

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACION DEL FRIJOL SOYA
(Glycine max) COMO EXTENSOR EN LA
INDUSTRIA LECHERA**

I.-LECHE

Jorge Carlos Ogando Castelo
QUIMICO FARMACEUTICO BIÓLOGO

1979



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS 1979
AÑO ~~U.E. 1979~~
FECHA 26/08
PROC
I



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE: NINFA GUERRERO DE CALLEJAS
VOCAL: ANGELA SOTELO LOPEZ
SECRETARIO: RUBEN BERRA GARCIA-COSS.
1ER. SUPLENTE: GILBERTO VILLELA TELLEZ.
2° SUPLENTE: ALEJANDRO GARDUÑO TORRES.

SITIO EN DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS.
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES.
FACULTAD DE QUIMICA, UNAM.

SUSTENTANTE:

JORGE CARLOS OGANDO CASTELO

ASESOR DEL TEMA:

M. EN C. RUBEN BERRA GARCIA-COSS.

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS AMIGOS

Mi más sincero agradecimiento al M. en C. Rubén Berra García-Coss por su valiosa dirección, interés y dedicación en la corrección de esta tesis; de la misma forma, deseo expresar mi gratitud al personal docente y técnico de la Facultad de Química de la U.N.A.M., - por las innumerables enseñanzas y experiencias que recibí durante mi estancia en dicha institución, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a la Q.F.B. Ninfa Guerrero de Callejas por sus atinados consejos y observaciones, así como a la M. en C. Angela Sotelo López por la ayuda brindada.

CONTENIDO

	Pág.
I OBJETIVO	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA	2
III METODOS Y MATERIALES	33
IV RESULTADOS Y DISCUSION	40
V CONCLUSIONES	50
VI BIBLIOGRAFIA	55
ANEXOS	
A) METODOS Y TECNICAS	59

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE FRIJOL DE SOYA Y DE SUS COMPONENTES.
- Cuadro 2.- PORCENTAJE DE COMPOSICION DEL AGUA DE REMOJO A 2 °C. DURANTE 24 HORAS DEL GRANO DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.
- Cuadro 3.- A).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO FRIJOL DE SOYA SIN REMOJAR Y SIN CASCARA (PRETRATAMIENTO I.- CONTROL).
- Cuadro 4.- B).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA (PRETRATAMIENTO II).
- Cuadro 5.- C).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO (PRETRATAMIENTO III).
- Cuadro 6.- FORMULACIONES COMPUESTAS POR LA LECHE DE SOYA Y LA LECHE POPULAR CONASUPO.
- Cuadro 7.- COMPOSICION QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS SELECCIONADAS (LECHE POPULAR CONASUPO Y SUERO LACTEO DESHIDRATADO).
- Cuadro 8.- COMPOSICION QUÍMICA DE LA LECHE DE SOYA; DE LA FORMULACION CORRESPONDIENTE A UN 30% DE LECHE DE SOYA Y UN 70% DE LECHE POPULAR CONASUPO (ADICIONADA DE 1% DE SUERO LACTEO DESHIDRATADO Y 0.5% DE AZUCAR) Y DE LAS LECHEs MATERNA Y DE VACA CON UN FIN COMPARATIVO.
- Cuadro 9.- ANALISIS BROMATOLOGICO DEL RESIDUO DEL FRIJOL DE SOYA OBTENIDO DESPUES DE EXTRAER LA LECHE.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- EMPLEO DE SOLUCIONES ALCOHOLICAS ACUOSAS EN EL REMOJO DE FRIJOLES DE SOYA ENTEROS Y SU EFECTO EN LAS ACTIVIDADES DE LA UREASA, LIPOXIDASA Y FACTOR ANTITRIPSICO.
- Figura 2.- RENDIMIENTO DE SOLIDOS EN LA LECHE DE SOYA COMPARANDO LOS TRES PRETRATAMIENTOS:
A).- FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO SIN REMOJAR.
B).- FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA.
C).- HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.
- Figura 3.- pH DE LA LECHE DE SOYA COMPARANDO LOS TRES PRETRATAMIENTOS:
A).- FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO SIN REMOJAR.
B).- FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA.
C).- HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.
- Figura 4.- DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OBTENCION DE LA LECHE DE SOYA Y SU EMPLEO COMO EXTENSOR EN LA INDUSTRIA LECHERA.

