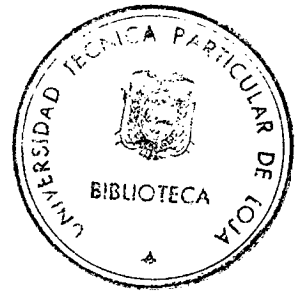


Universidad Técnica Particular de Loja
 BIBLIOTECA GENERAL

Revisado el I-19-83

Valor \$ 200.00

Número Clasificación 1983 D16 BIA 16

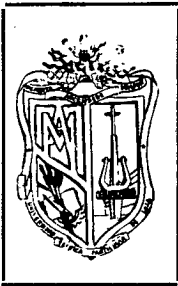


660 X 842

F.

664.
 Leche - soya.
 Soya
 Quesos
 Suero

$$\frac{664.805655}{664}$$



Universidad Técnica Particular de Loja
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS



Enriquecimiento del Suero de la Elaboración de Quesos con Proteína del Residuo de la Obtención de Leche de Soya

TESIS DE INGENIERIA PREVIA A
LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
AGROPECUARIAS

POR: Luis Vicente Ochoa Castillo
Luis Antonio Sandoval

DIRECTOR:
Ing. Truman Guajala Calderón

**LOJA-ECUADOR
1982**



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

Ing. Truman Guajala Calderón, Profesor Titular de la Universidad Técnica Particular de Loja, - Director de Tesis de los Señores: Luis Vicente Ochoa Castillo y Luis Antonio Sandoval, C E R - T I F I C A haberla revisado cuidadosamente - por lo que autorizo su presentación y sustentación.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Truman Guajala', enclosed within a large, stylized circular flourish.

Ing. Truman Guajala Calderón

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos quienes constantemente me apoyaron y alentaron - hasta la culminación de mi carrera, - de igual manera a mi esposa e hijos - por su dedicación y apoyo espiritual.

Luis Vicente

A mi madre y hermanos por el sacrificio abnegación y cuidado que me brindaron - para culminar con éxito mi carrera, de igual manera a mi querida esposa por su apoyo y aliento espiritual.

Luis Antonio

PROLOGO

La presente investigación constituye la aplicación de una técnica en base al proceso GLIDDEN para la obtención de proteína concentrada de soya, la misma que es aprovechada en el enriquecimiento proteico del suero de la elaboración de quesos.

Ha sido nuestra inquietud propender al aprovechamiento de nuevas fuentes alimenticias de productos no tradicionales aún en nuestro medio y que sirva de inquietud para futuras investigaciones en este amplio campo, como constituye la soya, sus subproductos, y el suero.

Este trabajo se llevó a cabo, gracias a la moderna infraestructura y equipos de laboratorios de Operaciones Unitarias, de Química y de la Planta Piloto de Piensos que dispone nuestra Universidad.

Queremos dejar constancia de nuestra gratitud de reconocimiento al plantel profesional y administrativo por su valiosa colaboración y aporte, que permitieron nuestra formación.

Nuestra gratitud a los profesionales que intervinieron, directamente con su aporte para la realización de este trabajo de investigación:

Al Ing. Truman Guajala Calderón (Director de Tesis)

Al Ing. José Bonilla M., Profesor

Al Ing. José Severino S.

Al personal de los Laboratorios de Operaciones Unitarias y Química.

Dejamos constancia de nuestra imperecedera gratitud, a las Autoridades de nuestra Universidad.

Al Hno. César Ortiz V., Decano de la Facultad de Industrias Agropecuarias.

Al Hno. Ticiano Cagigal García, CANCELLER DE LA -
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, por su constante preocupación en
la preparación profesional de éste Centro de Educación Superior.

SUMARIO

1. RESUMEN
2. INTRODUCCION
3. GENERALIDADES Y PROPIEDADES DE LAS PROTEINAS DE SOYA
 - 3.1 Proteínas y Aminoácidos
 - 3.1.1 Propiedades de las Proteínas
 - 3.1.2 Clasificación de las Proteínas
 - 3.1.3 Aminoácidos
 - 3.1.4 Propiedades de los Aminoácidos
 - 3.1.5 Aminoácidos esenciales
 - 3.1.6 Proteínas de la soya
 - 3.2 Extracción de la Proteína de soya
 - 3.2.1 Métodos de fraccionamiento
 - 3.2.1.1 Precipitación fraccionada
 - 3.2.1.2 Extracción fraccionada
 - 3.3 Desnaturalización de las proteínas
 - 3.3.1 Desnaturalización por calor
 - 3.3.2 Desnaturalización por pH
 - 3.3.3 Desnaturalización por solventes orgánicos
 - 3.4 Propiedades funcionales de las Proteínas de Soya
 - 3.4.1 Solubilidad
 - 3.4.2 Viscosidad
 - 3.4.3 Absorción de agua
 - 3.4.4 Retención de agua
 - 3.4.5 Turgencia
 - 3.4.6 Gelación
4. SUBPRODUCTOS DE LA SOYA
 - 4.1 Harina de soya



- 4.1.1 Tipos y Composición
- 4.1.2 Tratamiento por Calor Húmedo
- 4.2. Proteína Concentrada
- 4.3 Proteína Aislada
- 4.4 Leche de Soya
- 5 SUERO DE LECHE DE QUESOS
- 5.1 Problemas Químicos del Suero
 - 5.1.1 Eliminación del Agua
 - 5.1.2 Lactosa
 - 5.1.3 Proteína
- 5.2 Aspectos Nutricionales del Suero
 - 5.2.1 Comparación con la Leche No-Grasa en Polvo
 - 5.2.2 Contenido de Lactosa
 - 5.2.3 Contenido de Vitaminas y Minerales
 - 5.2.4 Contenido de Proteínas
 - 5.2.5 Contenido de Aminoácidos
- 5.3 Utilización del Suero
 - 5.3.1 El Suero en la Alimentación Humana
 - 5.3.2 El Suero en la Alimentación Animal
- 6. ANALISIS Y ENSAYOS EXPERIMENTALES PARA EL ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DEL SUERO DE QUESOS
 - 6.1 Evaluación Química de la Soya
 - 6.2 Obtención de la Leche de Soya
 - 6.2.1 Maceración
 - 6.2.2 Descascarado
 - 6.2.3 Inactivación enzimática
 - 6.2.4 Trituración
 - 6.2.5 Separación de la Fracción Sólida (Residuo)
 - 6.2.6 Concentración

| | |
|-----------|--|
| 6.2.7 | Análisis de la Leche de Soya |
| 6.2.7.1 | Análisis físico-químico de la Leche de Soya |
| 6.2.7.2 | Evaluación Química de la Leche y la Fracción Sólida de la Soya |
| 6.3 | Extracción de Proteína del Residuo de la Leche de Soya |
| 6.3.1 | Proceso de Extracción |
| 6.3.1.1 | Maceración del Residuo |
| 6.3.1.2 | Filtración |
| 6.3.1.3 | Ajuste del pH |
| 6.3.1.4 | Precipitación de los Prótidos |
| 6.3.1.5 | Separación del Suero |
| 6.3.1.6 | Neutralización y Secado |
| 6.3.1.7 | Propiedades Químicas del Concentrado Proteico |
| 6.4 | Tratamiento del Suero de Quesos de la Leche de Vaca |
| 6.4.1 | Evaluación Físico-Química del Suero |
| 6.4.2 | Deshidratación del Suero |
| 6.4.2.1 | Concentración |
| 6.4.2.2 | Secado |
| 6.4.2.3 | Evaluación Química del Suero Deshidratado |
| 6.4.3 | Ensayo de Mezclas para el Enriquecimiento Proteico |
| 6.4.3.1 | Mezcla Sólido-Sólido |
| 6.4.3.2 | Mezcla Líquido-Sólido |
| 6.4.3.2.1 | Secado (Spray Drying) |
| 6.4.3.3 | Evaluación Química del Suero Enriquecido |
| 7. | RESULTADOS Y DISCUSIONES |
| 8. | CONCLUSIONES |
| 9. | RECOMENDACIONES |
| | BIBLIOGRAFIA |
| | INDICE |

INDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|--------|
| Tabla 3.1 Distribución aproximada de los mayores componentes de Proteína de Soya..... | 10 |
| Tabla 5.1 Comparación del suero en polvo y la leche no grasa en polvo | 26 |
| Tabla 5.2 Contenido de minerales en el suero en polvo y el requerimiento aproximado para niños (10Kg) | 27 |
| Tabla 5.3 Contenido de aminoácidos en el suero en polvo y el requerimiento aproximado para niños (10Kg) | 29 |
| Tabla 6.1 Composición química de la soya..... | 32 |
| Tabla 6.2 Propiedades físico-químicas de la leche de soya..... | 35 |
| Tabla 6.3 Composición físico-química de la leche y la fracción sólida de la soya.. | 35 |
| Tabla 6.4 Composición físico-química de la leche fresca de vaca..... | 36✓ |
| Tabla 6.5 Composición química del concentrado proteico.. | 39 |
| Tabla 6.6. Propiedades físico-químicas del suero fresco.. | 40 |
| Tabla 6.7 Composición química del suero de quesos..... | 41 |
| Tabla 6.8 Composición química del suero en polvo..... | 44 |
| Tabla 6.9 Composición química de la mezcla sólido-sólido | 47 |
| Tabla 6.10 Composición química de la mezcla líquido-sólido | 47 |
| Tabla 6.11 Resumen de la Composición Química de la soya y el suero en sus diferentes etapas..... | 56 |

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

| | | Página |
|---------|---|--------|
| Fig. 1 | Diagrama de flujo de la obtención de leche de soya | 49 |
| Fig. 2 | Diagrama de flujo y balance de materia para la obtención de proteína concentrada de soya..... | 50 |
| Fig. 3 | Diagrama de flujo y balance de materia para la obtención de suero en polvo..... | 51 |
| Gráf. 1 | Incremento del pH vs. tiempo. Del suero fresco de la elaboración de quesos..... | 52 |
| Gráf. 2 | Incremento del peso vs. tiempo. De la higroscopicidad del suero en polvo..... | 53 |

1. RESUMEN

Durante la presente investigación se ha desarrollado un estudio para enriquecer el suero de la elaboración de quesos con proteína concentrada del residuo de la obtención de leche de soya.

Hemos creído conveniente compilar algunos aspectos generales que tienen que ver con el estudio de ésta investigación. Abarcándose los siguientes tópicos: Generalidades y propiedades de las proteínas de soya que trata del estudio de las - proteínas en lo que se refiere a sus métodos de obtención, - sus propiedades funcionales y comportamiento; subproductos - de la soya, aquí se hace una revisión a los principales subproductos que se obtienen de la soya; suero de quesos de la leche de vaca, que trata sobre una breve revisión a los problemas químicos que acarrea el suero fresco, como también a los aspectos nutricionales y a su utilización.

En lo que se refiere a su parte experimental, se efectuó una serie de ensayos y análisis, en lo que respecta a la soya como tal y a sus diferentes fracciones que permitieron obtener proteína concentrada, la misma que fue utilizada para ser incorporada al suero transformado a polvo por atomización (Spray drying).

Los resultados fueron satisfactorios, se reporta que de 100 Kg. de soya se obtienen 7.75 Kg de proteína concentrada de (55.3%) y con un contenido de humedad de (3.0%).

De 100 Kg. de suero fresco se obtienen 6.075 Kg de suero en polvo con bajo contenido de humedad de 3.7%, Lactosa -

76.1% y de proteína 10.9%. En estas condiciones se ensayaron dos tipos de mezclas sólido-sólido y líquido-sólido (suero--soya) respectivamente.

SUMMARY

During the present research we have developed a study -- in order to enrich the whey of the elaboration of cheeses as concentrated protein from the residue of the obtention of -- milk of soybean.

We have thought convenient to compile some general as-- pects that are related with the study in this research. Ge-- tting acquired with the following topics: Generalities and -- properties of the protein of soybean, that is about the stu-- dy of protein, referring to its methods of obtention, its -- functional properties and behavior; subproducts of the soy-- bean, here we make a review of the main subproducts that are gotten from the soybean; whey of cheeses from the cow's milk, that is about a brief review to the chemical problems that -- brings with it the fresh whey, as well as the nutrition as-- pects and its usage.

In what it si concerned to its experimental part, it was done a series of essays and analysis, in what it is referred to the soybean as such, and to its different fractions, that allowed to get concentrated protein, which was used to be in-- corporated to the whey turned into powder by atomization -- (Spray-drying).

The results were satisfying, it is reported that from-- 100 Kg of soybean we can get 7.75 Kg of concentrated protein from (55,3%) and with a moisture contain of(3%).



From 100 Kg of fresh whey we can get 6.075 Kg of powder whey with a low contain of moisture of 3.7%, Lactose 76.1% and Protein 10.9%. In these conditios we tried two kinds of mixtures, solid-solid and liquid-solid (whey-soybean) -- respectively.

2. INTRODUCCION

La soya (glicine max) en nuestro medio está limitada únicamente a la utilización para extraer aceite (empleado en la alimentación humana), y su harina residual (empleada en la fabricación de piensos).

De muchas investigaciones llevadas a cabo en otros medios, para dar un mejor aprovechamiento a la soya, por su elevado poder alimenticio y emplearla de diferentes formas a éste producto oleaginoso; ha sido de interés de sus autores realizar el presente trabajo, con el fin de subsidiar las necesidades de fuentes proteicas cada día más crecientes en la alimentación del hombre, por tal motivo se está recurriendo a la búsqueda de productos no tradicionales que solventen tales necesidades.

