 (Bs. 12,5), es un costo que no se desvía mucho del costo final de los 10g de harina fortificada de maíz. (teniendo en cuenta que este valor de Bs.F. 0,0125 puede ser aun menor debido a que el cálculo se realiza en función de que 1000g cuestan Bs.F. 1,25 y el precio del empaque puede influir en esta deducción.).

Se observa entonces según cálculos y estimaciones realizadas, que la adición de la harina de soya, no incrementa de manera significativa el costo de la harina comercial “Harina Pan” para pasar a ser un nuevo producto, fortificado con harina de soya, que complementa y aumenta el contenido de proteínas, aportando beneficios a la salud con incrementos económicos poco significativos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El resultado del trabajo de grado es un conjunto de hechos y afirmaciones que se muestran a continuación.

- ✓ La harina de soya posee un alto porcentaje de aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales.
- ✓ La temperatura en el proceso de escaldado de granos es la que permite la disminución de la carga microbiana y permite que la harina de soya sea apta para consumo humano.
- ✓ La zona de cultivo y el tratamiento químico dado a la soya puede determina la cantidad y calidad de proteína que de ella puede extraerse.
- ✓ La Arginina es el aminoácido esencial presente de mayor cantidad en la soya.
- ✓ El aminograma revela que los aminoácidos esenciales presentes en la muestra patrón (harina desgrasada) tiene valores por encima de los reportados por la FAO.
- ✓ Las proteínas hidrosolubles provenientes de la soya, en solución buffer ácido acético-acetato de sodio no precipitan en el rango de pH estudiado (4-4,5).

- ✓ El producto alimenticio formulado obedece a la mezcla de harinas de soya y maíz precocidad en una proporción 10/90 % respectivamente.

- ✓ El producto formulado obedece a un enriquecimiento y fortificación de la harina de maíz precocida a través de la harina texturizada de soya.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario un control en la reacción de ruptura de enlaces péptidos y reaccione ácido –base de tal forma que esta última no se favorezca, evitando la precipitación de proteínas y además produciendo el solape del grupo amino, propio de los aminoácidos, haciendo que su detección por kjendal no sea posible.
- ✓ Se recomienda colocar saborizante a la formula propuesta de tal manera de evitar el sabor propio de grano de soya.
- ✓ Evaluar la factibilidad técnico económica de aislar a los inhibidores de tripsina y la enzima productora de flatulencia.
- ✓ Se recomienda el análisis fisicoquímico de las variedades de soya procedentes de Venezuela y Brasil por parte de FAO.
- ✓ Realizar análisis completo de fibra a la cascarilla de la soya, pues supone una fuente rica en fibra.
- ✓ Disponer de una malla con un tamaño adecuado para realizar la prueba de fibra cruda ya que el tamaño de poro influyó en los resultados.
- ✓ Realizar la precipitación de proteínas empleando otros ácidos que tengan una menor fuerza ácida (pKa) que el ácido carboxílico propio del aminoácido.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. ALFA-LAVAL, (1990) Commercial Communication Alfa-Laval Sharpless Ltd., Camberley, U.K.
2. ASA. Asociación Americana de Soya. ASA (1995). **Soya en productos lácteos.** [Folleto]. México D.F
3. ASA. Asociación Americana de Soya. (1999). **Efectos de la soya en la salud.** Santafé de Bogotá: Autor
4. A&G ACEITE & GRASAS (2006). **Soya: Evolución y Perspectivas.** Tomo XVI, Volumen 2. Publicación Trimestral de Asociación Argentina de Grasas y Aceites (ASAGA).
5. BADUI, S. (2006). **Química de los alimentos.** 3ª Edición Alhambra Mexicana.
6. BUITRAGO A, J. (2000). **La soya en la alimentación humana.** Santafé de Bogotá: Asociación Americana de Soya
7. BRADY MS, Richard Ka, Fitgeral, Lemons JA. **Specialized formulas and feedings for infants with malabsorption or formula intolerante.** J Am Diet Assos 1986; 86: 191-200.
8. CLAES Y CEBRAC. (2006). **Nueva variedad de soja para El Cerrado.**
Disponible: <http://www.plataformasoja.org.br/boletin/boletinsoja19noviembre06.txt>.
9. CHEFTEL J-C. Y CHEFTEL H. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos.** Volumen II. 1976.

10. COGAN, U. et al. (1967). **Isolation of Soybean Protein: Effect of Processing Conditions on Yield and Purity**. J. Am. Oil Chem. Soc. 44: 321
11. DE SMET s.a. (1990). **Commercial Communication Extraction De Smet s.a.**
Edegem, Bélgica
12. ERDMAN, Jr Y FORDYCE, E. (1996). **Los productos de la soya y la dieta humana** . Catalogo No. 53. Asociación americana de soya.
13. ELIAS S. (1979) Food Eng. 51(10), 81
14. EXTRACTIONTECHNIK G.m.b.H. (1990). **Commercial Communication Deutsche**, Babcock Group, Hamburg, Alemania.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome (1992)
“Technology of production of edible flours and protein products from soybeans”. FAO agricultural services bulletin no. 97. original by : **Zeki Berk**.
Technion, Israel Institute of Technology. Haifa, Israel
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2008). Oficina Regional
Para America Latina y el Caribe. **Tabla de composición de alimentos de América Latina**
17. FRENCH U.S.A. (1990). **Commercial Communication The French Oil Mill Machinery Company**, Piqua, Ohio, U.S.A.

18. GOLBITZ (2006). **Establecimiento de empresas de comida oriental**. Revista AAGA. Artículo. Año 2006.
19. GUILLEN, P. (1990). **Obtención de un sustituto del queso blanco a partir de la Soya**. Trabajo de grado. Universidad de Carabobo.
20. Henan Double Elephants Machinery C.o., Ltd. (2008)
21. H.L.S. (1991). **Commercial Communication H.L.S. Industrial Engineering Company**, Petah-Tikva Israel.
22. HERNANDEZ, R. (2006). **Proteínas y aminoácidos**. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes.
23. INN. Instituto Nacional de Nutrición, (2000). **Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana**. Año 2000, [Publicación N° 53]. Serie de Cuadernos Azules. Caracas-Venezuela.
24. INN. Instituto Nacional de Nutrición, (1999). **Tabla de composición de alimentos para uso practico**. Año 2001, [Publicación N° 54]. Serie de Cuadernos Azules. Caracas-Venezuela.
25. INN. Instituto Nacional de Nutrición, (2005). **Resultados de las hojas de balance de alimentos y sus aplicaciones 2002-2004**. Año 2005, [Publicación]. Caracas-Venezuela.
26. KOLAR C.W., et al. (1985). **Isolated Soy Protein in "New Protein Foods"**, Academic Press Inc. Orlando, Florida.

-
27. LINDER (2006). **Una planta moderna de leche de soya**. Revista AAGA. Artículo. Año 2006.
28. LORETO, J . (1984). **Estudio de la factibilidad de una planta procesadora de soya para la obtención de harinas, aislado proteico y leche de soya**. Trabajo de grado. Universidad de Carabobo.
29. LLORENTE J. (2006). Disponible: www.nutrisol.com.ar/info_soja.htm#esenciales
30. LURGI (1990). **Commercial Communication Lurgi G.m.b.H.**, Frankfurt am Main, Alemania
31. MACKEY A., FLORES I, y col. (1984). **Evaluación Sensorial de los Alimentos**. 2ª Edición. Ediciones CIEPE, Venezuela
32. MIZRAHI S. y BERK Z. (1967) **“Isolated Soybean Protein as a Banana Spray-drying Aid”**. Cereal Sci. Today 12: 322
33. MOORE, N.H. (1983). **“Oilseed handling and preparation prior to solvent extraction”**. J. Am. Oil Chem. Soc. 60:141A
34. MOORE, N.H. (1983). **“Oilseed handling and preparation prior to solvent extraction”**. J. Am. Oil Chem. Soc. 60:141A
35. NAUDE SPE, Prinsloo JG, Haupt CF. **Copararison between a humanizaed cow’s milk and soy product for premature infants**. S Afr Med J 1979; 55: 982-6
36. NORRIS, F.A. (1982). **“Extraction of Fats and Oils in Bailey’s Industrial oil and**

- Fat Products**", D. Swern, ed. 4th edición, Vol. 2
37. SMITH, A. Y CIRCLE, S. (1972). **"Soybeans: Chemistry and Technology"**
Vol.1 Avi Publishing Co. Inc. Westport, Conn.
38. SNYDER, H.E. Y KWON T.W. (1987). **"Soybean Utilization"**. Van Nostrand
Reinhold Company, Nueva York.
39. OWEN, F. (2000). **Química de los alimentos**. 2ª edición. Editorial Acribia, S.A.
40. SOLAE HOLDINGS L.L.C. (2001). **Producto a base de proteína de soya y su
procedimiento de fabricación**. Oficina Española de Patentes y Marcas.
España. Disponible: www.oepm.es
41. STEVE (2006). **Génesis sobre la preparación de la leche de soya**. Revista
AAGA. Artículo. Año 2006
42. SOUCI-FACHMANN-KRAUT. **Tabla de composición de alimentos**". Editorial
Acribia, S.A.
43. TORUN B. **Soybeans and soy products en feeding of children**. J Am Oil Chem
Soc 1981; 58: 460-4.
44. TROIKA. (2001). Troika Group of Companies. Embassy Centre, Nariman Point,
400 021 India. Website: <http://www.troikaindia.com>
45. WADE, L. (2003). **Química Orgánica**. (5a.reimpresión de la 5a ed. En español; A.
Montaña Pedrero, Trad) Pearson Prentice Hall. Pearson Educación. (Trabajo

original publicado en 2004).