OBJETIVO

I.- OBJETIVO

Este trabajo se ha enfocado a desarrollar un nuevo tipo de bebida, de sabor suave y agradable al paladar, de bajo costo y alto valor nutritivo a partir de una oleaginosa cuyo cultivo se ha venido incrementando enormemente en los últimos años: el frijol de soya (*Glycine max*), el cual puede ser usado como extensor en la industria lechera.

Para el desarrollo de este estudio se eligió como materia prima base a la soya, debido principalmente a su relativo bajo costo aunado a su alto valor nutritivo, especialmente por su elevado contenido de proteína de buena calidad que ofrece grandes posibilidades de utilización, pues en la actualidad se han desarrollado infinidad de productos de esta oleaginosa con marcada aceptabilidad (1).

La leche de soya puede jugar un papel importante en la alimentación de clases de escasos recursos económicos como una fuente barata de proteínas, disminuyendo así la desnutrición que existe actualmente en muchos medios marginados de México.

Conviene subrayar que no se trata de rivalizar con el aprovechamiento de las fuentes clásicas de proteínas como son la leche de vaca, carne, huevos y pescado; sino de atender las necesidades apremiantes donde la leche escasea, no existe o bien no puede ser adquirida debido a su alto costo, además de los casos donde se presenta una alergia hacia ella.

REVISION BIBLIOGRAFICA

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

Uno de los recursos más importantes que tiene un país para mejorar el nivel de nutrición de sus habitantes es el de la Tecnología de los Alimentos; ayuda a evitar pérdidas de alimentos, a mejorar la distribución de los productos, a promover la diversificación de la dieta, a regularizar los mercados y permite el abastecimiento a diversos sectores culturales. De la misma forma permite mejorar la higiene, calidad, valor nutritivo y presentación, así como elaborar productos de alto valor nutritivo a través del enriquecimiento (2).

La situación nutricional de México, en general, está acorde con lo que cabría esperar del análisis de su situación socioeconómica.

Las encuestas realizadas por el I.N.N. sobre el consumo de alimentos, revelan que las manifestaciones de mala nutrición son más ostensibles en el medio rural y semirural; que según aumenta el nivel socioeconómico de las familias, tiende a mejorar su alimentación tanto en cantidad como en calidad y que sólo es un segmento minoritario de la sociedad (medio urbano alto) el que disfruta de altos ingresos y dispone de alimentos en exceso (3).

La desnutrición es un estado de desequilibrio fisiológico en el que la persona afectada consume menos alimentos que los necesarios para sus funciones vitales; su actividad física y su actividad intelectual (4).

Una de las principales consecuencias de la desnutrición es que agrava ciertas enfermedades, especialmente las infecciones. Esto hace que la mortalidad por enfermedades infecciosas sea más alta en las poblaciones desnutridas, y las defunciones ocurren especialmente entre los niños pequeños mal nutridos (5).

La desnutrición crónica (que es llamada así cuando existe un desequilibrio provocado por la carencia de ciertos nutrientes tales como los carbohidratos, lípidos y proteínas), se inicia desde las edades tempranas de la vida, a través de una alimentación insuficiente e incorrecta en la infancia, primero a través de la madre que, estando mal nutrida, no aporta durante la gestación o en los primeros meses de la vida todos los elementos nutritivos que requiere el niño, desnutrición que se agrava posteriormente por una alimentación inadecuada y un destete incorrecto; como consecuencia, el niño presenta anormalidades en su crecimiento y desarrollo con consecuencias futuras en su capacidad física y mental. Esta situación, aunada a la prolongación de una alimentación defectuosa en el resto de la vida, condiciona una reducción en la capacidad física, poca resistencia a las enfermedades y una disminución de la energía psíquica. Como consecuencia inmediata se desarrolla un proceso de adaptación social caracterizada por apatía, indiferencia y escasa capacidad productiva (6).