En la presente investigación se aprovecha de la obtención de leche de soya, al residuo para la extracción de proteína concentrada, la misma que posee un interesante balance en aminoácidos esenciales que sirve para enriquecer productos de bajo nivel proteico, como constituye el suero de la elaboración de quesos, que por el contrario contiene una fuente valiosa de lactosa y pequeñas proporciones de proteínas de elevado valor biológico, que al ser transformado y suplementado es ampliamente utilizado en la elaboración de dietas para la alimentación en general.

3. GENERALIDADES Y PROPIEDADES DE LAS PROTEINAS DE SOYA

3.1 PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Las proteínas son sustancias orgánicas de estructura muy compleja que constituyen la parte fundamental del cuerpo animal aunque también - aparezcan en los vegetales. Contienen, al igual que las grasas y los - carbohidratos, oxígeno, carbono e hidrógeno, pero todas ellas tienen además nitrógeno y muchas de ellas azufre¹. Las proteínas están constituidas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces péptidos que al igual que los polisacáridos tienen naturaleza coloidal y iones dipolares.

Las proteínas durante la digestión, se desdoblán en los aminoácidos que los componen y éstos pasan hacia la sangre, que los lleva a las diferentes partes del cuerpo. Allí los a.a. vuelven a combinarse de forma distinta como se encontraban en los alimentos, para formar las proteínas propias del animal.²

3.1.1 PROPIEDADES DE LAS PROTEINAS

Todas las proteínas tienen un peso molecular elevado y naturaleza coloidal. La solubilidad en agua de las proteínas es muy variable; pueden ser insolubles, como la queratina, o muy solubles, como las albúminas. Las proteínas solubles se dispersan añadiendo a la solución ciertas sales. Los grupos amino y carboxílico de los enlaces peptídicos no son funcionales, siempre quedan en las proteínas grupos amino y carboxilo libres, bien como unidades terminales o en las cadenas laterales de los restos amínicos; por lo tanto, las proteínas son anfóteras, igual que los aminoácidos; tienen puntos isoeléctricos característicos y actúan como tampones.

Es posible cambiar el estado natural de las proteínas o desnaturalizarlas. La desnaturalización significa, cualquier modificación no pro

¹ MCDONALD 1975. 49,55.

² HERNANDEZ 1980. 15-16

teolítica en la estructura original de una proteína, que lleva consigo - cambios definidos en las propiedades físicas, químicas o biológicas, ésta definición es dada por Neurath.¹

3.1.2 CLASIFICACION DE LAS PROTEINAS

Se clasifican en tres grupos principales:

- PROTEINAS FIBROSAS.- Son proteínas animales insolubles, muy resistentes a los enzimas digestivos. Están compuestas por cadenas filamentosas, alargadas, unidas entre sí por enlaces transversales. En este grupo se encuentran los colágenos, que son las principales proteínas de los tejidos conectivos; la elastina, que es la proteína que se encuentra en los tejidos elásticos; la queratina, que es la proteína del pelo, uñas, lana y pezuñas.

- PROTEINAS GLOBULARES.- En este grupo se incluyen todos los enzimas, antígenos y hormonas de naturaleza proteínica. Pueden subdividirse en albúmina y globulinas. Las primeras son solubles en agua y coagulables por el calor. Las segundas son insolubles, o escasamente solubles. Las histonas son proteínas básicas que existen en los núcleos asociadas al DNA, al hidrolizarse liberan grandes cantidades de histidina y lisina. Las prolaminas son proteínas básicas de peso molecular relativamente bajo que van asociadas con los ácidos nucleicos y que se encuentran en grandes cantidades en las células germinales masculinas maduras de los vertebrados.

PROTEINAS CONJUGADAS.- Son compuestos que por hidrólisis, además de aminoácidos, liberan grupos no proteicos, llamados generalmente "Grupos prostéticos". Estos grupos prostéticos son de distintos tipos, así tenemos las fosfoproteínas, que contienen ácido fosfórico, las glicoproteínas (un carbohidrato), las lipoproteínas (un lípido), las cromo-

¹ McDONALD. 1975 49,55

proteínas (pigmento) y las nucleoproteínas (un ácido nucleico).¹

3.1.3 AMINOACIDOS

Las proteínas pueden descomponerse totalmente en sus aminoácidos constitutivos al hidrolizarlas con ácidos minerales, álcalis o por la acción catalítica de determinadas enzimas. Se considera que el número de aminoácidos aislados es superior a 100, sin embargo 25 de ellos forman parte de las proteínas.³

Los aminoácidos se caracterizan por poseer un grupo nitrogenado básico, generalmente un grupo amino ($-NH_2$), y un grupo carboxilo ($-COOH$). Se llaman aminoácidos a los que poseen el grupo amino unido al carbono adyacente al grupo carboxilo. Existen dos excepciones la prolina y la hidroxiprolina, que tienen un grupo imino (NH) en lugar del grupo amino.

3.1.4 PROPIEDADES DE LOS AMINOACIDOS

Los aminoácidos tienen carácter anfótero, es decir, poseen propiedades ácidas y básicas al mismo tiempo. En medio ácido fuerte, un aminoácido existe principalmente como catión, mientras que en medio alcalino se presenta como anión. Existe un pH para cada aminoácido, en el cual es eléctricamente neutro. A éste valor se le conoce con el nombre de punto isoeléctrico. Debido a su naturaleza anfótera, los aminoácidos actúan como tampones, oponiéndose a los cambios de pH todos los aminoácidos, excepto la glicina, tienen actividad óptica.

3.1.5 AMINOACIDOS ESENCIALES

Los aminoácidos esenciales son aquellos que no pueden ser sintetizados por los animales, por consiguiente, deben ser suministrados en la dieta. Para una buena nutrición se consideran 10 aminoácidos esenciales, ellos son:

¹ McDONALD. 1975. 56-57

³ BRAVERMAN 1967. 138.

- ARGININA.- Interviene en la espermatogénesis y en la síntesis de la creatina.

-FENILALANINA.- Interviene en la biosíntesis de la melanina, - adrenalina y tiroxina.

- HISTIDINA.- Interviene en la formación de la hemoglobina de la sangre y el metabolismo de los prótidos.

- ISOLEUCINA.- Indispensable para el crecimiento, interviene en la formación del plasma sanguíneo.

- LEUCINA.- Indispensable para el crecimiento y está vinculado con el metabolismo de los prótidos.

- LISINA.- Es indispensable para el crecimiento y la síntesis protoplasmática.

- METIONINA.- Está vinculado con las vitaminas B₁₂ y C y el ácido fólico. Absolutamente indispensable para conservar las integridades hepática y renal, insustituible para la formación de la sangre.

- TREONINA.- Indispensable para la síntesis de las proteínas, es anticirrótico y ayuda a la movilización de las grasas.

- TRIPTOFANO.- Indispensable en la síntesis de las proteínas, está vinculado con la producción de las niacinas, y con la piridoxina (Vitamina B₆).

- VALINA.- Esencial para el balance del nitrógeno en el organismo, indispensable para la coordinación de los movimientos.

3.1.6 PROTEINAS DE LA SOYA

Aproximadamente el 90% de las proteínas en la soya, en su mayor parte globulinas, se encuentran como proteínas deshidratadas.. Las proteínas restantes están compuestas de enzimas intracelulares (lipooxigenasa, ureasa, amilasa), hemoglutininas, inhibidores de proteína y membranas lipoproteicas. La proteína precipitada a pH 4,5 se la denomina tradicionalmente glicina. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que las proteínas de soya son completamente heterogéneas. Los mayores componentes están clasificados de acuerdo a sus propiedades de sedimentación⁴ (Tabla I).

TABLA 3.1

DISTRIBUCION APROXIMADA DE LOS MAYORES COMPONENTES DE PROTEINA DE SOYA

| FRACCION | CONTENIDO % | PRINCIPALES COMPONENTES |
|----------|-------------|--------------------------------------|
| 2S | 8 | Inhibidor de la Tripsina, Citocromo. |
| 7S | 35 | Lipooxigenasa, Amilasa, Globulinas |
| 11S | 52 | Globulinas |
| 15S | 5 | Polímeros |

Los componentes de bajo peso molecular, por ejemplo, 2S están compuestos de inhibidores de la tripsina, citocromo y otras globulinas. Los inhibidores de la tripsina son importantes en relación a la utilización de las proteínas de soya, desde el punto de vista nutricional y funcional. Estas deben ser térmicamente inactivadas para facilitar la digestibilidad.

⁴ KINSELLA. 1979. 242-243

Las proteínas 7S (Coglicina) y 11S (Glicina), son los principales componentes de la proteína de soya. Se han utilizado varios métodos para preparar proteínas ricas en fracciones 7S y 11S, las cuales poseen significancia práctica en aplicaciones alimenticias⁴.

3.2. EXTRACCION DE LA PROTEINA DE SOYA

La extractibilidad de las proteínas de soya está influenciada por una variedad de factores tales como, tratamiento de tostación de la harina, tamaño de las partículas, tiempo de almacenaje de la harina, tiempo y temperatura de extracción, relación solvente-harina, pH, concentración de sales, y método de extracción del aceite, etc.⁵ Influyen estos factores en la dispersión de los constituyentes nitrogenosos.

-Tratamiento de tostación de la harina. Para obtener un valor nutricional óptimo y aceptabilidad al consumidor, es necesario que los granos de soya sean descascarados, y ligeramente cocidos en calor seco⁶, debe evitarse el calor húmedo y solventes como los alcoholes y acetona.

-Tamaño de las partículas. Tiene marcado efecto en la eficiencia de la extracción, un tamaño de malla de 100 o superior, se recomienda para una máxima extracción de proteína.

-Solvente. Las soluciones alcalinas acuosas son normalmente usadas en gran escala y solución diluída de hidróxido de calcio a 55°C, son las más eficientes para la extracción de proteínas. La naturaleza del solvente influye en las propiedades de las proteínas que actúan como agentes precipitantes. El agua extraída de la proteína cruda, en estado húmedo,

⁴ KINSELLA. 1979. 242-243

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 97-98

⁶ PINTAURO. 146.

ocupa alrededor de la mitad de su volumen extraído⁷.

-pH. Se han obtenido altos rendimientos de extracción de proteínas ajustando el pH del solvente alrededor de 9.0. La dispersión de la proteína se incrementa gradualmente con el aumento del pH alcanzando un máximo rendimiento alrededor de pH 11.0. Sin embargo, algunas patentes prescriben un rango de pH entre 7.0 a 7.6 para el extracto⁷.

-Sales. A un mismo pH, la proteína natural aislada no hidrolizada es considerablemente menos soluble en agua, que la proteína original de la harina desgrasada. Esta diferencia ha sido atribuida a la presencia de fosfato de potasio, sales dializables y lecitina en la harina de soya natural y además a la parcial desnaturalización de las proteínas durante la aislación. La constitución de la fitina es de sales de Ca-Mg-K del ácido fítico, existiendo en una forma compleja con la proteína de soya, el 70% del total de fósforo en la soya existe en la forma de fitina⁷.

-Tiempo y temperatura de extracción. Sobre los rangos de 15-35°C de temperatura, el nitrógeno total extraído incrementa aproximadamente 0.25% por grado, la extracción alcanza un máximo valor a 80°C. Sin embargo los rangos más aconsejables son entre 55-60°C de temperatura. Si similarmente, la cantidad de nitrógeno extraído incrementa regularmente en los primeros 30 minutos, alcanzando cercanamente un nivel constante después de 45 minutos⁷.

-Relación harina-solvente. Para muchos estudios de laboratorio, una relación 1:10 harina-solvente es adecuada, con o sin una segunda extracción a una relación 1:5. Una relación 1:20 o 1:40 pueden dar mayor cantidad del total de proteína, pero resultan soluciones más diluidas⁵.

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 98.

⁷ DE S.S. 1971. 114.



-Extracción del aceite. En la extracción del aceite en las etapas del acondicionamiento de la harina y posteriormente a la desolventización, cuando es realizada defectuosamente ocurre cierto grado de desnaturación de las proteínas. La alta temperatura en el tostador, en presencia de humedad, desnatura las proteínas y hace a la harina inadecuada para aislar su proteína.

Para la extracción de las proteínas existen varios métodos de fraccionamiento, de los cuales se detallan brevemente a continuación.

3.2.1. METODOS DE FRACCIONAMIENTO

3.2.1.1. PRECIPITACION FRACCIONADA

-Precipitación isoeléctrica. La precipitación de las proteínas de soya, de los extractos acuosos o alcalinos (solución diluida de hidróxido de sodio) por acidificación a pH de 4.0-4.2 se precipita alrededor del 90% de la proteína extractable. La precipitación isoeléctrica es útil para la concentración de globulinas y para la separación de constituyentes menores, tales como azúcares y sales, los cuales son extraídos de la harina juntamente con las proteínas⁵.

-Uso de cationes de metal. Se han utilizado como precipitantes de las proteínas los cationes de metal, principalmente los de calcio y magnesio. Smith encontró que a 0.0175N de cloruro de calcio se precipitaba alrededor del 80% de las proteínas, sin poderlas identificar. Wolf y Briggs demostraron que la proteína precipitada por el ion de calcio es principalmente el componente 11S. Un estudio más detallado reveló, que las fracciones 11S y 15S son cuantitativamente precipitadas por la adición de cloruro de calcio a 0.1N y luego enfriamiento, sin embargo -
bajo estas condiciones se precipitan alrededor de 1/3 de 2S y 1/2 de la

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 100

fracción 7S.