46. WEBER, K. (1970). **Solid/liquid extraction in the Carrousel Extractor**
Chemiker- Zeitung/Chemische Apparatur. Verfahrenstechnik 94:56-62
47. WEBER, K. (1973). **Process technique and equipment for the production of
oilseed meal with adjustable content of water soluble proteins.** DFG-
Meeting, Berlin
48. WEBER, K. (1982). **Predesolventizing of soybean meal.** AOCS World
Conference on Oilseed and Edible Oil Processing The Hague Japan
Publications Inc. Tokyo y Nueva York
49. WOLF, J. (1996). **Proteínas comestibles de la soya y sus usos.** Catalogo No. 5.
Asociación americana de soya.

APÉNDICE A

DATOS EXPERIMENTALES

A.1 ANALISIS PROXIMAL DEL PATRON Y LA MUESTRA
A.1.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

<i>Tipo de muestra</i>	<i>Masa pesafiltro y tapa ($m_p \pm 0,0001$) g</i>	<i>Masa de la muestra ($P_m \pm 0,0001$) g</i>	<i>Masa total Húmeda ($m_H \pm 0,0001$) g</i>	<i>Masa total Seca ($m_s \pm 0,0001$) g</i>	<i>Masa Perdida ($P_p \pm 0,0002$) g</i>
Harina no	77,9611	5,0067	82,9678	82,4495	0,5183
desgrasada	70,1282	5,0060	75,1342	74,614	-4,4792
(Patrón)	76,1414	5,0060	81,1474	80,6149	0,5325
Harina	78,1972	5,0078	83,205	82,7793	0,4257
Texturizada	77,1581	5,0066	82,1647	81,7338	0,4309
(muestra)	76,3329	5,0047	81,3376	80,8771	0,4605
	76,1952	5,0043	81,1995	80,7421	0,4574
Granos	75,5925	5,0159	80,6084	80,1174	0,4910
	75,5928	4,9973	80,5901	80,1095	0,4806
	77,1573	5,0077	82,165	81,3248	0,8402
Cascarilla	76,3296	5,0032	81,3328	80,5494	0,7834
	76,1411	5,0096	81,1507	80,3273	0,8234

A.1.2 DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZAS

<i>Tipo de muestra</i>	<i>Masa Capsula Vacía ($m_1 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa de la muestra ($m_m \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa total Capsula llena ($m_2 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa total cenizas ($m_3 \pm 0,0001$)g</i>
Harina no	18,4456	4,0014	22,447	18,5528
Desgrasada	19,9119	4,0018	23,9137	20,0193
(Patrón)	21,996	4,0016	25,9976	22,1026
Harina	18,466	4,0018	22,4678	18,7676
Texturizada	22,8284	4,0017	26,8301	23,1449
(muestra)	18,3018	4,0018	22,3036	18,6043
	19,0667	4,0264	23,0931	19,3044
Granos	26,2471	4,0456	30,2927	26,4883
	17,3636	4,0385	21,4021	17,5846
	25,2591	4,0483	29,3074	25,396
Cascarilla	21,8629	4,0499	25,9128	22,0015
	22,4508	4,0495	26,5003	22,5884

A.1.3 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (GRASA CRUDA)

<i>Tipo de muestra: Harina de soya (patrón)</i>		
<i>Masa del balón de extracción con perlas</i> <i>($m_1 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa de la muestra</i> <i>($m_0 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa del balón después de la extracción</i> <i>($m_2 \pm 0,0001$)g</i>
111,234	15,0061	115,368
119,8357	15,0047	123,9204
120,8421	15,0067	124,9428
120,6813	15,0014	124,7936
103,6159	15,005	107,6673
113,1589	15,0034	117,3092

A.1.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

<i>Tipo de muestra</i>	<i>Masa de la muestra seca</i> <i>($m_i \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa de capsula con muestra (seca)</i> <i>($m_1 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa muestra incinerada</i> <i>($m_2 \pm 0,0001$)g</i>
Harina Desgrasada (Patrón)	2,0077	25,1985	25,1852
	2,0031	23,5340	23,5032
	2,0135	25,2177	25,1862
Harina Texturizada (Muestra)	2,0039	23,5177	23,5051
	2,0037	23,5221	23,5026
	2,0037	23,5221	23,5026

A.1.5. ANALISIS DE PROTEINAS KJELDAHL AL PATRÓN DE DEMAS MUESTRAS

<i>Tipo de muestra</i>	<i>Masa de la muestra ($P_{muestra} \pm 0,0001$)g</i>	<i>Volumen de HCl 0,1 N empleando en la titulación ($V_{HCl} \pm 0,05$)ml</i>
Harina no desgrasada (Patrón)	1,2146	68,60
	1,0995	62,10
	1,0481	59,40
Harina Texturizada (Muestra)	1,0732	62,6
	1,0757	62,00
	0,9900	56,70
Harina Desgrasada (Patrón)	1,0586	87,00
	1,0692	88,10
	1,0616	87,50
Cascarilla	1,0147	14,80
	1,0140	12,90
	1,0140	12,90

A.3 ANALISIS DE PROTEINAS KJELDAHL REALIZADO A LAS FASES RESULTANTES DE LA PRECIPITACIÓN DE PROTEÍNAS A TRAVÉS DEL PROCESO DE LAVADO CON ACIDO A DIFERENTES VALORES DE PH

<i>pH de la solución</i>	<i>Fases resultantes F_L = Fase líquida F_S = Fase sólida</i>	<i>Masa de la muestra (base húmeda) ($P_{muestra} \pm 0,0001$)g</i>	<i>Volumen de HCl 0,0999N empleando en la titulación ($V_{HCl} \pm 0,05$)ml</i>
4,0	F_{L1}	1,0140	0,20
	F_{L2}	1,0520	0,10
	F_{L3}	1,0702	0,10
	F_{S1}	1,2158	24,30
	F_{S2}	1,0191	20,50
	F_{S3}	1,1148	20,50
4,2	F_{L1}	1,0650	0,90
	F_{L2}	1,6719	1,3
	F_{L3}	1,0325	0,20
	F_{S1}	1,0384	19,30
	F_{S2}	1,5124	26,9
	F_{S3}	1,5124	26,9
4,5	F_{L1}	1,2921	1,20
	F_{L2}	1,4587	1,80
	F_{L3}	1,3005	14,2
	F_{S1}	0,9940	19,10
	F_{S2}	0,9887	-
	F_{S3}	0,9887	-
4,6	F_{L1}	1,3362	0,20
	F_{L2}	1,1104	0,10
	F_{L3}	1,0393	0,10
	F_{S1}	1,4487	0,20 (0,1N _{HCl})
	F_{S2}	1,0492	0,20
	F_{S3}	1,0492	20,80 (0,1N _{HCl})

A.4 JUICIO DE 10 CATADORES PARA CINCO MUESTRAS EN CUANTO A CUATRO ATRIBUTOS DE LAS MEZCLAS DE HARINAS DE SOYA Y PRECOCIDA DE MAIZ PROPUESTAS PARA LA FORMULACIÓN DEL PRODUCTO ALIMENTICIO. RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL

A.4.1 JUICIO DE 10 CATADORES PARA CINCO MUESTRAS SIN REPETICIÓN EN CUANTO AL SABOR DE LAS MEZCLAS

Sabor						
Muestras						
Catador	0%	10%	20%	30%	40%	total
A	1	2	2	3	3	11
B	4	3	2	5	5	19
C	1	3	5	4	5	18
D	2	1	4	3	5	15
E	1	4	3	4	5	17
F	1	2	3	5	5	16
G	1	4	2	3	5	15
H	1	3	3	5	5	17
I	1	2	3	5	4	15
J	1	2	4	3	5	15
totales	14	26	31	40	47	158

A.4.2 JUICIO DE 10 CATADORES PARA CINCO MUESTRAS SIN REPETICIÓN EN CUANTO AL COLOR DE LAS MEZCLAS

Color						
Muestras						
Catador	0%	10%	20%	30%	40%	total
A	3	2	2	2	1	10
B	2	1	2	4	5	14
C	1	3	3	2	3	12
D	1	2	2	3	5	13
E	1	4	5	5	5	20
F	1	2	2	5	5	15
G	1	2	2	3	5	13
H	1	3	3	3	5	15
I	1	2	3	5	3	14
J	1	2	1	3	4	11
totales	13	23	25	35	41	137

A.4.3 JUICIO DE 10 CATADORES PARA CINCO MUESTRAS SIN REPETICIÓN EN CUANTO A LA TEXTURA DE LAS MEZCLAS

Textura						
Muestras						
Catador	0%	10%	20%	30%	40%	total
A	1	2	2	5	3	13
B	1	2	2	5	5	15
C	2	3	4	5	2	16
D	2	1	3	2	5	13
E	2	4	5	5	4	20
F	1	2	3	5	5	16
G	1	2	2	3	5	13
H	1	3	4	3	5	16
I	1	2	4	5	3	15
J	1	4	1	2	5	13
totales	13	25	30	40	42	150

A.4.4 JUICIO DE 10 CATADORES PARA CINCO MUESTRAS SIN REPETICIÓN EN CUANTO AL OLOR DE LAS MEZCLAS

Olor						
Muestras						
Catador	0%	10%	20%	30%	40%	total
A	2	1	3	2	3	11
B	2	1	3	5	5	16
C	2	4	5	4	5	20
D	2	1	3	4	5	15
E	1	4	3	4	5	17
F	2	1	3	4	5	15
G	1	2	2	3	5	13
H	1	3	2	5	5	16
I	1	2	5	4	4	16
J	3	1	2	3	5	14
totales	17	20	31	38	47	153

A.5 ANALISIS PROXIMAL DE LA MEZCLA 90/10 DE HARINA PRECOCIDA DE MAIZ Y HARINA DE SOYA

A.4.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

Tipo de muestra Mezcla 90/10	Masa pesafiltro y tapa $(m_p \pm 0,0001)$ g	Masa de la muestra $(P_m \pm 0,0001)$ g	Masa total Húmeda $(m_H \pm 0,0001)$ g	Masa total Seca $(m_s \pm 0,0001)$ g	Masa Perdida $(P_p \pm 0,0002)$ g
1	75,5856	4,9794	80,5650	78,5285	2,0365
2	78,1910	5,0074	83,1984	79,2460	3,9524
3	76,3294	5,2686	81,5980	81,0497	0,5483

A.5.2 DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZAS

Tipo de muestra Mezcla 90/10	Masa Capsula Vacía $(m_1 \pm 0,0001)$ g	Masa de la muestra $(m_m \pm 0,0001)$ g	Masa total Capsula Llena $(m_2 \pm 0,0001)$ g	Masa total cenizas $(m_3 \pm 0,0001)$ g
1	17,3520	2,9291	20,2811	17,4291
2	14,1543	2,9208	17,0751	14,2262

3	19,4838	2,8616	22,3454	19,5597
----------	---------	--------	---------	---------

A.5.3 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (GRASA CRUDA)

<i>Tipo de muestra</i> <i>Mezcla 90/10</i>	<i>Masa del balón de extracción con perlas</i> <i>($m_1 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa de la muestra</i> <i>($m_0 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa del balón después de la extracción</i> <i>($m_2 \pm 0,0001$)g</i>
1	121,4217	5,1703	121,4501
2	105,2762	5,8096	105,3033
3	122,2553	5,5317	122,2803

A.5.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

<i>Tipo de Muestra</i> <i>Mezcla 90/10</i>	<i>Masa de la muestra seca</i> <i>($m_i \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa de capsula con muestra (seca)</i> <i>($m_1 \pm 0,0001$)g</i>	<i>Masa muestra incinerada</i> <i>($m_2 \pm 0,0001$)g</i>
1	2,0033	19,0632	16,3937
2	2,0002	19,9208	16,5971
3	2,0037	15,1455	13,2844

A.5.5. ANALISIS DE PROTEINAS KJELDAHL A MEZCLA 90/10 Y A LA HARINA PRECOCIDA DE MAIZ

<i>Tipo de muestra</i>		<i>Masa de la muestra</i> <i>($P_{muestra} \pm 0,0001$)g</i>	<i>Volumen de HCl 0,1 N</i> <i>empleando en</i> <i>la titulación ($V_{HCl} \pm 0,05$)ml</i>
Mezcla 90/10	1	1,0002	8,6
	2	1,0020	8,3
	3	1,0324	9,2
Harina Precocida de maíz	1	1,1111	7,80
	2	1,2707	1,10
	3	1,2196	8,0

APÉNDICE B

Cálculos Típicos

B.1 ANALISIS PROXIMAL DEL PATRON Y MUESTRAS

B.1.1 DETERMINACION DE HUMEDAD

La determinación de la humedad se realiza a través de la ecuación C.1 mostrada en el capítulo II, se utilizarán como datos los reflejados en la tabla VI.1 del apéndice A para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor.

$$\%H = \frac{P_p}{P_m} \times 100$$

Donde:

% H = Porcentaje de Humedad (%)

P_p = Peso perdido (g)

P_m = Masa de la muestra (g)

Sustituyendo los valores mostrados en la tabla A.1.1 se tiene:

$$\%H = \frac{0,5183\text{g}}{5,0067\text{g}} \times 100 = 10,352\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.1, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta\%H = \left| \frac{\partial\%H}{\partial P_p} \right| \Delta P_p + \left| \frac{\partial\%H}{\partial P_m} \right| \Delta P_m \quad (\text{B.1})$$

El desarrollo de la derivada parcial es el siguiente:

$$\Delta\%H = \left| \frac{P_m}{P_m^2} \times 100 \right| \Delta P_p + \left| \frac{-P_p}{P_m^2} \times 100 \right| \Delta P_m$$

$$\Delta \%H = \left| \frac{1}{P_m} \times 100 \right| \Delta P_p + \left| \frac{P_p}{P_m^2} \times 100 \right| \times \Delta P_m$$

$$\Delta \%H = \left(\left| \frac{1}{P_m} \right| \Delta P_p + \left| \frac{P_p}{P_m^2} \right| \times \Delta P_m \right) \times 100$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$\Delta \%H = \left(\left| \frac{1}{5,0067g} \right| \times 0,0002g + \left| \frac{0,5183g}{(5,0067g)^2} \right| \times 0,0001g \right) \times 100$$

$$\Delta H\% = 0,004$$

Por lo que la humedad tiene el valor de:

$$\Delta H\% = (10,352 \pm 0,004)\%$$

El cálculo anterior es repetido para los demás valores de la tabla A.1.1.

B.1.2 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA

La determinación de la humedad se realiza a través de la ecuación C.2 mostrada en el apéndice C, se utilizaran como datos los resultados obtenidos de los cálculos del porcentaje de humedad, para este ejemplo se toma el valor de humedad para la harina no desgrasada (Patrón) obtenido en el cálculo anterior.

$$\%Ms = 100 - \%H$$

Donde:

%Ms = Porcentaje de materia seca (%)

Sustituyendo el valor de %H obtenido en el cálculo anterior se tiene:

$$\%Ms = (100 - 10,352)\% = 84,6478\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.2, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta \%Ms = \left| \frac{\partial \%Ms}{\partial \%H} \right| \Delta \%H \quad (B.2)$$

El desarrollo de la derivada parcial es el siguiente:

$$\Delta \%Ms = \Delta \%H$$

Sustituyendo los valores se tiene que el valor del porcentaje de materia seca es:

$$\Delta \%Ms = 0,004\%$$

Por lo que la materia seca tiene el valor de:

$$\Delta Ms = (89,647 \pm 0,004)\%$$

El cálculo anterior es repetido para los demás valores de humedad.