El desarrollo de un país estará directamente relacionado con las capacidades físicas y mentales de sus individuos, siendo éstas a su vez, producto de una alimentación básica que deberá ser adecuada aún desde antes de nacer. Tal es el problema del que somos testigos en la actualidad a nivel mundial y nacional, el cual se vuelve un círculo vicioso del que es muy difícil salir a menos que sean investigadas fuentes accesibles de alimentos completos para personas de cualquier nivel económico.

Para nadie es desconocido el crecimiento demográfico del mundo cuya tasa actual es de 2.1% anual y se espera que sea del 2.6% promedio del año de 1975 al año 2000, alcanzando en algunos países actualmente casi el 4% anual.

ETOR Aunque en los últimos años la producción de alimentos aumentó, si comparamos este aumento con el demográfico, podemos observar la razón por la que se ha juzgado deficiente la alimentación de grandes sectores de las poblaciones latinoamericanas, ya que en ningún momento son equivalentes estas cifras.

Para que haya una posibilidad más razonable de aumentar la producción y disponibilidad de los alimentos, es preciso complementar las fuentes tradicionales de proteínas con la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas cuya abundancia actual y potencial sean elevadas y cuya calidad sea significativa y que en la actualidad no se aprovechan en la dieta humana, a las cuales se les denomina fuentes de proteínas "no tradicionales", particularmente las de origen vegetal.

Sin embargo al desarrollar este tipo de productos hay que tomar en cuenta ciertas características para su consumo humano: deberá ser barato, abundante (desde el punto de vista industrial), con características organolépticas aceptables, de fácil conservación y distribución y carecer de compuestos tóxicos (7).

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

La presente situación nutricional crea la inmediata necesidad de introducir nuevos alimentos suplementados a bajo costo, en las dietas de los países subdesarrollados, siendo necesario enfatizar la realización de los siguientes puntos (8):

a).- Los hábitos alimenticios deben ser cambiados.

- b).- Deben ser manufacturados y a la vez distribuidos una mayor cantidad de productos aceptables.
- c).- La producción agrícola de la materia prima debe ser incrementada.

En México existe ya una gran variedad de productos alimenticios derivados de la soya, sin embargo, de acuerdo con los estudios estadísticos de la Secretaría de Industria y Comercio y el Instituto Mexicano de Comercio Exterior, el frijol de soya se está importando de países como los Estados Unidos, Japón y otros. La causa principal de esta importación es la insuficiente producción nacional de frijol de soya que no satisface las necesidades de la demanda, además de la creación de nuevas industrias alimenticias en las cuales se está introduciendo la soya en sus diversas formas, provocando una demanda aún mayor. Ante esto, los organismos gubernamentales encargados del sector agropecuario están tomando las medidas necesarias para aumentar la producción nacional; éste es un punto de gran importancia para el desarrollo de nuevos productos a partir de la soya o en combinación con otros componentes.

El considerable interés de la semilla de soya, planta nativa del Asia Oriental, como fuente de proteínas, se ha desarrollado por varias razones: los frijoles de soya pueden crecer en una gran variedad de tierras y bajo un amplio rango de condiciones climáticas; el rendimiento de proteína comestible por hectárea es uno de los más altos de todas las fuentes protéicas (9).

Las variedades comunes de la semilla de soya (se conocen cerca de 1000 variedades) varían en la forma desde un grano casi esférico hasta otro grano alargado o plano; y en peso, entre 10 y 20 g./100 semillas. La semilla contiene aproximadamente, un 8% de cáscara, 90% de

cotiledón y 2% de hipocotilón ó plúmula. La cáscara puede variar en color desde el amarillo hasta el amarillo gredoso.

La composición química del grano íntegro y de sus componentes puede observarse en el cuadro # 1.

Puede existir variación en la composición química debido a la variedad así como a las condiciones ambientales y del suelo (10).

La semilla de soya es una fuente bastante rica de minerales y vitaminas; contiene alrededor de un 34% de hidratos de carbono, pero una considerable proporción de ellos aparece en forma de galactano, pentosano y hemicelulosas, que se digieren muy poco. A diferencia de otras oleaginosas, el contenido de almidón en la soya es escaso e incluso nulo. Entre los azúcares libres, la sacarosa, la rafinosa y la estaquiosa, están presentes en cantidades apreciables.