-Crioprecipitación. Consiste en llevar la extracción a una relación más alta de harina-agua, (harina de soya desgrasada), operando primero - entre 25-40°C y luego enfriando el extracto a temperaturas cercanas a 0°C. Este método sirve para la purificación parcial de las proteínas extraídas principalmente la 11S.

Existen otros métodos de precipitación con sulfato de amonio y solventes orgánicos.

3.2.1.2. EXTRACCION FRACCIONADA

Mediante éste método los niveles de extractibilidad de las proteínas, muestran una pronunciada reducción en la solubilidad utilizando cloruro de calcio y sodio.

Cuando la harina de soya dispersa en agua, con suficiente ácido clorhídrico para alcanzar pH 4.5 únicamente alrededor del 10% de los compuestos nitrogenosos se disuelven, si se adiciona cloruro de calcio ó - sodio para diluir la acidez, la cantidad de nitrógeno extraíble aumenta linealmente con el incremento de la concentración de sales.

3.3 DESNATURALIZACION DE LAS PROTEINAS

La desnaturalización se la interpreta como un cambio principal de la estructura natural de la proteína, sin alteración de la secuencia aminoácida⁵.

3.3.1 DESNATURALIZACION POR CALOR

Cuando la harina de soya se encuentra en una misma proporción - en peso con agua, es esterilizada en autoclave sobre 100°C, la proteína

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 128

soluble en agua decrece a un mínimo y luego se incrementa otra vez cuando se continúa el calentamiento. Del mismo modo, calentando a 100°C con mayores cantidades de agua, se solubilizan grandes cantidades de prote^ína aún después del calentamiento por 30 minutos. Un calentamiento prolongado sobre 100°C resulta en un subsecuente incremento en la solubilidad de la proteína, debido a la disociación y degradación de los polipéptidos⁴.

3.3.2. DESNATURALIZACION POR pH

La entalpía de la desnaturalización de las proteínas de soya, es máxima a un pH cercano a 7.0 y mínimo a extremos de pH, cabe anotar que el pH influye en la desnaturalización térmica. Las sales estabilizan las globulinas contra la desnaturalización por el calor, incrementando las concentraciones de sales desde 0.05 a 2.0 M y aumentada la temperatura de desnaturalización de 77 a 100°C de la fracción 7S y de 92 a 113°C de la fracción 11S a pH 7.0⁴.

3.3.3. DESNATURALIZACION POR SOLVENTES ORGANICOS

Los solventes orgánicos, particularmente las mezclas acuosas de bajo peso molecular, como los alcoholes⁴ (Metanol a Butanol), la fracción globulina es el grupo de proteínas que es más afectada por éstos -- alcoholes produciendo una fácil desnaturalización de las mismas. La desnaturalización aumenta a medida que se incrementa la longitud de cadena de los alcoholes. Los solventes inmiscibles en agua son desnaturalizantes débiles, pero los solventes miscibles en agua en combinación con agua son fuertemente desnaturalizantes que los solventes puros.

⁴ KINSELLA. 1979. 244

3.4. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEINAS DE SOYA

Actualmente se han desarrollado una gran variedad de alimentos a partir de proteína y subproductos de la soya, las mismas que deben tener propiedades intrínsecas aceptables, tales como sabor, textura, color, buen valor nutritivo y propiedades funcionales para una variedad de aplicaciones; gelación en carnes molidas, emulsificación en cremas para café, y espumante en helados de crema.

En algunas aplicaciones se requieren además una serie de propiedades, tales como: solubilidad, viscosidad, retención de agua, gelación, y turgencia.

3.4.1. SOLUBILIDAD

El tratamiento por calor, especialmente con calor húmedo, rápidamente insolubiliza las proteínas de soya. Sin embargo, el tratamiento de calor es necesario para desolventizar, inactivar los compuestos anti-nutricionales y para mejorar el sabor de las harinas de soya. La harina de soya no tratada con calor, posee alta actividad lipooxigenasa y un desagradable sabor, tiene limitadas aplicaciones.

La proteína de soya calentada sobre los 120°C a un pH 11 por algún tiempo, puede ser muy soluble, pero sus propiedades funcionales son deterioradas debido a la disgregación e hidrólisis de las proteínas. La precipitación por ácido causa la insolubilización de cantidades significativas de globulinas, particularmente las fracciones 7S y 2S. El tratamiento por álcali generalmente mejora la solubilidad de las proteínas de soya, particularmente si el pH excede a 10.5 pero causa disociación y disgregación de las proteínas.

El pH y el poder iónico del solvente acuoso tiene el más significa

tivo efecto, en el comportamiento de solubilidad de las proteínas de soya ; las sales a ciertas concentraciones críticas (Cloruro de sodio 0.5M y cloruro de calcio menor a 0.1 M) cuando son añadidas a las proteínas - de soya en un rango de pH 4.0 a 5.0, dan los máximos rendimientos⁴.

3.4.2. VISCOSIDAD

El conocimiento de la viscosidad y las propiedades de flujo de las dispersiones de proteínas, son de significancia práctica en la formulación de productos, control de la textura en el proceso, propiedades de gustativas, condiciones que afectan la conformación y propiedades hidrodinámicas. La viscosidad puede ser utilizada para evaluar el espesamiento de las proteínas de soya, que son de práctico interés en los alimentos fluidos (sopas, bebidas y batidos) y carnes molidas. La viscosidad de las dispersiones de proteínas está principalmente influenciada, - por las propiedades hidrodinámicas de los componentes proteínicos, como: peso molecular, radio axial, relación de fricción e hidratación y conformación de la molécula; que están influenciadas por la temperatura, pH, - poder iónico y tratamiento del proceso⁴.

3.4.3. ABSORCION DE AGUA

La absorción de agua se la define, como el agua absorbida por la proteína seca, después que ha alcanzado su equilibrio frente al vapor de agua de una humedad relativa conocida. Las proteínas hidratadas están rodeadas por una envoltura hidratante compuesta de varias capas de agua⁴.

3.4.4. RETENCION DE AGUA

En relación a la absorción de agua, las preparaciones de soya

⁴ KINSELLA. 1979. 248-249

poseen capacidades de retención de agua es decir, la capacidad para mantener físicamente el agua frente a la gravedad. Esto está relacionado a la viscosidad, influenciado por el pH, poder iónico y temperatura. La capacidad de retención de agua aumenta con la concentración de la proteína. La máxima capacidad de retención de agua de la proteína, ocurre a pH 7.0 y entre 35-55°C⁴.

3.4.5. TURGENCIA

Cuando las proteínas de soya absorben agua, éstas se hinchan. Se denomina turgencia, a la expansión de las partículas de proteína por imbibición de agua, como un índice de absorción de agua. La turgencia es una importante propiedad funcional en los alimentos, las proteínas deberían embeberse y mantener agua sin disolverse y corrientemente impartir consistencia y viscosidad. La gelación y el secado de la proteína de soya, mejora el rendimiento de la turgencia. Los factores que influyen en la turgencia y viscosidad son la concentración de proteína, pH y posiblemente la temperatura⁴.

3.4.6. GELACION

Los geles de proteína están compuestos de matrices tridimensionales o retículos enlazados, parcialmente asociados con polipéptidos, en los cuales el agua está unida. Los geles se caracterizan por tener una viscosidad relativamente alta, plasticidad y elasticidad. La capacidad de la proteína para formar geles y proveer una matriz estructural para retener el agua, sabores, azúcares e ingredientes alimenticios, es útil para aplicaciones de alimentos y nuevos productos en desarrollo. Las dispersiones de proteína de soya, forman verdaderos geles por calentamiento y enfriamiento, y por diálisis seguido de tratamiento de álcali a pH

⁴ KINSELLA. 1979. 249-250.

mayor que 11.0. Los coágulos semejantes a geles (tofur), están formados por la coagulación causada por el calcio de la dispersión de proteína - de soya calentada, por ejemplo la leche de soya. La gelación en contraste con la coagulación (agregación casual), denota una mejor reasociación de los polipéptidos desdoblados. En el caso de las proteínas de soya, ζ un calentamiento inicial, sobre 60°C es necesario para causar disociación de las globulinas cuaternarias, produciéndose el desdoblamiento de los - polipéptidos de las subunidades de proteína, con un incremento en viscosidad⁴.

⁴ KINSELLA. 1979. 251

4. SUBPRODUCTOS DE LA SOYA

4.1 HARINA DE SOYA

La harina de soya es un producto finamente molido, obtenido de los cotiledones sin desgrasar o escamas desgrasadas, la cual, de acuerdo a los estándares establecidos por la Soy Food Research Council, estipula que el 97% del producto debería pasar a través de un tamiz de malla N°100.

4.1.1 TIPOS Y COMPOSICION

Los principales tipos de la harina de soya son:

1) Harina de soya desgrasada. La cual es procesada a partir de granos de soya amarillos, sanos, limpios y descascarados, sometidos a tratamiento térmico, escamado, extracción por solvente, desolventización y finalmente reducido a harina. Generalmente contiene menos del 2% de aceite residual en la harina.

2) Harina de soya sin desgrasar. La cual es procesada a partir de granos seleccionados que son llevados a un grado de humedad del 5%, pasados a través de un rodillo quebrantador y descascarador, tratados térmicamente con vapor, secado y molido en molino de martillos para lograr una granulometría que el 97% del producto pase a través de malla N° 100.

Existen otros tipos de harinas de soya por adición posterior de aceite y lecitina a la harina de soya desgrasada a niveles específicos.

4.1.2. TRATAMIENTO POR CALOR HUMEDO

El tratamiento de calor afecta la actividad de las enzimas, sabor, color, valor nutricional y dispersión de la proteína en el agua. El grado de tratamiento de calor dado a las escamas de soya, en la preparación de la harina, está dado por la dispersión de sus compuestos ni

trogenosos en el agua y por su actividad ureasa.

El tratamiento térmico ideal, es alrededor de 100°C por 15 minutos- que a su vez sirve para mejorar el sabor de la harina y al mismo tiempo- incrementa el valor nutricional a su óptimo.

4.2. PROTEINA CONCENTRADA

La proteína de soya concentrada es definida como "El producto - preparado a partir de granos de soya de alta calidad, íntegros, limpios, descascarados y eliminación de la mayor cantidad de aceite y compuestos no proteicos solubles en agua, conteniendo un porcentaje de 50-70% de - proteína del producto seco".⁵

Existen tres métodos principales para la obtención de proteína concentrada de soya: lixiviación con agua, lixiviación con solución acuosa de alcohol y lixiviación en ácido. Existen algunos factores que influ-- yen en el rendimiento del producto y del proceso; entre éstos se inclu-- yen los siguientes:

El pH del medio de extracción, el agente alcalino usado para ajustar el pH, la temperatura, tamaño de las escamas o harina, tiempo de contac-- to de las escamas y solvente, relación escamas-solvente y porcentaje de proteína dispersa en agua en las escamas⁸.

4.3 PROTEINA AISLADA

La proteína de soya aislada es definida como "La mejor fracción proteínica de soya preparada de granos de alta calidad, íntegros, limpios, descascarados y eliminando preponderantemente los compuestos no protei--

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 316.

⁸ COLE. 1973. 389-391.



cos, que contendría un porcentaje de 70-90% de proteína del producto seco".⁵

El aislado proteico es considerado superior a los anteriormente descritos para muchos usos, por poseer un elevado tenor proteico, ser suave al paladar y de color blanco, propiedades que permiten un amplio rango de aplicaciones. Además se caracteriza por su capacidad para impartir ciertas propiedades funcionales tales como, formación de espuma, gelificación, absorción de agua, retención de grasas, etc.

El método de obtención de éste aislado es llevado a cabo en un medio acuoso o medio acuoso alcalino bajo las condiciones de temperatura, relación sólido-líquido, pH, reactivos alcalinos, y otros factores. Seguidamente se acidula el extracto clarificado utilizando los ácidos más comunes, tales como (sulfúrico, clorhídrico, fosfórico y acético), hasta un pH 4-5, se lava el precipitado obtenido y se seca a spray.

Las condiciones en que se lleven a cabo la extracción, precipitación y secado, influye en la desnaturalización de las proteínas y consecuentemente en las propiedades que tendrá el aislado.⁹

4.4. LECHE DE SOYA

La leche de soya, en el sentido tradicional, es una simple extracción acuosa a partir de soya entera⁵, en la que la proteína y el aceite se extrae en la misma relación presentándose en forma de emulsión.⁶ La leche de soya ha sido de considerable interés para los nutricionistas,

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 319-320, 238

⁶ PINTAURO. 146

⁹ GONZALEZ Y OTROS. 1977. 34.

como un posible sustituto de la leche de vaca o humana, particularmente en la alimentación de infantes. La leche de soya y la leche de vaca tienen aproximadamente el mismo contenido proteico (3.5-4.0%), y una composición comparable de aminoácidos de éstas proteínas; la principal deficiencia de la proteína de soya es en los aminoácidos azufrados, en consecuencia la adición de metionina eleva su valor nutritivo, esencialmente al mismo nivel que la leche de vaca. El máximo valor nutritivo de la proteína de leche de soya se alcanza dentro de 5-10 minutos cuando se la calienta a la leche a 121°C ó en 60 minutos a 93°C, condiciones en las cuales se inactiva alrededor del 90% del inhibidor de la tripsina⁵.