B.1.3 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS

La determinación de la humedad se realiza a través de la ecuación C.3 mostrada en el apéndice C, se utilizaran como datos los reflejados en la tabla A.1.2 del apéndice A para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor.

$$\%Ce = \frac{(m_3 - m_1)}{(100 - \%H) \times (m_2 - m_1)} \times 10000$$

Donde:

%Ce = Porcentaje de Cenizas en la muestra (%)

m_3 = masa de la capsula con cenizas (g)

m_2 = masa de la capsula con la muestra (g)

m_1 = Masa de la capsula vacía (g)

Sustituyendo los valores mostrados en la tabla A.1.2 se tiene:

$$\%Ce = \frac{(18,5536 - 18,4456)g}{(100 - 10,352)\% \times (22,4470 - 18,4456)g} \times 10000 = 3,010729954\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.3, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta \%Ce = \left| \frac{\partial \%Ce}{\partial m_3} \right| \Delta m_3 + \left| \frac{\partial \%Ce}{\partial m_1} \right| \Delta m_1 + \left| \frac{\partial \%Ce}{\partial m_2} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{\partial \%Ce}{\partial \%H} \right| \Delta \%H \quad (B.3)$$

El desarrollo de la derivada parcial es el siguiente:

$$\Delta \%Ce = \left| \frac{(100 - \%H)(m_2 - m_1)}{((100 - \%H)(m_2 - m_1))^2} \times 10000 \right| \times \Delta m_3 + \left| \frac{(100 - \%H)(m_1 - m_2) - (100 - \%H)(m_1 - m_2)}{((100 - \%H)(m_2 - m_1))^2} \times 10000 \right| \Delta m_1 + \left| \frac{-(m_2 - m_1)(100 - \%H)}{((100 - \%H)(m_2 - m_1))^2} \times 10000 \right| \Delta m_2 + \left| \frac{(m_1 - m_2)(m_1 - m_2)}{((100 - \%H)(m_2 - m_1))^2} \times 10000 \right| \Delta \%H$$

$$\Delta \%Ce = \left[\Delta m_3 + \left| \frac{(100 - \%H)(m_1 - m_2) - (m_1 - m_3)}{(100 - \%H)(m_2 - m_1)} \right| \Delta m_1 \right. \\ \left. + \left| \frac{(m_1 - m_3)(100 - \%H)}{(100 - \%H)(m_2 - m_1)} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{(m_1 - m_3)(m_1 - m_2)}{(100 - \%H)(m_2 - m_1)} \right| \times \Delta H \right] \\ \times \frac{10000}{(100 - \%H)(m_2 - m_1)}$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$\Delta Ce = \left[\left[0,0001g + \frac{(100 - 10,352)\% \times (18,4456 - 22,4470)g - (18,4456 - 18,5536)g}{(100 - 10,352)\% \times (22,4470 - 18,4456)g} \right] \times 0,0001 + \right. \\ \left. \left| \frac{(18,4456 - 18,5536)g(18,4456 - 22,4470)g}{(100 - 10,352)\% \times (22,4470 - 18,5536)g} \right| \times 0,0004 \right] \times \frac{10000}{(100 - 10,352)\% \times (22,4470 - 18,4456)}$$

$$\Delta Ce = 0,006\% \approx 0,01\%$$

Por lo que el porcentaje de cenizas tiene el valor de:

$$\%Ce = (3,01 \pm 0,01)\%$$

El cálculo anterior es repetido para los demás valores de la tabla A.1.2.

B.1.4 DETERMINACION DEI EXTRACTO ETÉREO (GRASA CRUDA)

La determinación de la humedad se realiza a través de la ecuación C.4 mostrada en el apéndice C, se utilizarán como datos los reflejados en la tabla A.1.3 del apéndice A para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor.

$$\%g = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Donde:

$\%g$ = porcentaje de grasa cruda (%)

m_2 = masa del matraz con las perlas de vidrio y la grasa después del secado (g)

m_1 = masa del matraz de extracción con las perlas de vidrio (g)

m_0 = masa de la muestra de ensayo (g)

Sustituyendo los valores mostrados en la tabla A.1.3 para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor, se tiene:

$$\%g = \frac{(113,056 - 111,6586)g}{5,0032g} \times 100$$

$$\%g = 27,930125\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.4, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta \%g = \left| \frac{\partial \%g}{\partial m_2} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{\partial \%g}{\partial m_1} \right| \Delta m_1 + \left| \frac{\partial \%g}{\partial m_0} \right| \Delta m_0 \quad (B.4)$$

El desarrollo de la derivada parcial es el siguiente:

$$\Delta \%g = \left| \frac{m_0}{m_0^2} \times 100 \right| \Delta m_2 + \left| \frac{-m_0}{m_0^2} \times 100 \right| \Delta m_1 + \left| \frac{(m_1 - m_2)}{m_0^2} \right| \Delta m_0$$

$$\Delta \%g = \left| \frac{100}{m_0} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{-100}{m_0} \right| \Delta m_1 + \left| \frac{(m_1 - m_2)}{m_0^2} \right| \Delta m_0$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$\Delta g \% = \left| \frac{100}{5,0032g} \right| \times 0,0001g + \left| \frac{-100}{5,0032g} \right| \times 0,0001 + \left| \frac{(113,056 - 111,6586)g}{(5,0032g)^2} \right| \times 0,0001$$

$$\Delta \%g = 0,005\% \approx 0,01\%$$

Por lo que el porcentaje de grasa cruda tiene el valor de:

$$\Delta \%g = (27,93 \pm 0,01)\%$$

El cálculo anterior es repetido para los demás valores de la tabla A.1.3.

B.1.5 DETERMINACION DE FIBRA CRUDA

La determinación de la humedad se realiza a través de la ecuación C.5 mostrada en el apéndice C, se utilizaran como datos los reflejados en la tabla A.1.4 del apéndice A para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor.

$$\%Fc = \frac{(m_1 - m_2)}{m_i} \times 100$$

Donde:

$\%Fc$ = Porcentaje de Fibra cruda (%)

m_1 = masa de la cápsula conteniendo fibra seca (g)

m_2 = masa del cápsula conteniendo fibra seca incinerada (g)

m_i = masa de fibra cruda (g)

Sustituyendo los datos mostrados en la tabla A.1.4, para la harina desgrasada en su segundo valor, se tiene:

$$\%Fc = \frac{(23,5340 - 23,5032)g}{2,0031g} \times 100$$

$$\%Fc = 1,5376\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.5, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta Fc = \left| \frac{\partial Fc}{\partial m_i} \right| \Delta m_i + \left| \frac{\partial Fc}{\partial m_2} \right| \Delta m_2 + \left| \frac{\partial Fc}{\partial m_1} \right| \Delta m_1 \quad (B.5)$$

El desarrollo de la derivada parcial es el siguiente:

$$\Delta Fc = \left| \frac{(m_1 - m_2)}{m_i^2} \times 100 \right| \Delta m_i + \left| \frac{-1}{m_i} \times 100 \right| \Delta m_2 + \left| \frac{1}{m_i} \times 100 \right| \Delta m_1$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$\begin{aligned} \Delta \%Fc &= \left| \frac{(23,5340 - 23,5032)g}{(2,0031g)^2} \times 100 \right| \times 0,0001g + \\ &\left| \frac{-1}{2,0031g} \times 100 \right| \times 0,0001g + \left| \frac{1}{2,0031g} \times 100 \right| \times 0,0001g \end{aligned}$$

$$\Delta \%Fc = 0,01\%$$

Por lo que el porcentaje de fibra cruda tiene el valor de:

$$\%Fc = (1,53 \pm 0,01)\%$$

El cálculo anterior es repetido para los demás valores de la tabla A.1.4.

B.2 ANALISIS DE PROTEINAS KJELDAHL

La estimación de proteínas se realiza a través de la ecuación C.6 mostrada en el apéndice C, cuyo resultado es el porcentaje de Nitrógeno presente en la muestras, éste se incluye en la ecuación C.7 y de esta manera se obtiene el porcentaje de proteínas; se utilizaran como datos los reflejados en la tabla A.2 del apéndice A para la harina no desgrasada (Patrón) en su primer valor.

$$\%N(BH) = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times PE_{nitrogeno}}{P_{muestra}} \times 100$$

Donde:

$$PE_{nitrogeno} = 14,01 \text{ g/eq}$$

$$V_{HCl} = V_{gastado_muestra} - V_{gastado_en_blanco}$$

$$P_{muestra} = \text{masa de la muestra (g)}$$

Sustituyendo los valores mostrados en la tabla A.2 se tiene:

$$\%N(BH) = \frac{0,06860l \times 0,1N \times 14,01g / eq}{1,2146g}$$

$$\%N(BH) = 7,9127\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.6, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta \%N = \left| \frac{\partial \%N}{\partial V_{HCl}} \right| \Delta V_{HCl} + \left| \frac{\partial \%N}{\partial N_{HCl}} \right| \Delta N_{HCl} + \left| \frac{\partial \%N}{\partial P_{eN}} \right| \Delta P_{eN} + \left| \frac{\partial \%N}{\partial P_m} \right| \Delta P_m \quad (B.6)$$

Aunque el error deba calcularse con derivadas parciales, la medición de variables influye a tal punto de que el error a tomar para expresar el porcentaje de nitrógeno sea el error de la bureta empleada para medir la cantidad de HCl empleado durante la titulación.

Por lo que el porcentaje de nitrógeno tiene el valor de:

$$\%N = (8,0 \pm 0,1) \%$$

La consideración anterior se repetida para los demás valores de la tabla A.2.

Cálculo del porcentaje de proteínas

Utilizando la expresión C.6:

$$\%P = \%N \times F$$

Donde:

F = Factor de conversión para proteína que para la soya tiene un valor de 5,71

Sustituyendo los valores respectivos se tiene que:

$$\%P = 45,1819\%$$

Cálculo del error asociado

Se realiza a través de la ecuación B.7, utilizando como criterio de cálculo derivadas parciales:

$$\Delta \%P = \left| \frac{\partial \%P}{\partial \%N} \right| \times \Delta \%N + \left| \frac{\partial \%P}{\partial F} \right| \times \Delta F \quad (\text{B.7})$$

Aunque el error deba calcularse con derivadas parciales, la medición de variables influye a tal punto de que el error a tomar para expresar el porcentaje de proteínas sea el error de la bureta empleada para medir la cantidad de HCl empleado durante la titulación.

Por lo que el valor del porcentaje de proteínas es:

$$\%P = (45,2 \pm 0,1) \%$$

La consideración anterior es repetida para los demás valores de la tabla A.2 y A.3

APÉNDICE C

Metodología

1. ANALISIS DE LA DIETA

- 1) Consultar la tabla de valores de referencia de proteínas.
- 2) Establecer las necesidades proteicas para un arreglo familiar supuesto.
- 3) Consultar la tabla de aportes nutricionales de las disponibilidades alimentarias.
- 4) Revisar y clasificar los alimentos presentes en la canasta básica en dos grupos: alimentos con contenido proteico de origen animal y vegetal.
- 5) Calcular la cantidad de proteína presente en cada uno de los grupos ya establecidos valiéndose de las tablas consultadas en el paso 3.
- 6) Determinar la cantidad de proteína consumida por cada miembro de la familia supuesta, dividiéndola por el numero total de integrantes de la familia (se supone igual consumo de cada integrante)
- 7) Comparar la cantidad de proteína consumida por cada miembro con los valores reportados por la tabla de valores de referencia de proteínas.

CÁLCULOS:

$$P_{ai} = \frac{(\%Pm \times Cant_{alimento})}{100} \quad (C.1)$$

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ai}}{p} \quad (C.2)$$

DONDE:

P_{ai} : Cantidad de proteína presente en cada alimento (g).

$Cant_{alimento}$: Cantidad de alimento proporcionado en la canasta básica (g)

$\%Pm$: Porcentaje de proteína presente en cada alimento reportados por el INN (g)

P_{cp} : Cantidad de proteína que consume cada integrante de la familia (g)

2. DETERMINACION DE HUMEDAD Y MATERIA SECA

METODOLOGÍA:

- 1) Pesar 5 gramos de la muestra en un pesafiltro previamente desecado a 105°C y pesado con su tapa.
- 2) Colocar el pesafiltro destapado en la estufa a los 105°C por espacio de una hora.
- 3) Colocar la tapa al pesafiltro y de deja enfriar en el desecador a la temperatura ambiente por unos minutos y se pesa.

CÁLCULOS

a) $\%H = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100$ (C.2)

b) $\%Ms = 100 - \%H$ (C.3)

Donde:

m_i : Masa inicial de la muestra (g).

$\%H$: Porcentaje de Humedad (adim.).

m_f : Masa de la muestra después de ser sacada de la estufa (g).

$\%Ms$: Porcentaje de materia seca (adim.).

3. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZAS

METODOLOGÍA:

- 1) La cápsula de porcelana vacía se incinera en la mufla a unos 550°C, se transfiere al desecador y se pesa tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
- 2) En la cápsula tarada como se indicó, se pesan de 3 a 5 gramos de la muestra de alimento y se coloca en la mufla.
- 3) Se lleva a temperatura de la mufla a 550°C hasta obtener cenizas de un color gris claro (durante 24 horas aproximadamente), no deben fundirse las cenizas.
- 4) Se saca de la mufla, la cápsula de porcelana con la muestra, se transfiere al desecador y se pesan tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.

CÁLCULOS

- 5) El contenido de cenizas en la muestra se expresa en porcentaje en masa en base seca, y se obtiene de acuerdo a la formula siguiente:

$$\%Ce = \frac{10000 \times (m_3 - m_1)}{(100 - \%H) \times (m_2 - m_1)} \quad (C.4)$$

DONDE:

$\%Ce$: Porcentaje de Cenizas (adim.).

m_1 : Masa de la cápsula vacía(g)

m_2 : Masa de la cápsula con la muestra (g)

m_3 : Masa de la cápsula con las cenizas (g)

4. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (GRASA CRUDA)

METODOLOGÍA

- 1) Se seca el matraz de extracción (con algunas perlas de vidrio incorporadas) por espacio de una hora a 103°C en la estufa, se deja enfriar el matraz a temperatura ambiente en el desecador y se pesa.
- 2) De acuerdo al contenido de grasa esperado se pesan de 3 a 5 gramos de la muestra preparada, y se introducen en un matraz de 250mL.
- 3) Se añade a la muestra de ensayo 50mL de la solución de la solución de ácido clorhídrico y se cubre el matraz erlenmeyer con un vidrio de reloj. Se calienta el matraz hasta conseguir que hierva. Se continúa hirviendo por espacio de una hora, agitando ocasionalmente. Se deja reposar por unos minutos y se añaden 150mL de agua destilada caliente.
- 4) Se humedece un papel de filtro colocado en un embudo de vidrio, con agua destilada y se vierte el contenido caliente del matraz sobre el filtro. Se lavan el matraz y el vidrio de reloj cuidadosamente tres veces con agua destilada caliente, vertiendo el agua de lavado sobre el papel de filtro. Se lava el filtro con agua destilada caliente hasta que los lavados no afecten el color del papel tornasol. Se coloca el papel de filtro sobre el vidrio de reloj, se deseca por una hora en la estufa a 105°C y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- 5) El papel de filtro se enrolla y se introduce el dedal de extracción. Se elimina cualquier residuo de grasa en el vidrio de reloj usando un pedazo de algodón humedecido con solvente. Luego transfieres el algodón al dedal de extracción. El papel de filtro deberá manipularse con pinzas que puedan ser enjuagadas.
- 6) Se coloca el dedal en el aparato de extracción y se vierte el solvente de extracción (hexano), se lava el interior del matraz usado para la desintegración con ácido clorhídrico y el vidrio de reloj con una porción del solvente de extracción, añadiéndose todo esto al matraz de extracción. Se fija el matraz al aparato de extracción y se calienta por cuatro (4) horas en baño de agua.
- 7) Luego de la extracción, se toma el matraz que contiene el líquido de la extracción y se destila el solvente usando el baño de agua. Se evaporan las últimas trazas de solvente usando aire si se considera necesario. Se seca el matraz de extracción por una (1) hora en la estufa a 105°C , se deja enfriar hasta

temperatura ambiente en el desecador y se pesa con una apreciación de 0,001g. Se repiten estos pasos, hasta que los resultados de dos pesadas sucesivas no difieran en mas de 0,1% de la masa de la muestra usada para el análisis. Se llevan a cabo dos determinaciones de la muestra preparada.