⁵ SMITH AND CIRCLE. 1972. 238

5. SUERO DE LECHE DE QUESOS

5.1 PROBLEMAS QUIMICOS DEL SUERO

5.1.1. ELIMINACION DEL AGUA

Cuando el suero de quesos va a ser utilizado, el problema químico surge de inmediato por el hecho que aproximadamente el 93-94% de éste producto es agua. El agua es eliminada convirtiéndose en una fase de vapor. Con la deshidratación del suero, se tiene el problema de la transferencia del calor y masa, la cual puede ser realizada eficientemente - eliminando parte del agua por ebullición bajo vacío previo a la etapa final de secado con los equipos Spray-Drying o secador de tambor. Para obtener una libra de sólidos de suero es necesario eliminar 15 libras de agua del suero.

5.1.2. LACTOSA

En términos químicos la lactosa es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y una de galactosa, y tiene un grupo reductor activo. La lactosa o azúcar de leche es exclusivamente un producto de la glándula mamaria. La glándula mamaria contiene un sistema enzimático capaz de transformar la glucosa en galactosa, que entonces se une con otra molécula de glucosa para dar la lactosa¹.

La lactosa se presenta en las formas α y β ; entre ambas existe un equilibrio en solución acuosa. Este equilibrio se rompe a más de 93.5°C transformándose la α lactosa en β lactosa. Por debajo de esta temperatura puede cristalizar la lactosa en forma de monohidrato de α lactosa. Este producto de la cristalización representa la lactosa comercial; éste disacárido tiene un poder edulcorante muy reducido (aproximadamente el -

¹ McDONALD 1975. 26,313.

15% del que posee la sacarosa). La solubilidad respecto a otros azúcares es de 1:6¹⁰. Cuando el suero se seca rápidamente, en corto tiempo ocurre la cristalización de la lactosa, y ésta aparece en el polvo del suero en la forma de un cristal, es una forma muy higroscópica y su presencia en la humedad del aire hace difícil su manejo¹¹.

5.1.3. PROTEINA

Después de la lactosa, la siguiente fracción más importante del suero es la proteína. El principal interés en la utilización del suero se debe en efecto que la fracción proteica de éste material se encuentran presentes cuatro distintas proteínas. Estas son β 1actoglobulina, α lactoalbúmina, globulinas inmunes y seroalbúmina de bovino¹¹.

Estas proteínas solubles son de peso molecular relativamente bajo a sus puntos isoeléctricos cuando se encuentran en su forma natural¹¹.

5.2 ASPECTOS NUTRICIONALES DEL SUERO

El suero posee nutrientes de elevada calidad, que permiten la suplementación de otros subproductos destinados a la alimentación de una gran población del mundo, así como también orientado a la alimentación animal.

5.2.1. COMPARACION CON LA LECHE NO GRASA EN POLVO

La tabla 5.1 muestra los contenidos aproximados de los mayores nutrientes del suero en polvo y la leche no grasa en polvo, anotándose que los valores dados para el suero varían dependiendo del tipo de suero, sean éstos dulce o ácido.

¹⁰ SPREER. 1975. 14.

¹¹ GILLIES. 1974. 84-86.

TABLA 5.1¹¹

| NUTRIENTES | SUERO EN POLVO* % | LECHE NO GRASA EN POLVO ** % |
|------------|----------------------|---------------------------------|
| Proteína | 12.9 | 35.8 |
| Grasa | 1.1 | 0.7 |
| Ceniza | 8.0 | 7.9 |
| Agua | 4.5 | 4.0 |
| Lactosa | 73.5 | 51.6 |

* 350 calorías/100 g

** 359 calorías/100 g

Como puede apreciarse el contenido total de proteína del suero es - mucho más baja que la leche no grasa (alrededor de una tercera parte). - Los tipos de proteínas de ambos productos son diferentes; así, la principal proteína de la leche es la caseína, mientras que en el suero son - principalmente la lactoalbúmina y lactoglobulina.

5.2.2. CONTENIDO DE LACTOSA

La caseína es precipitada de la leche durante la manufactura -- del queso, mientras que la lactosa permanece en el suero y por consiguien - te llega a ser el mayor nutriente del suero seco. El alto contenido de - lactosa en el suero puede crear serios problemas para la alimentación hu - mana. Muchos grupos de gentes en algunos países no pueden tolerar la - lactosa, esta intolerancia parece ser el resultado del comportamiento ge - nético como es la enzima intestinal lactasa, que falla en su función bio - catalizadora.¹¹

En general, la intolerancia de la lactosa causa síntomas de envane-

¹¹ GILLIES. 1974. 78-79.

cimiento, calambres, hinchamiento y diarreas en el individuo conduciéndolo a rechazar la leche.¹¹

5.2.3 CONTENIDO DE VITAMINAS Y MINERALES

El suero seco es una buena fuente de vitaminas-B, particularmente en riboflavina, aunque no es rica en vitamina A debido a que la mayor fracción de grasa queda en los quesos¹¹. Otras vitaminas de importancia son: tiamina, niacina y ácido pantoténico.

Una buena parte de los elementos minerales contenidos en la leche íntegra pasa, después de la fabricación de los quesos, al suero. Sin embargo, no es una buena fuente en lo que se refiere al calcio y fósforo; debido a la precipitación del caseinógeno en los coágulos se lleva a cabo bajo la forma de paracaseinato de calcio, a pesar de todo, queda en el suero una cantidad rica y variada de trazas de minerales tales como cobalto, cobre, manganeso y zinc, los cuales son requeridos para una buena nutrición. La Tabla 5.2 muestra la composición aproximada de minerales.¹²

TABLA 5.2¹¹

| MINERALES | SUERO EN POLVO (mg/100g) | REQUERIMIENTO APROXIMADO PARA NIÑOS DE 10Kg (mg/día) |
|-----------|-----------------------------|--|
| Calcio | 646 | 600 |
| Hierro | 1.4 | 10 |
| Magnesio | 130 | 100 |
| Fósforo | 589 | 700 |
| Sodio | 700 | 400 |

¹¹ GILLIES. 1974. 80-81.

¹² PICCIONI 1970. 689.

5.2.4 CONTENIDO DE PROTEÍNA.

En la actualidad muchas mezclas de proteína enriquecidas o procesadas como suplementos para el enriquecimiento de dietas de baja proteína como es el caso del suero en polvo, se suelen incorporar para formar mezclas nutritivas.

Al suero se lo utiliza como uno de los principales ingredientes, para mezclas de productos nutritivos, especialmente en la alimentación dedicada a los niños el mismo que puede incorporarse en un 16%.

5.2.5. CONTENIDO DE AMINOACIDOS

Cuando se habla acerca de la suplementación de proteína en la dieta, no solamente se considerará el incremento de la cantidad total de proteína sino también la calidad de proteína. Calidad de proteína, significa las cantidades de aminoácidos esenciales que las proteínas contienen¹¹.

Los aminoácidos esenciales son aquellos que construyen bloques de tejidos de proteínas, los cuales no pueden ser sintetizados en suficientes cantidades por el cuerpo para construir estos tejidos y por consiguiente deben ser suministrados en la dieta.¹¹

La tabla 5.3 muestra el contenido en aminoácidos esenciales existentes en el suero en polvo, como también el requerimiento diario aproximado para niños de 10 Kg.

¹¹ GILLIES. 1974. 82.

TABLA 5.3*

| MINERALES | SUERO EN POLVO (g/100 g) | REQUERIMIENTO APROXIMADO PARA NIÑOS DE 10 Kg (g/día) |
|----------------------------|------------------------------|---|
| Histidina | 0.175 | 0.320 |
| Isoleucina | 0.716 | 0.900 |
| Leucina | 1.039 | 1.500 |
| Lisina | 0.936 | 1.050 |
| Metionina | 0.264 | 0.650 |
| Total de a.a. Azufrados | 0.554 | 1.550 |
| Fenilalanina | 0.368 | 0.900 |
| Treonina | 0.726 | 0.600 |
| Triptófano | 0.230 | 0.220 |
| Valina | 0.716 | 0.930 |

* Fuente obtenida de GILLIES. 1974. 82.

Como puede verse en la tabla el suero no cubre las necesidades del requerimiento aproximado de un niño, por consiguiente el suero siempre está presente en mezclas con cereales u otros productos.

5.3 UTILIZACION DEL SUERO

El suero como un subproducto de la elaboración de los quesos, tiene gran utilización en la alimentación humana y animal, el mismo que puede ser transformado en suero concentrado o suero en polvo para ser incorporado en mezclas nutritivas o directamente como suero, si su disponibilidad, desarrollo y economía así lo determine.

5.3.1. EL SUERO EN LA ALIMENTACION HUMANA

Tiene especial utilización en la elaboración de la mayoría de-

papillas alimenticias para los infantes.

El suero en polvo es incorporado hasta un 7% de la mezcla en la manufactura del pan que es utilizado en algunos países de Europa. El suero en polvo imparte un benéfico efecto en el aroma, sabor, mejoramiento de constitución y volumen del pan.

El suero también se lo utiliza en la manufactura de confituras tipo caramelo incorporándose hasta un 15% de los ingredientes.

En la elaboración de bebidas se lo utiliza al suero combinado con cítricos como el jugo de naranja más un estabilizador, proporcionan una bebida similar en sabor y apariencia al jugo de naranja que posee un contenido de proteína igual al de la leche fresca, como también bebidas a base de suero-soya, etc.

5.3.2. EL SUERO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

El suero puede ser utilizado directamente concentrado o en polvo. El suero en polvo concentrado tiene una gran aplicación para reemplazar la leche en los terneros. También se lo utiliza al suero en polvo en raciones para los pollos Broiler hasta niveles del 8%.

En particular se utiliza el suero en la formulación de piensos compuestos.

6. ANALISIS Y ENSAYOS EXPERIMENTALES PARA EL ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DEL SUERO DE QUESOS.

Con motivo de dar un mejor aprovechamiento del suero, como un subproducto de la elaboración de quesos, a partir de la leche de vaca considerándose, que después de su procesamiento, queda grandes cantidades de suero disponible, el mismo que en nuestro medio es limitante su utilización, tanto para la alimentación destinada al hombre como a los animales. Para facilitar su uso es conveniente deshidratarlo, si su disponibilidad y aspectos económicos así lo permitan, obteniéndose de este modo un producto seco (suero en polvo), con un contenido proteico de 10.8-11.0% y una humedad de 3.7% condiciones que favorecen un mejor manejo, conservabilidad y aprovechamiento para la elaboración de dietas para los humanos y animales.

El elemento de mayor importancia del suero en polvo, es la lactosa 76.1% razón por la cual éste producto es empleado en la alimentación principalmente de los infantes (papillas) y en los animales tiernos. El nivel proteico del suero en polvo es bajo, aunque el valor biológico del mismo es de invalorable calidad; para elevar éste nivel de proteína es necesario suplementarlo con cereales u otros productos, que en la presente investigación se ha realizado a partir de la proteína del residuo de la obtención de la leche de soya.

6.1 EVALUACION QUIMICA DE LA SOYA

La soya utilizada para la obtención de la leche y la posterior operación en la obtención de proteína, responde a la variedad Wayne, propia para la elaboración de ésta bebida. La soya constituye uno de los productos de mayor importancia y utilidad en la búsqueda a satisfacer las exigencias proteicas de productos no tradicionales en la alimentación.

Los datos siguientes que se muestran en la Tabla 6.1 indican la versatili-
dad de éste producto.

TABLA 6.1 Composición química de la soya

| A N A L I S I S | X % | σ |
|-------------------------|--------|----------------------|
| MATERIA SECA | 91.30 | 2.0×10^{-1} |
| PROTEINA | 37.45 | 1.5×10^{-1} |
| EXTRACTO ETereo | 19.74 | 3.1×10^{-1} |
| CENIZAS | 5.99 | 3.1×10^{-1} |
| FIBRA BRUTA | 8.11 | 3.8×10^{-1} |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 20.02 | ---- |

Los resultados obtenidos de la tabla, obedecen a un promedio de tres
observaciones por análisis.

6.2 OBTENCION DE LA LECHE DE SOYA

La soya responde a la siguiente clasificación taxonómica.

DIVISION: II (Angiospermas)

CLASE: Dicotiledoneas

ORDEN: Fabales

FAMILIA: Fabáceas

GENERO: Glicina Soja L.

ESPECIE: Glicina max

Para la obtención de la leche de soya, fue necesario una selección
previa de los granos, para posteriormente seguir la siguiente secuencia
de operaciones.

6.2.1 MACERACION

Los granos previamente seleccionados, se les da un tratamiento de maceración en un recipiente, en una relación soya:agua de 1:4, por es pacio de 6 horas manteniendo una temperatura de 60°C y pH 8.0 para alcanzar el pH indicado se añade lentamente bicarbonato de sodio al 0.5%. Es ta operación tiene por objeto el ablandamiento de los granos.

6.2.2. DESCASCARADO

Luego de macerados los granos de soya fueron descascarados manualmente y en húmedo. Tiene la finalidad de mejorar el sabor y olor del producto, características que determinan su aceptabilidad.

6.2.3. INACTIVACION ENZIMATICA

Los granos de soya, luego de ser descascarados y por espacio de 10 minutos se introducen en un recipiente que contiene agua hirviendo, inmediatamente después se procede al enfriamiento de los granos por inmersión en agua fría. El fin principal de ésta operación es inactivar el inhibidor de la tripsina.