CÁLCULOS

- 8) El contenido total de grasa de la muestra, expresado como porcentaje en masa, es igual a:

$$\%G = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (C.5)$$

DONDE:

$\%G$: Porcentaje de grasa (adim.).

m_0 : Masa de la muestra de ensayo (g)

m_1 : Masa del matraz de extracción con las perlas de vidrio (g)

m_2 : Masa del matraz con las perlas de vidrio y la grasa después de secado (g)

5. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

METODOLOGÍA:

- 1) Se pesan $2,0 \pm 0,5$ gramos de la muestra, se colocan en un dedal de celulosa o papel filtro, se lleva a la estufa a una temperatura de $105-115^{\circ}\text{C}$, por una hora, para eliminar la humedad.
- 2) Se deja enfriar la muestra y se coloca en el equipo soxlet, usando hexano para extraerle la grasa.
- 3) Se separa el dedal o papel de filtro del equipo extractor, la muestra desgrasada se deja al ambiente para evaporar los restos del solvente, o se coloca en la estufa a 100°C por una hora.

- 4) La muestra desgrasada se coloca en un beacker de 600mL. evitando contaminación con la muestra con fibras del dedal o papel de filtro.
- 5) Se añade al vaso de precipitados 200mL. de solución caliente de H_2SO_4 0,255N.
- 6) Se coloca el vaso en la hornilla de calentamiento (equipo de digestión) y se deja hervir por 30 minutos exactamente, moviéndolo periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes.
- 7) Se llevan a cabo la filtración en un filtro buchner o a través de tela porosa, se lava el residuo con agua destilada caliente hasta que las aguas de lavado no den reacción ácida.
- 8) Se coloca nuevamente el residuo en el vaso de precipitados. Se agregan 200mL de solución de NaOH 0,313N hirviendo, se coloca en el equipo de digestión y se deja en ebullición por 30 minutos exactamente.
- 9) Se filtra, lavando el residuo con agua destilada caliente hasta que las aguas no den reacción alcalina.
- 10) Se coloca el residuo en un crisol y se pone a secar en una estufa por una hora a temperatura de 120°C , se traslada al desecador y se deja enfriar para luego ser pesada.
- 11) El crisol con la muestra seca se coloca en la mufla y se incinera a una temperatura de 550°C , durante 30 minutos, se enfría en un desecador y se pesa.

CÁLCULOS

El contenido de fibra cruda se expresa en porcentaje, con respecto a la muestra desgrasada y seca, con una cifra decimal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%Fc = \frac{(m_1 - m_2)}{m_i} \times 100 \quad (\text{C.6})$$

Donde:

$\%Fc$: Porcentaje en peso de fibra cruda (adim.).

m_i : Masa de la muestra, desgrasada y seca (g).

m_1 : Masa del crisol conteniendo fibra seca (g)

m_2 : Masa del crisol conteniendo fibra seca después de ser incinerada (g).

6. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA. MÉTODO DE KJELDHAL

I. DIGESTIÓN DE LA MUESTRA:

- 1) Pesar un (1) gramo de muestra e introducirla en el tubo de digestión.
- 2) Agregar dentro del tubo de digestión 15mL de ácido sulfúrico concentrado y una (1) pastilla de digestión (catalizador) o en su defecto mezcla de CuSO_4 , K_2SO_4 y Se.
- 3) Digerir en el equipo por media hora a 250°C y luego una (1) hora a 420°C (máxima temperatura del equipo) ó hasta que la muestra esté incolora.
- 4) Enfriar. Se puede guardar el digerido en la nevera hasta su uso.

II. DESTILACION DE LA MUESTRA

- 5) Agregar al tubo 75mL de agua destilada.
- 6) Introducir el tubo de digestión en el equipo de destilación de proteína.
- 7) Agregar con el equipo de destilación, 45mL de NaOH al 40% o 50% de acuerdo a lo especificado en el manual del equipo. Existe una relación dada por los fabricantes de este equipo: que el volumen de NaOH al 50% debe el triple del volumen de H_2SO_4 concentrado agregado en la digestión.
- 8) Colocar en función de destilación y destilar por un tiempo aproximado de tres (3) a cinco (5) minutos.
- 9) Introducir un erlenmeyer con 25mL de solución de ácido bórico al 4% y tres gotas de mezcla indicadora (azul de metileno al 2% o verde bromocresol al 2% con rojo

de metilo al 2%. Se puede utilizar también un solo indicador como el rojo de metilo al 2% en caso de no disponer de los anteriores). Se introduce esta solución fijadora para recoger el destilado, es decir, por donde esta situado el tubo capilar con orificio.

10) Dejar destilar cuando se recoja el triple del volumen de ácido bórico (de 25mL → 75mL). Indicador: rojo → verde o azul grisáceo según el caso.

III. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE NITRÓGENO

11) Titular la solución de ácido clorhídrico al 0,1N (esta solución debe estar valorada, considerando 4 cifras significativas al calcular la normalidad). El indicador pasa de verde brillante o azul grisáceo a rojo.

IV. CUANTIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE NITRÓGENO

12) Se cuantifica tomando en cuenta los equivalentes encontrados en la valoración de HCl y utilizando la siguiente relación:

$$\%N(BH) = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times P_{eqN}}{P_{muestra}} \times 100 \quad (C.7)$$

$$\%P = \%N (BS) \times F \quad (C.8)$$

DONDE:

P_{eqN} : Peso equivalente del Nitrógeno $\left(\frac{g}{eq}\right)$

V_{HCl} : Volúmen de HCl gastado en la titulación de la muestra (mL).

$P_{muestra}$: Peso de la muestra (g)

$\%N(BS)$: Porcentaje de Nitrógeno en base seca (adim)

%P: Porcentaje de proteína presente en la muestra (adim)

F: Factor de conversión para la proteína (adim).

7. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE AMINOÁCIDOS PRESENTES EN MUESTRAS DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL.

METODOLOGÍA:

6.1 Hidrólisis Ácida

1. En un tubo de ensayo con tapa de rosca de 15 mL (150 x 25mm), pesar una cantidad de muestra que contenga aproximadamente 40mg de proteína.
2. Agregar 15 mL de HCl 6N y purgar (burbujear el líquido) con nitrógeno por 30 segundos. Tapar inmediatamente.
3. Colocar en un horno a 110°C +/- 1°C por 24 horas.
4. Remover del horno y dejar enfriar (durante el proceso de hidrólisis las muestras adquieren un color marrón oscuro, casi negro).
5. Transferir cuantitativamente el hidrolizado a un balón aforado de 50 mL, y completar hasta la marca con agua Milli-Q
6. Filtrar 1 mL a través de un filtro de 0,45µm. Se puede almacenar el hidrolizado en el congelador si no se va a procesar inmediatamente.
7. Pipetear una cantidad de cada muestra filtrada en tubos de ensayo de 6 x 50mm, de manera de introducir en el tubo el equivalente de 0,5 a 10 µg de proteína de la

muestra sin hidrolizar (el método recomienda un máximo 30 µl para evitar pérdidas de muestra al aplicar el vacío en la unidad del Pico Tag). En nuestra experiencia, siempre es mejor utilizar el doble de la cantidad de muestra recomendada en los protocolos, ya que el método de Kjeldahl para determinar % de proteínas las podría estar sobrestimando, por ser un método que determina nitrógeno total.

8. Colocar los tubos de ensayo de 6 x 50mm dentro del frasco de Pico Tac con tapa de rosca y válvula.
9. Tapar bien y colocar la tapa en la posición abierta (extremo verde).
10. Cerrar la válvula de vacío de la unidad de trabajo del Pico Tag, encender la bomba y esperar a que la presión llegue a 65 militorr (aproximadamente 10 min).
11. Instalar el frasco dentro de la estación de trabajo.
12. Abrir la válvula de vacío y esperar hasta que la muestra este completamente seca. La muestra estará lista cuando la presión de vacío alcance alrededor de 65 militorr como lectura mínima (aproximadamente 1 hora). El tiempo de secado depende del número de muestras y su volumen. Es recomendable esperar algunos minutos adicionales luego que se haya alcanzado esta presión. Un secado inadecuado tiene como consecuencias la aparición de picos extras o un incremento en el tamaño de los perfiles típicos. Adicionalmente puede afectar los procesos de hidrólisis y derivatización.
13. Cerrar la válvula de vacío y la válvula del frasco.
14. Apagar la bomba y abrir la válvula de vacío (manteniendo cerrada la del frasco).
15. Una vez que llegue a presión atmosférica remover el frasco de la estación de trabajo.

6.2 Hidrólisis Básica

16. En un tubo de ensayo con tapa de rosca de 15 mL (150 x 25mm), pesar una cantidad de muestra que contenga aproximadamente 40mg de proteína.
17. Agregar 15 mL de NaOH 4,6N y purgar (burbujear el líquido) con nitrógeno por 30 segundos. Tapar inmediatamente.
18. Colocar en un horno a 110°C +/- 1°C por 20 horas.
19. Remover del horno y dejar enfriar.
20. Transferir cuantitativamente el hidrolizado a un beacker y ajustar el pH a 4,2, empleando HCl concentrado (el pH no cambia tan fácilmente en esta solución).
21. Transferir cuantitativamente el hidrolizado ajustado a un balón aforado de 50 mL, y completar hasta la marca con agua Milli-Q
22. Filtrar 1 mL a través de un filtro de 0,45µm. Se puede almacenar el hidrolizado en el congelador si no se va a procesar inmediatamente.
23. Pipetear una cantidad de cada muestra filtrada en tubos de ensayo de 6 x 50mm, de manera de introducir en el tubo el equivalente de 0,5 a 10 g de proteína de la muestra sin hidrolizar (el método recomienda un máximo 30 µl para evitar perdidas de muestra al aplicar el vacío en la unidad del Pico Tag). En nuestra experiencia, siempre es mejor utilizar el doble de la cantidad de muestra recomendada en los protocolos, ya que el método de Kjeldahl para determinar porcentaje de proteínas las podría estar sobrestimando, por ser un método que determina nitrógeno total.
24. Colocar los tubos de ensayo de 6 x 50mm dentro del frasco de Pico Tac con tapa de rosca y válvula.
25. Tapar bien y colocar la tapa en la posición abierta (extremo verde).
26. Cerrar la válvula de vacío de la unidad de trabajo del Pico Tag, encender la bomba y esperar a que la presión llegue a 65 militor (aproximadamente 10 minutos).

27. Instalar el frasco dentro de la estación de trabajo.
28. Abrir la válvula de vacío y esperar hasta que la muestra este completamente seca. La muestra estará lista cuando la presión de vacío alcance alrededor de 65 militorr como lectura mínima (aproximadamente 1 hora). El tiempo de secado depende del número de muestras y su volumen. Es recomendable esperar algunos minutos adicionales luego que se haya alcanzado esta presión. Un secado inadecuado tiene como consecuencias la aparición de picos extras o un incremento en el tamaño de los perfiles típicos. Adicionalmente puede afectar los procesos de hidrólisis y derivatización.
29. Cerrar la válvula de vacío y la válvula del frasco.
30. Apagar la bomba y abrir la válvula de vacío (manteniendo cerrada la del frasco).
31. Una vez que llegue a presión atmosférica remover el frasco de la estación de trabajo.

6.3 Resecado

Esta etapa es de extrema importancia para alcanzar el pH requerido en la reacción de derivatización. Si se observa un amplio pico de Amonio en la corrida, intentar duplicar la cantidad de solución de ressecado utilizada.

METODOLOGÍA:

1. Cerrar la válvula de vacío de la unidad de trabajo del Pico Tag y encender nuevamente la bomba.
2. Agregar 10 µl de la solución de ressecado (a) o 30 µl de la solución de ressecado (b) a cada tubo de muestra ya seca y colocar en ultrasonido, dentro de un vial con un poco de agua bidestilada en el fondo.
3. Sacar y secar un poco los tubos y colocar dentro del frasco de reacción

4. Tapar el frasco de reacción y colocar en la posición abierta. Instalar el frasco de reacción en la unidad de trabajo.
5. Abrir la válvula de vacío cuidadosamente para prevenir la ebullición repentina de la solución. Las muestras estarán adecuadamente secas cuando el vacío alcance por lo menos 65 militorr. Es recomendable siempre esperar más tiempo (aprox. 30 minutos más) para asegurarse de que las muestras quedaron bien secas.
6. Cerrar la válvula de vacío y la válvula del frasco.
7. Apagar la bomba y abrir la válvula de vacío (manteniendo cerrada la del frasco).
8. Una vez que llegue a presión atmosférica remover el frasco de la estación de trabajo.

6.4 Derivatización

METODOLOGÍA

1. Añadir 20 µl de reactivo derivatizante a cada muestra previamente resecada. Agitar vigorosamente en el vortex por unos cuantos segundos.
2. Cerrar la válvula de vacío de la unidad de trabajo del Pico Tag y encender la bomba.
3. Colocar los tubos en el frasco de reacción, tapar y colocar en la posición abierta. Instalar el frasco de reacción en la unidad de trabajo. Mantener a temperatura ambiente al menos 20 minutos y luego colocar en la unidad de trabajo Pico Tag.
4. Abrir la válvula de vacío. La muestra debe permanecer a un vacío de por lo menos 65 militorr durante 30-45 minutos, para asegurarse de remover todas las trazas de

PITC, este último tiempo de secado debería aumentarse a 1-2 horas, para asegurarse de que la muestra haya quedado bien seca.

5. Cerrar la válvula de vacío y desconectar el frasco de la unidad de trabajo. Remover los tubos de muestras del frasco. Las muestras ya están listas para el análisis en el HPLC.

Si no se desea procesar las muestras inmediatamente estas pueden ser almacenadas en el refrigerador. Si las muestras permanecen secas pueden mantenerse en el congelador por varias semanas.

6.5 Análisis por HPLC

Preparación de la curva de calibración

Cada vez que se analiza un lote de muestras debe realizarse una nueva calibración. Para ello se analizan por lo menos cinco concentraciones distintas del estándar de aminoácidos certificado (Pierce N° 88122). El procedimiento para preparar los estándares es el siguiente:

METODOLOGÍA

1. Colocar 3 μ l, 5 μ l y 10 μ l del Standard de Aminoácidos en tubos de reacción y realizar el secado en la estación de trabajo Pico Tag.
2. Realizar los procesos de resecado y derivatización de la misma manera como se describe para el caso de las muestras. De hecho, los estándares se pueden derivatizar al mismo tiempo que las muestras.

Los estándares preparados de esta manera tendrán las siguientes concentraciones de aminoácidos (ver Tabla C.1):

Tabla C.1. Concentración de aminoácidos en los puntos de la curva patrón a inyectar

Volumen de estándar Pierce N° 88122 pipeteado [μ l]	Concentración de aminoácidos (excepto cistina) [μ mol/mL]	Concentración de Cistina [μ mol/mL]
1	0,0125	0,00625
3	0,0375	0,01875
5	0,0625	0,03125
10	0,125	0,0625
20	0,25	0,125

Análisis de las muestras

1. Las muestras y estándares, ya derivatizados y secos son resuspendidos en 200 μ l de una solución de dilución. Las muestras así disueltas son estables por 10 horas a temperatura ambiente y 60 horas si son refrigeradas.
2. Se colocan las muestras y estándares en viales adaptados con insertos de bajo volumen, y se introducen en el carrusel del inyector automático.
3. Se equilibra el cromatógrafo y se purgan las líneas verificando que no haya burbujas empleando la fase B.
4. Aumentar el flujo de 0,2 a 0,6 mL empleando un gradiente de 5 minutos.
5. Cargar el método: "acond. AA", para llevar la columna a 40°C.

6. Cambiar la fase, hasta llevarla a 95% de A y 5% de B, empleando un gradiente de 30 min. Una vez que se alcance esa proporción, dejar equilibrar por una (1) hora.
7. Una vez se cumpla este tiempo, cargar el método “Aminoácidos LC” y cargar las muestras a inyectar.

Los métodos “acond. AA” y “Aminoácidos LC”, se presentan a continuación:

METODO “Acond. AA”:

Este método se emplea a fin de realizar el calentamiento de la columna, para llevarla a 40°C, de tal modo que el gradiente nunca es aplicado, pues no se realiza ninguna corrida con el. (ver Tabla C.2).