"La inactivación es ejecutada por tratamiento térmico con vapor a 100°C por 15 minutos, ésto es necesario para destruir la actividad inhibidora de la tripsina y obtener una máxima eficiencia de proteína. Cuando los granos enteros han sido embebidos de agua durante la maceración, es suficiente un tiempo de tratamiento térmico de 5-10 minutos a la presión atmosférica".*

"El enzima inhibidor de la tripsina, tiene efectos fisiológicos y nutricionales, así: causa inhibición en el desarrollo, reducción de la energía metabolizable de la dieta, reducción de absorción de grasa, en

* SMITH AND CIRCLE. 1972. 170.

grandamiento del páncreas, y estimula la hipersecreción de las enzimas-pancreáticas.**

6.2.4. TRITURACION

Los granos se trituraron licuándolos con agua, hasta llegar a una relación 1:9 incluyéndose el agua retenida en los granos durante la maceración. El tiempo de contacto agua-sólidos en el licuado fue por 10 minutos, aumentándose de éste modo un mejor rendimiento.

6.2.5 SEPARACION DE LA FRACCION SOLIDA (RESIDUO)

Para la obtención de la leche, se separan los sólidos solubles en el agua de los insolubles, utilizando para ello un tamiz de malla 115. La fracción líquida constituye la leche de soya, la misma que debe ser tratada a posteriores operaciones para poder ser utilizada a la alimentación humana. La fracción sólida constituye el residuo de la obtención de la leche, que es utilizada para la extracción de la proteína.

6.2.6 CONCENTRACION

Por la no disponibilidad de un concentrador a la leche de soya se le da un tratamiento de concentración a una temperatura de 94-97°C por espacio de 1 hora a la presión atmosférica, con esta operación se logra una mayor eficiencia en la inactivación enzimática del inhibidor de la tripsina.

6.2.7 ANALISIS DE LA LECHE DE SOYA

6.2.7.1 ANALISIS FISICO QUIMICO DE LA LECHE

Los resultados reportados en la tabla 6.2 responden a un pro

** SMITH AND CIRCLE. 1972. 171.

medio de tres observaciones, que indican una semejanza al de la leche fresca de vaca.

TABLA 6.2 Propiedades Físico-Químicas de la leche de soya

| A N A L I S I S | \bar{X} | σ |
|---------------------|--------------------------|----------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 1.0165 g/cm ³ | 1.5x10 ⁻³ |
| VISCOSIDAD | 7.10 cp | ---- |
| pH | 6.3 | 5.0x10 ⁻² |

6.2.7.2 EVALUACION QUIMICA DE LA LECHE Y LA FRACCION SOLIDA DE LA SOYA

Los datos reportados corresponden a un promedio de tres observaciones, ésta composición es semejante a la leche fresca de vaca. La fracción sólida tiene como componentes de mayor importancia su contenido en proteínas y grasa según muestra la Tabla 6.3.

TABLA 6.3 Composición química de la leche y la fracción sólida de la soya

| A N A L I S I S | L E C H E | | F R A C C I O N S O L I D A | |
|-------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | \bar{X} % | σ | \bar{X} % | σ |
| MATERIA SECA | 11.60 | 1.0x10 ⁻² | 93.00 | ----- |
| PROTEINA | 3.13 | 1.0x10 ⁻² | 38.60 | 2.0x10 ⁻¹ |
| EXTRACTO ETereo | 3.46 | 8.0x10 ⁻³ | 21.3 | 1.0x10 ⁰ |
| FIBRA BRUTA | 0.11 | --- | 7.84 | 2.6x10 ⁻¹ |
| CENIZAS | 0.58 | 4.0x10 ⁻¹ | 4.61 | 2.7x10 ⁻¹ |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 4.31 | --- | 20.80 | ---- |

A continuación se reporta una tabla de la evaluación físico-química

ca de la leche fresca de vaca.

TABLA 6.4 Composición físico-química de la leche fresca de vaca*

A N A L I S I S

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA | 1.0301-1.0302 g/cm ³ |
| ACIDEZ (SH) | 7.0 - 8.0 % |
| pH | 6.2 - 6.5 |
| MATERIA SECA | 11.83% |
| PROTEINA | 3.3% |
| EXTRACTO ETereo | 3.4% |
| CENIZAS | 0.8% |
| EXTRACTO NO NITROGENADO (lactosa) | 4.33% |

* Los datos reportados en la Tabla 6.4 son el resultado de análisis de la leche producida en el Proyecto Villonaco de la U.T.P.L.

6.3. EXTRACCION DE PROTEINA DEL RESIDUO DE LA LECHE DE SOYA

Una vez separada la leche de la fracción sólida (residuo) de la soya, el paso siguiente es la obtención de la proteína del residuo; operación realizada, en base al proceso GLIDDEN con modificaciones en su parte inicial, ya que también nuestro objetivo secundario fue además obtener la leche de soya.

6.3.1 PROCESO DE EXTRACCION

El proceso esencialmente consiste, en disolver la proteína de la fracción sólida, por sucesivas extracciones con agua, ajustando el pH de los extractos combinados al punto isoelectrico de las proteínas y posteriormente separar el licor de la proteína precipitada. El concentrado

seguidamente es secado y molido.

6.3.1.1 MACERACION DEL RESIDUO

Al residuo (embebido de agua) se le adiciona agua en una relación 1:5 con un pH de 8, que se consigue agregando una solución 0.5% de bicarbonato de sodio. El tiempo de maceración se mantuvo por 10 minutos a 27°C. Esta operación tiene por objeto la dispersión de las proteínas en el agua.

6.3.1.2 FILTRACION

Cumplida la maceración se procede a separar el licor del filtrado que contiene la proteína en dispersión, utilizando para ello un tamiz de malla 115. Este licor se utiliza para la precipitación de la proteína. El residuo es prensado, consiguiéndose con ello el licor del prensado, - que es combinado con el primer licor. El residuo húmedo producto del - prensado es finalmente secado y molido.

6.3.1.3 AJUSTE DEL pH

El licor combinado, es ajustado hasta alcanzar el punto iso--eléctrico pH 4.6 con adición de ácido sulfúrico 0.2N bajo agitación lenta y continua. Con la acidificación se consigue la precipitación de las proteínas.

6.3.1.4 PRECIPITACION DE LOS PROTIDOS

Ajustado el pH del licor y permaneciendo éste en reposo, se - efectúa la precipitación de los protidos, en un tiempo de unos 10 minu--tos a temperatura ambiente.

6.3.1.5 SEPARACION DEL SUERO

Una vez precipitados los pr \acute{o} tidos, se separa el suero por decan-
taci \acute{o} n. Los s \acute{o} lidos h \acute{u} medos recogidos posteriormente son secados. El -
suero present \acute{o} un color ligeramente amarillento, mientras que los pr \acute{o} ti-
dos presentaron un color blanco de notable tama \acute{n} o.

6.3.1.6 NEUTRALIZACION Y SECADO

Al precipitado se lo puede neutralizar alrededor de un pH 6.5 -
7.1 con adici \acute{o} n de una soluci \acute{o} n de hidr \acute{o} xido de sodio. 0.1N hasta conse-
guir el pH indicado y luego secar a Spray Drying*.

En el presente trabajo investigativo, el precipitado es secado a -
75-85 $^{\circ}$ C utilizando una estufa, a \acute{e} sta temperatura se asegura la integri-
dad de la prote \acute{i} na de la desnaturalizaci \acute{o} n. Finalmente el concentrado -
proteico seco es molido para lograr un tama \acute{n} o de part \acute{i} culas finamente --
divididas.

6.3.1.7 PROPIEDADES QUIMICAS DEL CONCENTRADO PROTEICO

Una vez obtenido el concentrado proteico con una humedad del 3%
y un rendimiento de 7.75%, considerando que en la leche de soya contie-
ne el 11.6% de s \acute{o} lidos. En la tabla 6.5 que a continuaci \acute{o} n se describe,
denota un incremento en su contenido de prote \acute{i} na del producto como tam-
bi \acute{e} n el elevado contenido en extracto et \acute{e} reo.

* Dr. S.J. Cole. 1973. 395.

TABLA 6.5 Composición química del Concentrado Proteico

| A N A L I S I S | \bar{X} % | σ |
|-------------------------|----------------|----------------------|
| MATERIA SECA | 97.00 | --- |
| PROTEINA | 55.3 | 2.0×10^{-1} |
| EXTRACTO ETereo | 32.66 | 9.9×10^{-2} |
| FIBRA BRUTA | 1.06 | 1.5×10^{-2} |
| CENIZAS | 2.64 | 1.5×10^{-1} |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 5.34 | --- |

6.4 TRATAMIENTO DEL SUERO DE QUESOS DE LA LECHE DE VACA

Con motivo de llevar a cabo la presente investigación, se empleó la leche que se produce en el Proyecto Villonaco, cuyas propiedades físico-químicas fueron reportadas en la Tabla 6.4.

Para la obtención del suero, se procedió de acuerdo a la siguiente secuencia: tratamiento térmico de la leche previa a la coagulación de 60-65°C por lapso de 20 minutos, temperatura y tiempo de coagulación 40°C por 20 minutos, cantidad de cuajo (Renilasa) empleado 0.26 g/10 lts, tiempo de endurecimiento de la caseína para realizar el corte y picado, 10 minutos, tiempo de precipitación y desuerado 18 minutos.

El suero de la obtención de éstas operaciones, es filtrado con el fin de separar las partículas coaguladas de paracaseinato, para luego darle el tratamiento de deshidratación.

El tipo de suero obtenido, se lo conoce como suero por coagulación o suero dulce.

6.4.1 EVALUACION FISICO-QUIMICA DEL SUERO

Una vez obtenido el suero, inmediatamente se realizó el análisis físico-químico; debido al rápido incremento de acidez por el desarrollo de ciertos microorganismos, que transforman los compuestos del suero en ácido láctico, alcohol etílico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico entre otros compuestos. Así los datos reportados en la Tabla 6.6 corresponden al suero fresco.

TABLA 6.6 Propiedades físico-químicas del suero fresco

| A N A L I S I S | \bar{X} |
|-----------------------------|--------------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA A 15°C* | 1.0272 g/cm ³ |
| pH | 6.7 |
| ACIDEZ (SH) | 5.21% |

* La gravedad específica fue determinada con un lactodensímetro.

Las propiedades organolépticas, presentadas por el suero fresco son: De un color amarillo verdoso con presencia de turbidez y pequeñas partículas proteicas, de olor puro característico y sabor dulce por la presencia de la lactosa.

En la tabla 6.7 se reporta la composición química del suero en base líquida. El análisis de ceniza fue realizado en base seca, para posteriormente ser expresado su valor en base líquida.

De acuerdo a los datos, los valores más denotantes son el bajo contenido en proteína y materia seca, no obstante a su nivel bajo de proteína, éstas son de invaluable valor nutricional.

TABLA 6.7 Composición Química del suero de quesos

| A N A L I S I S | \bar{X} % | σ |
|------------------|----------------|----------------------|
| MATERIA SECA | 6.49 | --- |
| PROTEINA | 0.74 | 1.4×10^{-2} |
| EXTRACTO ETEREO* | 0.80 | --- |
| CENIZA | 0.57 | 5.5×10^{-2} |
| ACIDO LACTICO | 0.12 | --- |
| LACTOSA | 4.37 | --- |

* El extracto etéreo fue determinado con un BUTIROMETRO

6.4.2 DESHIDRATACION DEL SUERO

El suero por su elevado contenido de agua del 93.51%, tiene con diciones desfavorables para su conservación, siendo fácilmente degradable, aún más contando con los problemas de manejo. Para obviar éstas inconveniencias, es necesario eliminar su contenido de agua, concentrándose de esta manera sus componentes esenciales como son principalmente lalactosa y proteína.

Vale decir, que el aprovechamiento de las grandes cantidades de suero fresco que el ganadero emplea, no es considerado como el más conveniente. "La carne de cerdos engordados con suero, suministra sólo del 20-40% de los principios nutritivos contenidos en él a la nutrición del hombre. La salida más favorable, estaría representada por la bebida de suero, pero el sabor típico de ésta, aún habiendo sido pasteurizado y refrigerado, el suero no agrada al consumidor, por lo que es preferible recurrir a la transformación industrial" *.

* E. SPREER. 1975. 383.

La transformación industrial dada en la presente investigación, es obtener suero en polvo, para enriquecerlo posteriormente. Para este efecto previamente fue necesario concentrarlo y secarlo a Spray Drying.

6.4.2.1 CONCENTRACION

Para la obtención de suero en polvo, de acuerdo a las especificaciones del equipo Niro Atomizer, es preciso concentrar el suero a 40--50% condiciones que permiten un buen deshidratado. Para ello el suero fue concentrado a una temperatura de 75-85°C en una estufa. Las condiciones ideales se lograrían concentrando el producto en un evaporador centrífugo.

"Desde el punto de vista económico, es más barato eliminar agua de un producto por evaporación al vacío, que ésta por atomización. Así, mientras más concentrado sea el producto, más bajos serán los costos de operación.

Las técnicas de secado, son de menor importancia, que el pre-manejo del suero previo al proceso de secado"*.

Para realizar el secado por atomización, fue necesario efectuar algunas experiencias de concentración, de las pruebas analizadas la concentración 41.16% con un índice de refracción de 1.3479 a 18°C que corresponde a 10.117% de sólidos insolubles, resultó ser la más eficaz de acuerdo a los parámetros de presión, temperatura y velocidad de la turbina impuestos al deshidratador Spray Drying.

6.4.2.2 SECADO

Dentro de las técnicas de secado, el método de deshidratación--Spray Drying para el suero, es el más idóneo debido a las característi--

* M.T. GILLIES. 1974. 29.

cas finales que presenta el producto, en lo que se refiere a su aceptabilidad, manejo y demás propiedades, que permiten de esta manera una mejor utilización.