Tabla C.2. Gradiente de método “acond. AA”

Tiempo	Flujo (mL/min.)	% A	% B
0	0,6	95	5

METODO DE “AMINOACIDOS LC”

Cada 10 muestras debe correrse por lo menos un estándar, el volumen de inyección es de 4µl, el tiempo de corrida es de 47 minutos, el tiempo de espera hasta la próxima inyección es de 30 minutos, para una duración total de c/u de las corridas de 70 minutos. Esto debe tomarse en cuenta para calcular el número de muestras que debe inyectarse en un grupo, ya que se sabe que las muestras derivatizadas y resuspendidas son estables por 10 horas a temperatura ambiente y 60 horas en refrigeración. El inyector automático del HPLC con el que contamos tiene la capacidad de refrigerar la cámara donde se encuentra el carrusel. En el método debe tener el inyector programado para enfriar hasta 4°C. La temperatura de la columna es de 40°C

y la detección se realiza a 254 nm. La tabla de gradiente del método es la siguiente (incluye una rutina para apagarse automáticamente después de la última inyección, lo cual le permite trabajar por la noche sin supervisión). A continuación se presenta el programa de flujo de este método (Tabla C.3):

Tabla C.3. Gradiente del método “Aminoácidos LC”

Tiempo	Flujo (mL/min.)	% A	% B	eventos
0	0,60	95	5	
20	0,60	68	32	
30	0,60	52	48	
35	0,60	0	100	
47	0,60	0	100	
57	0,60	95	5	
77	0,60	95	5	
82	0,60	95	5	
95	0,70	0	100	Temp = off
135	0,70	0	100	
137	0	0	100	Sparge= off

Una vez corridos los estándares y las muestras se realiza la integración de los picos, y con estas áreas se realiza la curva de calibración. No se debe tomar en cuenta la primera inyección del primer estándar en los cálculos, porque normalmente los tiempos

de retención se desvían considerablemente de los de las demás inyecciones, probablemente la columna todavía no esté bien equilibrada (para prevenirlo, dejar por al menos 1 hora la columna equilibrándose con la fase A y si esto no ayuda, inyectar dos veces la primera muestra a fin de poder descartar la primera).

ANEXO A

Tablas y figuras

A.1 FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL EMPLEADO PARA LA ESCOGENCIA DE LA MEZCLA DE HARINA DE SOYA Y PRECOCIDA DE MAIZ PARA LA FORMULACION DEL PRODUCTO ALIMENTICIO

Hoja de evaluación

Ud. Recibirá 3 muestras de un prototipo de arepa en base a una harina texturizada de soya. Asigne una puntuación de 1 ó 5 en base a los atributos de su preferencia (sabor, color, textura y olor). 1: La de mayor preferencia y 5: la de menor preferencia.

# Muestra	Sabor	Color	Textura	olor
	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____

Sugerencia:

Fecha: / /

Comentario:

Si tiene alguna sugerencia con respecto al producto, se le agradece describir la observación. Si considera que la escala no se ajusta a su evaluación, puede utilizar un intermedio

512	978	256
516	985	259
521	981	263
513	979	257
520	984	261
519	982	266
514	980	258
518	986	262
517	887	264
515	983	260

A.2 MATRIZ DE NUMEROS ALEATORIOS EMPLEADA EN LA PRESENTACION DELAS MUESTRAS AL GRUPO DE PANELISTAS

512-521: 0% Soya

978-987: 10% soya

256-264: 40% soya

323	742	117
330	750	123
326	745	120
324	751	119
331	748	124
329	743	125
325	744	118
327	749	121

332	746	126
328	747	122
323-332: 0% soya	742-751: 40% soya	117-126: 30% soya

A.3. VALORES TOTALES REQUERIDOS PARA LA SIGNIFICACIÓN DEL NIVEL DEL 5%

TABLA No. 10
RANGOS: VALORES TOTALES REQUERIDOS PARA LA SIGNIFICACION DEL NIVEL DEL 5% a/

No. de juicios	Número de tratamientos en muestras ordenadas					
	2	3	4	5	6	7
2	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	3-9	3-11	3-13
3	...	...	...	4-14	4-17	4-20
	...	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18
4	...	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25
	...	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23
5	...	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50
	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-25
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64

A.3. VALORES TOTALES REQUERIDOS PARA LA SIGNIFICACIÓN DEL NIVEL DEL 5%. (CONT.)

Continuación . . .

No. de juicios	Número de tratamientos en muestras ordenadas					
	2	3	4	5	6	7
14	17-25 18-24	22-34 23-35	26-44 28-42	30-54 33-51	34-64 38-60	38-74 44-68
15	19-26 19-26	23-37 25-35	28-47 30-45	32-58 36-54	37-68 42-63	41-79 47-73
16	20-28 21-27	25-39 27-37	30-50 33-47	35-61 39-57	40-72 45-67	45-83 51-77
17	22-29 22-29	27-41 28-40	32-53 35-50	38-64 41-61	43-76 48-71	48-88 54-82
18	23-31 24-30	29-43 30-42	34-56 37-53	40-68 44-64	46-80 51-75	52-92 58-86
19	24-33 25-32	30-46 32-44	37-58 39-56	43-71 47-67	49-84 54-79	55-97 62-90
20	26-34 26-34	32-48 34-46	39-61 42-58	45-95 50-70	52-88 57-83	58-102 65-95

A.4. TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DEL 5% SIGNIFICATIVO.

Grado de libertad para el denominador error	Grado de libertad para el numerador										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
128	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
	2	18.5	19.9	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54

Continuación...

129

Grado de libertad para el denominador error	Grado de libertad para el numerador									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.50	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83

ANEXO B

Notas Metodológicas Generales del INN

La metodología empleada en el presente trabajo sobre las Hojas de Balance de Alimentos 2002–2004 es en esencia la misma que se explicó exhaustivamente en las publicaciones correspondientes a las HBA 1980-2001, incorporando algunos ajustes que reflejan cambios ocurridos durante el trienio estudiado en las fuentes y tipos de información disponibles. Las innovaciones introducidas en la elaboración de las Hojas de Balance de Alimentos 2002-2004 están explicadas en las matrices de “Métodos de Cálculo” incluidas en esta sección.

Toda la información original, así como la explicación detallada de los procedimientos empleados, reposan en los archivos del Instituto Nacional de Nutrición y están a la disposición de las instituciones y estudiosos interesados en esta materia. Esto es especialmente importante en los casos de algunos “datos calculados” (Dato*) que, ante la insuficiencia notoria de la información disponible, fue necesario generar exógenamente mediante la concepción y utilización de modelos matemáticos sencillos, diseñados por el equipo técnico del INN con la participación de expertos en los diferentes circuitos agroalimentarios. Es de hacer notar que en el presente trabajo se utilizan:

- a) En las matrices de “Coeficientes y Factores”, los valores asentados en la Tabla de Composición de Alimentos publicada por el Instituto Nacional de Nutrición en el año 1999.
- b) En el cálculo de la adecuación energética y nutricional de la disponibilidad alimentaria promedio (per cápita diaria), los valores de referencia de energía y nutrientes ponderados para la población venezolana, contenidos en la publicación Nº 53 de la Serie Cuadernos Azules publicada por el Instituto Nacional de Nutrición en el año 2000. En la aplicación de la HBA denominada “Adecuación de los aportes nutricionales de las disponibilidades alimentarias a los requerimientos de la población venezolana”, se mantienen en este estudio las dos alternativas utilizadas para el cálculo de la misma presentadas desde el año 1989, dejando a criterio del usuario el utilizar la que considere conveniente para contabilizar las

pérdidas físicas de alimentos (y de energía y nutrientes) que ocurren entre el nivel de venta al detal y la boca del consumidor. En lo referente a ciertas filas en particular, se advierte lo siguiente:

a) En la fila /Azúcar refinado en bebidas gaseosas, los valores asentados en las columnas Importación y Exportación corresponden al cálculo de la cantidad de azúcar contenida en lo que al INE reporta como “las demás bebidas no alcohólicas”.

b) En la fila /Aceite vegetal (mezcla), el valor asentado en la columna Importación, en los años 2003 y 2004, se calculó sumando las importaciones de aceites refinados de soya y de girasol (para el consumo humano directo) realizadas por CASA durante el año considerado.

c) En las filas /Aceite vegetal (mezcla), /Margarina y /Mayonesa, los valores asentados en la columna Disponibilidad para el Consumo Humano (DCH), se calcularon tomando en cuenta la información sobre las ventas realizadas en el mercado interno, y los porcentajes de participación en dicho mercado, suministrada por las empresas fabricantes de estos renglones.

d) En la fila/Crema de leche, el valor asentado en la columna Producción se calculó tomando en cuenta la información correspondiente a las ventas y los porcentajes de participación en el mercado interno, suministrados por empresas fabricantes de lácteos.

e) En todas las filas del grupo Bebidas Alcohólicas, los valores asentados en la columna Disponibilidad para el Consumo Humano (DCH), se calcularon tomando en cuenta los datos correspondientes a expedición de bebidas alcohólicas suministrados por el SENIAT, así como los datos de Importación que reporta el INE.

f) En las filas /Carne de pollo y /Carne de gallina, el valor asentado en la columna Insumo se calculó a partir de los datos de beneficio suministrados por el MAT y los de producción de carne de pollo reportados por FENAVI

ANEXO C

Tablas FAO