"El suero concentrado que va directamente desde el evaporador hasta el secador, da como resultado un polvo altamente higroscópico que tiende a aglomerarse en el almacenamiento, si no está protegido de la humedad. Esta higroscopicidad puede ser minimizada por enfriamiento y cristalización del concentrado antes de la operación de secado"*.

Es necesario considerar que para el secado por atomización, la concentración del suero no debe ser inferior al 40%, condiciones que favorecen tecnológicamente y económicamente.

El secado del suero realizado en la unidad móvil Niro Atomizer de este Centro de Educación Superior, de acuerdo a los siguientes parámetros: velocidad de alimentación $40 \text{ cm}^3/\text{minuto}$, temperatura de entrada a la cámara $210-220^\circ\text{C}$, temperatura de salida de la cámara $75-80^\circ\text{C}$, y presión de aire a la turbina 6.0 Kg/cm^2 .

En estas condiciones permite que el producto a través de la turbina sea nebulizado en pequeñísimas partículas, que al descender por la cámara en corriente directa se produzca el secado en pocos segundos. Las partículas conjuntamente con el aire húmedo, son transportadas por acción neumática, y finalmente separadas en el ciclón.

Las propiedades organolépticas del suero en polvo de acuerdo a las condiciones expresadas son: de un color similar al de la leche en polvo ligeramente amarillento; de sabor dulce y olor característicos de la lactosa, y de consistencia polvorienta de libre flujo.

* M.T. GILLIES. 1974. 29.

Las propiedades físicas del suero en polvo son: Densidad 0.46 g/cm³ y tamaño de partículas que van desde un rango de 300 micrones (74.4%) - hasta 150 micrones (20.81%).

El suero en polvo obtenido es de la forma higroscópica. En condiciones favorables de almacenamiento se conserva en buenas condiciones.- El gráfico 2, muestra la higroscopicidad del suero en polvo, de una muestra mantenida al medio ambiente, con temperaturas que fluctúan entre 19-27°C.

6.4.2.3 EVALUACION QUIMICA DEL SUERO DESHIDRATADO

El suero deshidratado cuya composición química, se indica en - la Tabla 6.8 muestra sus constituyentes esenciales de mayor valor que - se destacan en el suero en polvo lactosa 76.10% y proteína 10.90%, vale indicar que la acidez expresada en ácido láctico es baja debido al tratamiento inmediato dado al producto.

TABLA 6.8 Composición Química del suero en polvo

| ANALISIS | \bar{X} | σ |
|-----------------|-----------|----------------------|
| MATERIA SECA | 96.30% | --- |
| PROTEINA | 10.90% | --- |
| EXTRACTO ETereo | 1.01% | 1.4×10^{-1} |
| CENIZAS | 8.51% | 1.1×10^{-1} |
| ACIDO LACTICO* | 0.41% | --- |
| LACTOSA | 76.10% | --- |
| pH | 5.1 | --- |

* Se determinó el ácido láctico de acuerdo a la técnica descrita por Bruno Battistotti.



6.4.3. ENSAYO DE MEZCLAS PARA EL ENRIQUECIMIENTO PROTEICO

Los productos lácteos constituyen uno de los alimentos más completos que se conocen y que el ser humano necesita en su alimentación, especialmente en las primeras etapas de su vida. Uno de los subproductos lácteos, que poca importancia ha tenido especialmente en nuestro medio hasta en los últimos años, constituye el suero que en la actualidad ha surgido en otros medios como una importante fuente alimenticia.

El presente trabajo de investigación, dada la importancia que reviste éste subproducto en lo que respecta a su transformación y a su utilización, se han llevado a cabo ensayos de mezclas para elevar su valor alimenticio con proteína de soya, extraída del residuo de la obtención de la leche de soya. Los ensayos de mezclas realizadas fueron sólido--sólido y líquido-sólido.

6.4.3.1 MEZCLA SOLIDO-SOLIDO

El enriquecimiento proteico del suero de quesos basado en la mezcla, al unir los productos suero en polvo y proteína concentrada de soya se realizó en los siguientes porcentajes 16% de suero en polvo y 34% de proteína concentrada de soya. Se ha elegido éstos porcentajes principalmente el del suero en polvo porque puede ser mejor aprovechado a éstos niveles, no elevándose por consiguiente en demasía el contenido de lactosa, ya que a niveles superiores de éste elemento, puede producir efectos intolerables en su asimilación.

La dispersión de los componentes sólidos se realizó en el mezclador en "V", de la unidad de manejo de sólidos. En éstas condiciones el nivel de proteína y lactosa son de 20.54% y 12.18% respectivamente. Para completar ésta mezcla se la puede aun suplementar con cereales y así, en for-

ma ilimitada de combinaciones, para formar dietas nutritivas. En la ta
bla 6.9 se muestra la composición química de ésta mezcla.

6.4.3.2 MEZCLA LIQUIDO-SOLIDO

Para elevar el nivel proteico del suero, se ensayó éste tipo de
mezcla, evaporando previamente el suero hasta una concentración de 24.33%
para posteriormente adicionarle proteína concentrada de soya, a una rela
ción 2:1 de sólidos respecto al suero concentrado-proteína concentrada -
de soya. Mediante agitación se mezcló estos dos productos, que por fal
ta de disponibilidad de un homogenizador no es posible lograr una mezcla
totalmente homogénea. El secado posteriormente es realizado por atomiza
ción.

6.4.3.2.1 SECADO (SPRAY DRYING)

La mezcla suero concentrado-proteína concentrada de soya se -
deshidrató en la unidad móvil Niro Atomizer, de acuerdo a los parámetros
siguientes:

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Temperatura de entrada a la cámara | 180 - 200°C |
| Temperatura de salida de la cámara | 75 - 85°C |
| Presión del aire a la turbina | 6 Kg/cm ² |
| Velocidad de alimentación | 31.4 cm ³ /min. |

En éstas condiciones de operación se obtiene un producto polvorien
to con una humedad de 2.3%. Su composición química se muestra en la ta
bla 6.10

6.4.3.3 EVALUACION QUIMICA DEL SUERO ENRIQUECIDO

Los análisis que se reportan en las tablas 6.9 y 6.10 muestran
la evidencia del enriquecimiento proteínico notable que ha alcanzado el

suero, destacándose evidentemente la mezcla sólido-sólido, debido a que puede incorporarse más fácilmente en una dosificación. La mezcla sólido-sólido con una relación 1:2 suero en polvo-proteína concentrada de -soya referida al 50%, y la mezcla líquido-sólido con una relación 2:1 -suero concentrado (1000 ml de suero concentrado, que equivalen a 80.66 g. de sólidos)-proteína concentrada de soya (42.1 g). De acuerdo a las condiciones expresadas puede observarse que es más eficaz la mezcla sólido-sólido.

TABLA 6.9 Composición Química de la mezcla sólido-sólido

| A N A L I S I S | \bar{X} % |
|-------------------------|----------------|
| HUMEDAD | 3.3 |
| PROTEINA | 20.54 |
| EXTRACTO ETereo | 11.26 |
| FIBRA BRUTA | 0.34 |
| CENIZAS | 2.25 |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 14.00 |

TABLA 6.10 Composición Química de la mezcla líquido-sólido

| A N A L I S I S | \bar{X} % | σ |
|-------------------------|----------------|----------------------|
| HUMEDAD | 2.3 | --- |
| PROTEINA | 22.53 | --- |
| EXTRACTO ETereo | 11.60 | 1.4×10^{-1} |
| FIBRA BRUTA | 0.19 | 2.1×10^{-1} |
| CENIZAS | 7.22 | 1.3×10^{-1} |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 55.37 | --- |

NOTA: Los análisis reportados en las tablas, fueron realizados en el laboratorio de la Planta Piloto de Piensos de la Universidad Técnica Particular de Loja, que se describen a continuación.

| A N A L I S I S | E Q U I P O |
|-----------------|-------------------------|
| HUMEDAD | Ultra X |
| PROTEINA | Udytec Protein Analisis |
| EXTRACTO ETEREO | Ra-Fa-Tec |
| FIBRA | Fibertec |
| CENIZAS | Mufla |

Fig. 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OBTENCION DE LECHE DE SOYA

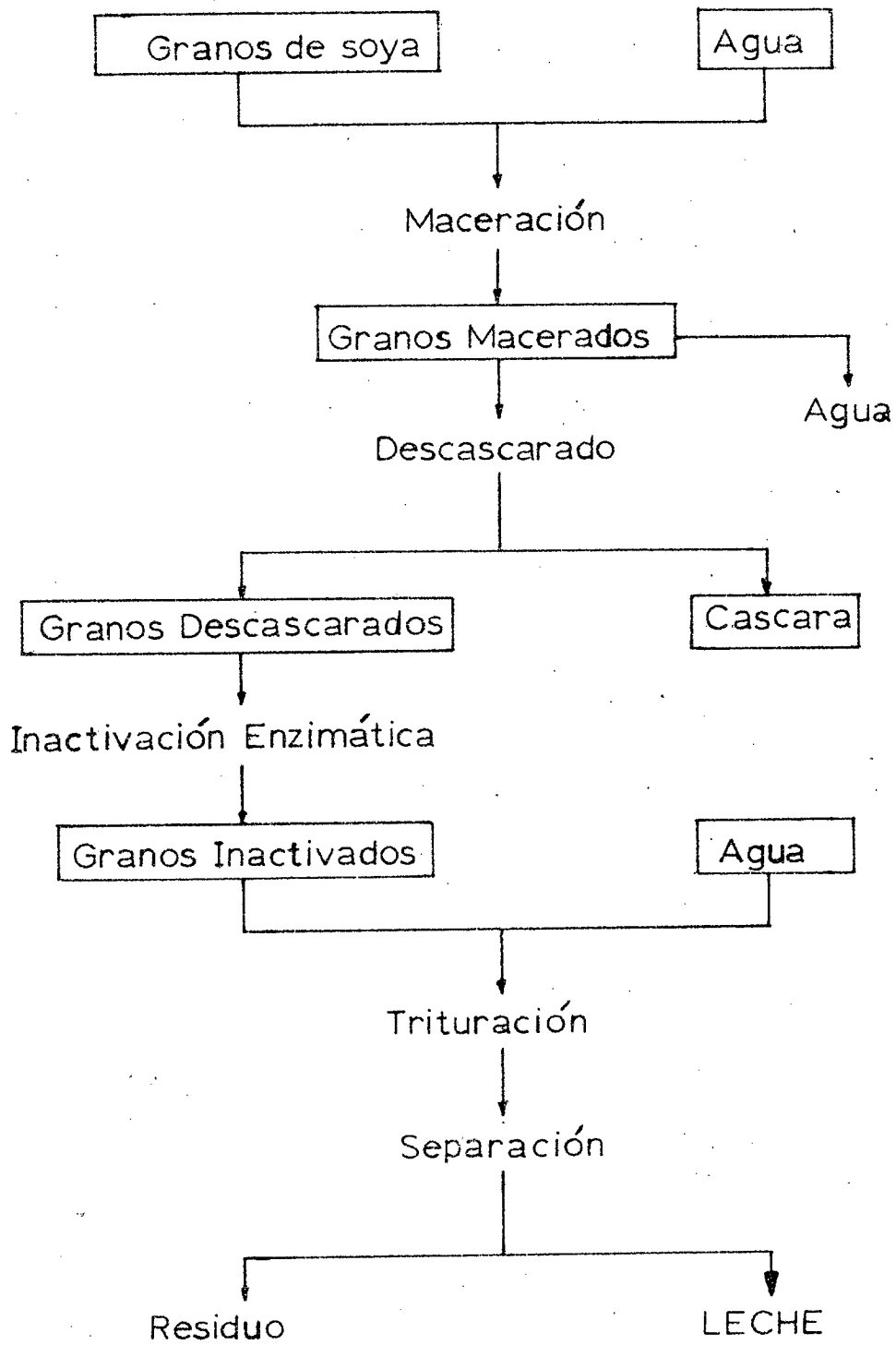


Fig. 2. DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCIÓN DE PROTEÍNA CONCENTRADA DE SOYA

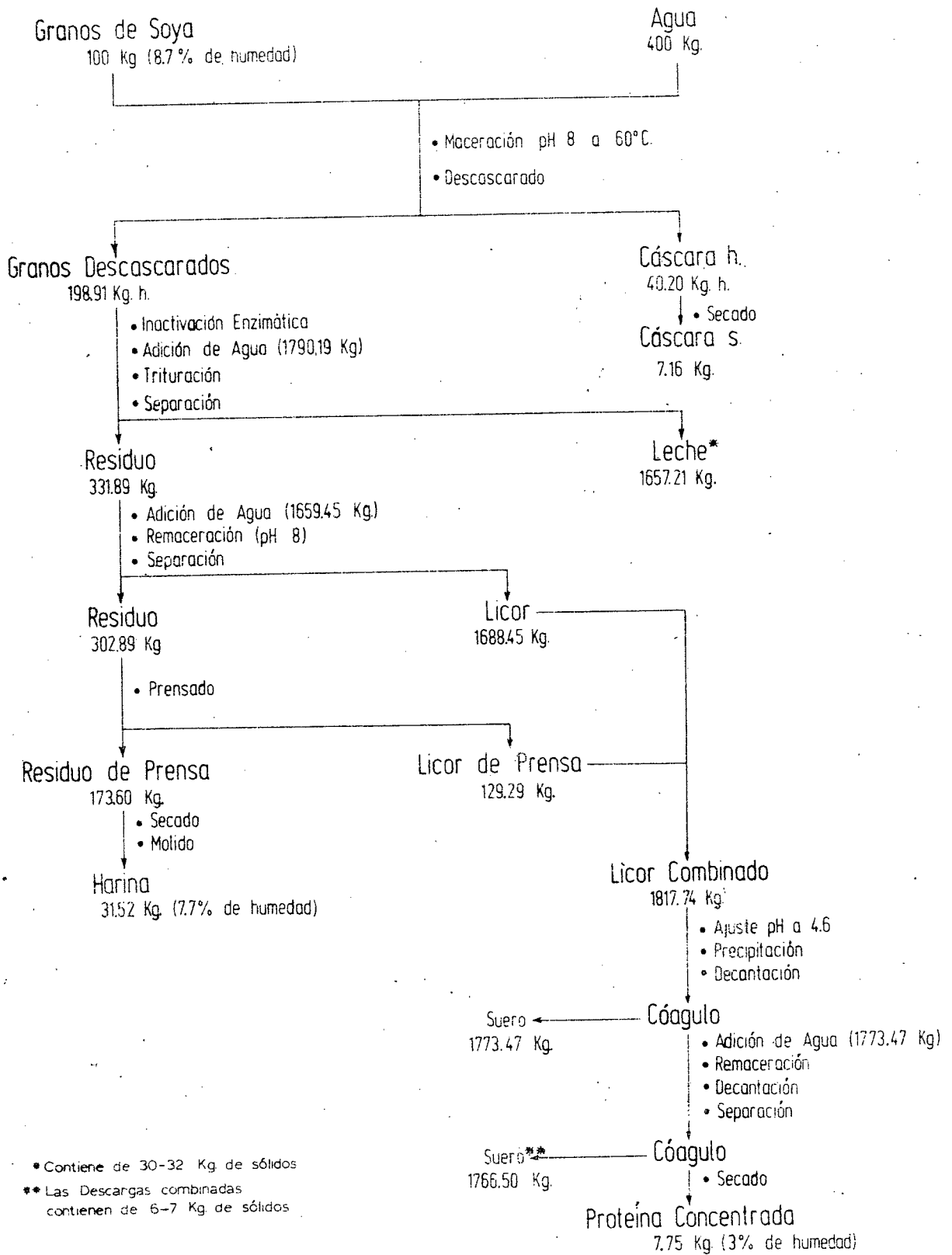
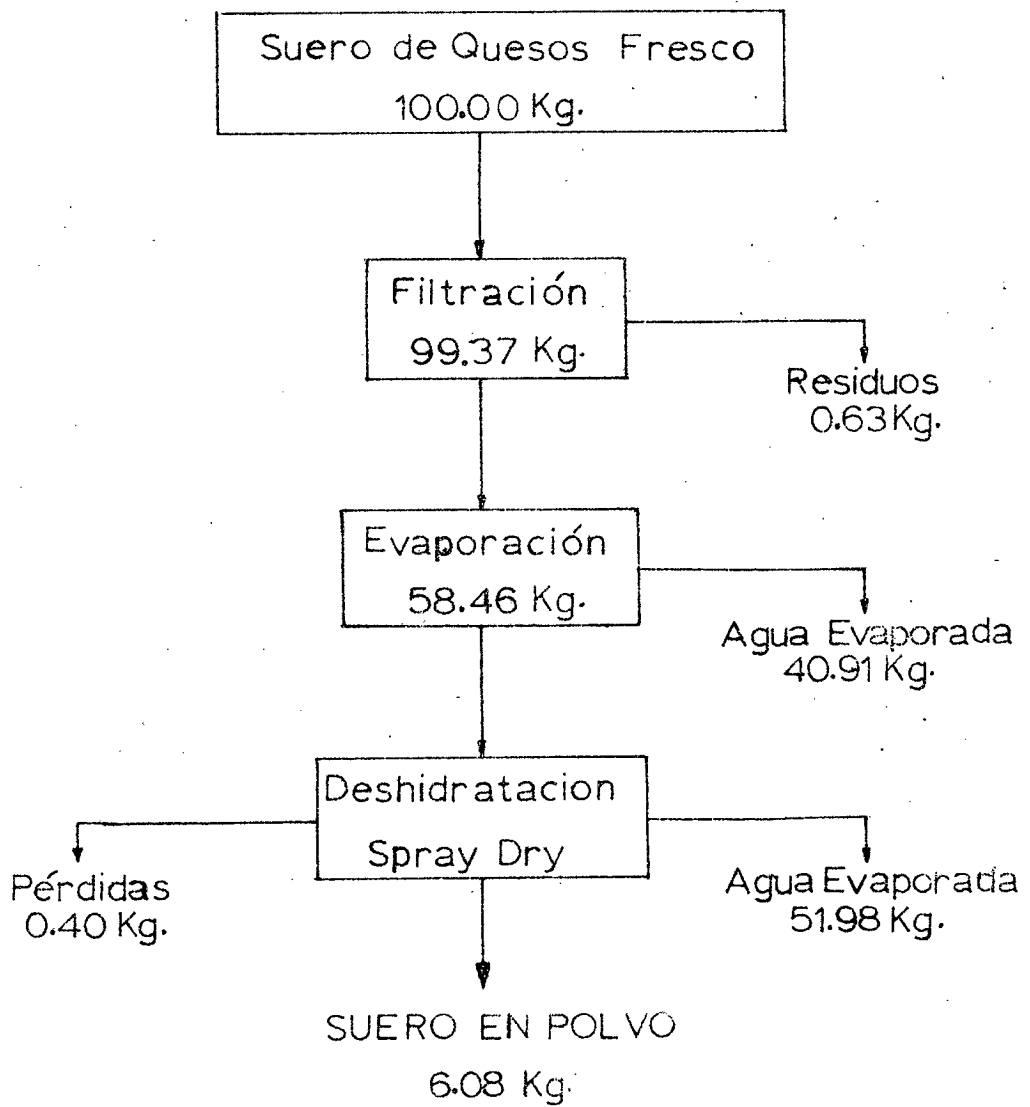
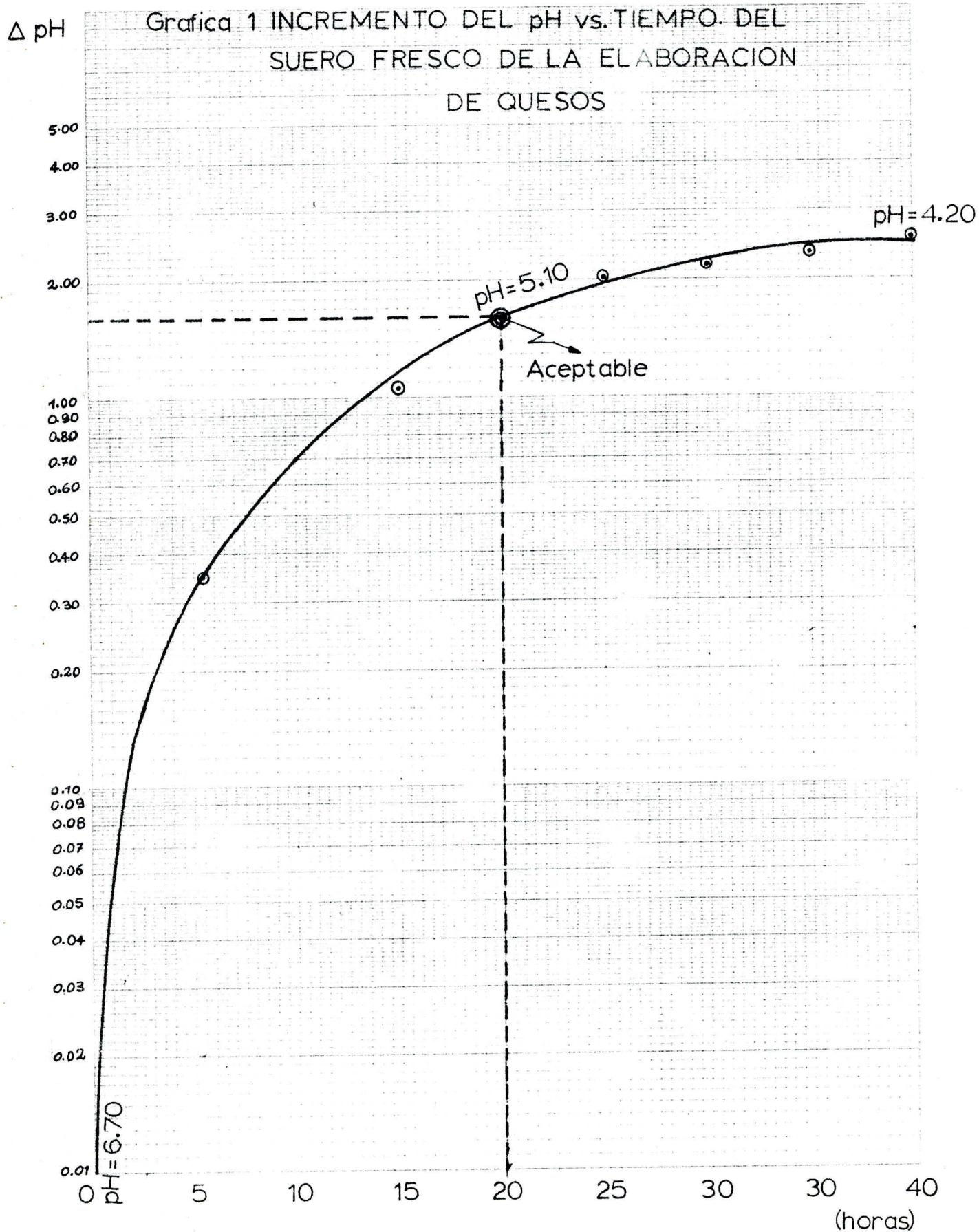
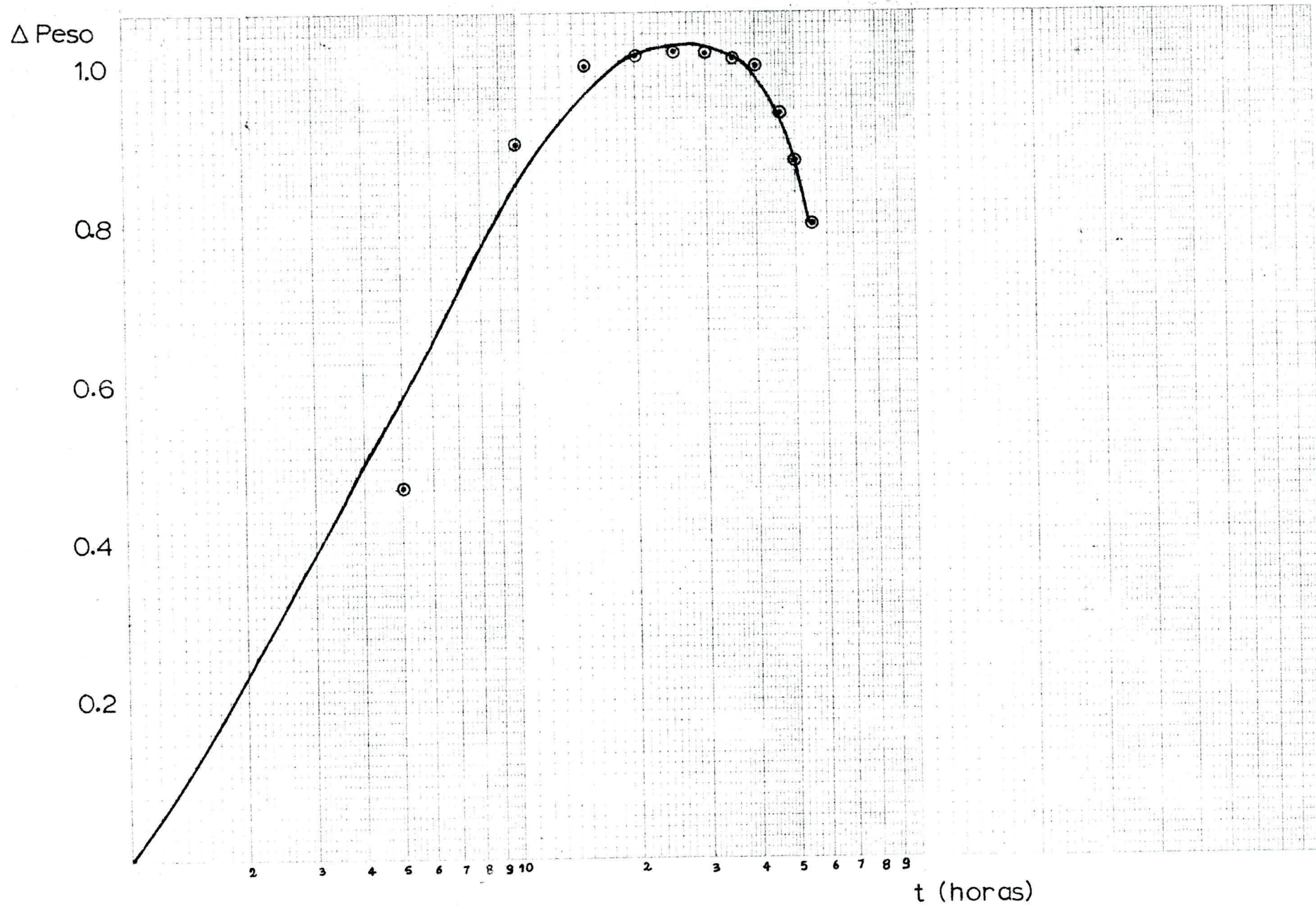


Fig.3. DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCION DE SUERO EN POLVO PARA LA OBTENCION DE SUERO EN POLVO





Grafica 2 INCREMENTO DEL PESO vs TIEMPO. DE LA HIGROSCOPICIDAD DEL SUERO EN POLVO



7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente trabajo investigativo, llevado a cabo para enriquecer el suero de quesos, se han realizado una serie de ensayos y análisis los mismos que se resumen en la tabla 6.11 que muestra la composición química de la soya y el suero en sus diferentes etapas.

En el proceso de extracción de la proteína del residuo de la obtención de la leche de soya, en base al proceso GLIDDEN, se logró un índice de dispersión de proteína de 74.68%. La harina residual de la obtención de proteína (31.52 Kg) contienen 37.75% de proteína, como puede apreciarse en la figura 2 del diagrama de flujo y balance de materia de la obtención de proteína. El rendimiento de extracción de proteína (32.44%) obtenido a través de la tabla 1 del Dr. S.J. Cole (1973), que corresponde al rendimiento total de extracción incluida la proteína que pasa a la leche de soya.

El rendimiento obtenido de proteína concentrada de ésta fracción, - corresponde a 7.75 Kg con una humedad baja de 3.0% y un contenido proteico elevado 55.3%, anotándose un incremento del 17.85%, con respecto a 100 Kg de soya de 37.45% de proteína. Por otro lado el contenido de grasa 32.66% es elevado y por lo tanto de un alto poder energético.

El suero en polvo obtenido por atomización, presenta un color blanco ligeramente amarillento y una granulometría similar al de la leche de vaca en polvo, de densidad aparente 0.46 g/cm^3 y de bajo contenido de humedad 3.7%.

De 100 Kg de suero fresco procesado, se obtienen 6.08 Kg de suero en polvo, con un contenido proteico de 10.9%, revelándose un incremento-

de 10.16% de proteína respecto al suero fresco. El constituyente que se encuentra en mayor proporción en el producto final es la lactosa cuyo valor es del 76.10%.

El suero enriquecido de acuerdo a las especificaciones presentadas en la tabla 6.11 muestra un contenido en proteína de 20.54% que corresponde a una mezcla sólido-sólido de 16 partes de suero con 34 partes de proteína concentrada, observándose con evidencia el incremento en proteína, lográndose obviamente el objetivo propuesto del presente trabajo investigativo.

Los resultados obtenidos de la mezcla líquido-sólido, corresponde a 22.53% de proteína de una relación 2:1 de sólidos, es decir 1 Kg de suero de 24.33% de agua evaporada y 0.04 Kg de proteína concentrada. Este tipo de mezcla no resultó ser la más indicada, puesto que constituye un problema tecnológico el obtener una mezcla totalmente homogénea antes del secado, considerando las limitaciones que se dispone.

TABLA 6.11 RESUMEN DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA SOYA Y EL SUERO EN SUS DIFERENTES ETAPAS

| ANALISIS | Granos de Soya (g/100g) | Leche de Soya (g/100g) | FRACCION Sólida g/100g | Proteína-concentrada (g/100g) | Suero fresco (g/100g) | Suero en polvo g/100g | 50 p* de mezcla sól.-sól. | Mezcla líquida-sólida |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| MATERIA SECA | 91.30 | 11.60 | 93.00 | 97.00 | 6.49 | 96.30 | --- | --- |
| PROTEINA | 37.45 | 3.13 | 38.60 | 55.30 | 0.74 | 10.90 | 20.54 | 22.53 |
| EXTRACTO ETereo | 19.74 | 3.46 | 21.23 | 32.66 | 0.80 | 1.01 | 11.26 | 11.60 |
| FIBRA BRUTA | 8.11 | 0.11 | 7.84 | 1.06 | --- | --- | 0.34 | 0.19 |
| CENIZAS | 5.99 | 0.58 | 4.61 | 2.64 | 0.57 | 8.51 | 2.25 | 7.22 |
| EXTRACTO NO NITROGENADO | 20.02 | 4.31 | 20.80 | 5.34 | --- | --- | 14.00 | 55.37 |
| LACTOSA | --- | --- | --- | --- | 4.37 | 76.10 | --- | --- |
| ACIDO LACTICO | --- | --- | --- | --- | 0.12 | 0.41 | --- | --- |

* p equivale a partes



8. CONCLUSIONES

El método de extracción de proteína, en base al proceso GLIDDEN, como se demuestra en la fig. 2, resultó ser un método satisfactorio, lográndose de esta manera el objetivo propuesto en esta investigación; el de obtener proteína concentrada aprovechando el residuo, producto de la obtención de la leche de soya, el cual es un producto que en otros medios es utilizado para la alimentación humana, donde la leche de vaca es limitante, por poseer características similares al de la leche de vaca.

El concentrado proteico obtenido posee un elevado contenido de proteína, capaz de ser utilizado como una valiosa fuente de proteína en la elaboración de dietas, que en el presente trabajo permitió ser aprovechado para enriquecer el bajo contenido de proteína del suero en polvo.

El rendimiento de extracción de proteína alcanzado es eficiente, - que al alcalinizar se logra una alta dispersión de proteína, para posteriormente mediante acidificación lograr el punto isoeléctrico 4.6 de pH, produciéndose de esta manera la precipitación de la proteína en forma de coágulo blanco. La harina residual obtenida durante el proceso, posee un buen contenido en proteína, que puede ser utilizada en la fabricación de piensos.

La deshidratación del suero de quesos por atomización fue eficiente, lográndose un producto polvoriento con bajo contenido de humedad, permitiendo su fácil manejo para ser incorporado en diversas mezclas alimenticias.

La mezcla sólido-sólido, deja en evidencia un mejor resultado que la mezcla líquido-sólido, debido a que puede ser más fácilmente incorporada en cuanto a operación se refiere, permitiendo de esta manera alcan

zar los niveles deseados, ya que la mezcla líquido-sólido no se logra --
homogeneidad, restándose evidentemente su eficiencia

9. RECOMENDACIONES

De acuerdo al presente trabajo realizado y a la imperiosa necesidad de obtener alimentos asequibles que solucionen la escasez de alimentos vitales en la nutrición, constituye la transformación de la soya, uno de los productos que se debe dar mayor importancia en nuestro medio para la producción y transformación de subproductos como son: leche de soya, con centrados proteicos, etc., para ser destinados a muchos usos, por poseer un elevado tenor proteico, ser suaves al paladar y de color blanco; propiedades que permiten un amplio rango de aplicaciones en la alimentación humana.

Por otro lado el suero de la obtención de quesos, que en nuestro país se obtienen grandes cantidades y que en la mayoría de los casos no es de la mejor forma utilizado, es necesario que se recurra a su transformación industrial si su disponibilidad y economía así lo requiera, lo grándose con ello un producto apto para la alimentación humana y animal.

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

- BATTISTOTTI BRUNO y OTROS, "Metodiche analitiche per il controllo D' qualita' aettori alimentare lattiero-caseario mangimistico" - Editorial: Pool Broanalysis Italiana, 1981, pág. 71
- ARMFIELD TECHNICAL EDUCATION CO. LTD., "Instruction Manual for Hidrostatics bench M 9092. England. BH24 10Y.
- AUGUST GRONERT, "Aufstellungs-und bedienungsanleitung", Printed in Western Germany.
- BRAVERMAN J.B.S., "Introducción a la bioquímica de los alimentos", Ediciones Omega, S.A. Barcelona España, 1967 pag. 137,138,145.
- COLE S.J., "Food technology in Australia", Sanitarium Health Food Company, Cooranbong. NSW, 1973, pág. 389-391, 395.
- DE S.S., "Technology of Production of edible flours and protein products from soybean", Food and Agricultural Organization of United Nation, Roma Italia, 1971, pág. 26, 112-115.
- GILLIES M.T., "Whey Processing and Utilisation", Noyes Data Corporation, London-England, 1974, pág, 29, 64, 78-82, 84-86.
- GONZALEZ J.R., ANDRICH O.D., SANCHEZ H., AEBERHARD M., "La alimentación Latinoamericana", Instituto de tecnología de alimentos U.N.L., Santa Fe Argentina, 1977, pág. 39.
- HART F. LESLIE Y FISHER HARRY JOHNSTONE, "Análisis moderno de los alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza España, 1971, pág. 13-14, 138-139.
- HERNANDEZ BENEDI J.N., "Manual de Nutrición de alimentación del ganado", Ministerio de Agricultura, Madrid España, 1980, pág. 15-16.
- KINSELLA J.E., "J.Am. Oil Chemists'Soc"., Cornell University, Ithaca, - NY USA., 1979, (Vol.56), pág. 242-245, 247-251.

- LEES R., "Manual de Análisis de los Alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza España. 1969. pág. 138.
- MANN ERNEST J., "Dairy Industries", Digest of World Literature (Part. 1 y 2) pág. 50-51, 343-344.
- MCDONALD P., EDWARDS R.A., GREENHALGH J.F.D., "Nutrición Animal", Editorial Acribia, Zaragoza España, 1975, pág. 25-26, 49-51, 55-57.
- PICCIONI MARCELLO, "Diccionario de la alimentación animal", Editorial Acribia, Zaragoza España, 1970, pág. 689.
- PINTAURO, N.D., "Milk and dairy products", Nutrition technology of products foods, pág. 146.
- SMITH AND CIRCLE, "Soybeans: Chemistry and technology", The AVI Publishing Company, Inc. 1972 (Vol. I) pág. 97-320.
- SPREER E., "Lactología Industrial" Editorial Acribia, Zaragoza España, 1975, pág. 14, 383.
- TECATOR, "Manual Udytec Protein Analyzers", Boulder, Colorado USA,
- TECATOR, "Manual Rafatec fat Determination", Randall, E.L., Journal of the AOAC (Vol. 57 N° 5 1974), Boulder, Colorado USA,
- TECATOR, "Manual Fibertec System M" Boulder, Colorado USA.

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| Carátula | I |
| Certificación | II |
| Dedicatoria | III |
| Prólogo | IV |
| Sumario | VI |
| Indice de Tablas | IX |
| Indice de Figuras y Gráficos | X |
| Resumen | 1 |
| Summary | 3 |
| Introducción | 5 |
| Generalidades y propiedades de las proteínas de soya ... | 6 |
| Proteínas y aminoácidos..... | 6 |
| Propiedades de las proteínas | 6 |
| Clasificación de las proteínas | 7 |
| Aminoácidos | 8 |
| Propiedades de los aminoácidos | 8 |
| Aminoácidos esenciales..... | 8 |
| Proteínas de la soya | 10 |
| Extracción de la proteína de soya..... | 11 |
| Métodos de fraccionamiento | 13 |
| Precipitación fraccionada | 13 |
| Extracción fraccionada | 14 |
| Desnaturalización de las proteínas | 14 |
| Desnaturalización por calor | 14 |
| Desnaturalización por pH | 15 |
| Desnaturalización por solventes orgánicos | 15 |

| | |
|---|----|
| Propiedades funcionales de las proteínas de soya | 16 |
| Solubilidad | 16 |
| Viscosidad | 17 |
| Absorción de agua | 17 |
| Retención de agua | 17 |
| Turgencia | 18 |
| Gelación | 18 |
| Subproductos de la soya | 20 |
| Harina de soya | 20 |
| Tipos y composición | 20 |
| Tratamiento por calor húmedo | 20 |
| Proteína concentrada | 21 |
| Proteína aislada | 21 |
| Leche de soya | 22 |
| Suero de Leche de Quesos | 24 |
| Problemas químicos del suero | 24 |
| Eliminación del agua | 24 |
| Lactosa | 24 |
| Proteína | 25 |
| Aspectos nutricionales del suero | 25 |
| Comparación con la leche no-grasa en polvo | 25 |
| Contenido de lactosa | 26 |
| Contenido de vitaminas y minerales | 27 |
| Contenido de proteína | 28 |
| Contenido de aminoácidos | 28 |
| Utilización del Suero | 29 |
| El suero en la alimentación humana | 29 |
| El suero en la alimentación animal | 30 |
| Análisis y ensayos experimentales para el enriquecimien | |

| | |
|---|----|
| to proteico del suero de quesos..... | 31 |
| Evaluación química de la soya | 31 |
| Obtención de la leche de soya | 32 |
| Maceración | 33 |
| Descascarado..... | 33 |
| Inactivación enzimática | 33 |
| Trituración | 34 |
| Separación de la fracción sólida | 34 |
| Concentración | 34 |
| Análisis de la leche de soya | 34 |
| Análisis físico-químico de la leche de soya | 34 |
| Evaluación química de la leche y la fracción sólida de la soya | 35 |
| Proceso de extracción | 36 |
| Maceración del residuo | 37 |
| Filtración | 37 |
| Ajuste del pH | 37 |
| Precipitación de los proteínas | 37 |
| Separación del suero | 38 |
| Neutralización y secado | 38 |
| Propiedades químicas del concentrado proteico | 38 |
| Tratamiento del suero de quesos de la leche de vaca .. | 39 |
| Evaluación físico-química del suero | 40 |
| Deshidratación del suero | 41 |
| Concentración | 42 |
| Secado | 42 |
| Evaluación química del suero deshidratado | 44 |
| Ensayo de mezclas para el enriquecimiento proteico ... | 45 |
| Mezcla sólido-sólido | 45 |



| | |
|--|----|
| Mezcla líquido-sólido | |
| Secado (Spray Drying) | |
| Evaluación química del suero enriquecido | |
| Resultados y discusiones | 54 |
| Conclusiones | 57 |
| Recomendaciones | 59 |
| Bibliografía | 60 |
| Indice | 62 |