La totalidad de ácidos grasos presentes en la soya, consiste en aproximadamente un 15% de ácidos grasos saturados (palmitico y esteárico principalmente) y 85% de ácidos grasos insaturados en la siguiente proporción: 25% de ácido oleico, 55% de ácido linoleico y 5% de ácido linoléico. Por ser rico en ácidos grasos esenciales, el aceite de soya figura entre los mejores aceites vegetales para la dieta humana.

El valor real de la semilla de soya en cuanto a nutrición, proviene de su alto contenido de proteína de buena calidad. Los datos sobre la composición de aminoácidos de la proteína indican que, salvo una deficiencia de aminoácidos azufrados como cistina y metionina, está bien equilibrada con respecto a otras, y que en general, presenta un alto contenido de aminoácidos esenciales (11).

Ello ha estimulado mucho la investigación por lo que toca a las cualidades funcionales de la proteína y su posible modificación

para obtener productos convenientes. Los recientes esfuerzos de la industria tanto norteamericana como mundial dedicada a la soya, tendientes a ampliar sus mercados, han conducido a nuevos progresos en la tecnología de las harinas y proteína de soya para el consumo humano, progresos que pueden alcanzar una significación económica y práctica considerable, por lo que toca a los usos futuros de la soya.

Desde hace varios años, el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas hizo algunas pruebas concernientes al poder nutritivo del ajonjolí, encontrándose que podía ser un buen complemento de muchos alimentos por su alto contenido de metionina y de cistina (12).

Aunque la soya ha sido usada en varias formas como alimento por millones de gentes en China y Japón durante mucho tiempo, ésta se caracteriza por tener un sabor que no es bien aceptado por gente de muchos países que no entran dentro de la cultura Oriental, ya que la gente de Oriente basa gran parte de su dieta en la soya y por consiguiente ha desarrollado su sentido del gusto en favor de sus propiedades organolépticas.

Dicho sabor y olor caracterizado como "painty" (a pintura) ó "beany" (a frijol), hasta hace poco tiempo se había considerado como algo inherente del propio frijol de soya y una basta cantidad de tecnología ha sido llevada a cabo para poder controlar esta característica. Hoy en día se opina que este aroma que se desprende de la soya, no es inherente a la semilla, sino que se desarrolla cuando los tejidos de las células se alteran por la presencia de la humedad. La activación de la enzima lipoxidasa en el grano, hace que se desarrolle el sabor desagradable, recomendándose por lo tanto, que se inactive adecuadamente la enzima durante las primeras fases del proceso de elaboración de cualquier producto basado en la soya.

CUADRO 1

COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE FRIJOL DE SOYA Y DE SUS COMPONENTES.

% COMPONENTES	% PRODUCCION	% PROTEINA	% GRASA	% CENIZAS	% CARBOHIDRATOS *
SEMILLA ENTERA	100	40.3	21.0	4.9	33.9
COTILEDON	90.3	42.8	22.8	5.0	29.4
CASCARA	7.3	8.8	1.0	4.3	85.9
HIPOCOTILO	2.4	40.8	11.4	4.4	43.4

* Calculados por diferencia.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 10.

Vale la pena estudiar más a fondo las características ventajosas de dichos productos, en la promoción de un uso extenso de la soya como alimento humano.

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

Un grupo consiste en eliminar o modificar los constituyentes del mal sabor y olor de la soya por medios físicos, aplicados en forma particular o en una gran variedad de combinaciones, siendo las más comunes: calentamiento, humidificación, remojo o lavado en agua, tratamientos al vacío o a presión con un medio protector o gas inerte, así como protección contra la oxidación durante el procesamiento.

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

Existe otro método enfocado también a la neutralización del sabor amargo y del mal olor, el cual consiste en efectuar una reacción de los principios indeseables de la soya con principios desconocidos contenidos en las partículas de aleurona del trigo, mezclándolos y sometiéndolos a una molienda en presencia de humedad (13).

OB

LECHE DE SOYA.- Uno de los más fáciles productos de elaborar a partir de la soya es un extracto acuoso, el cual usualmente es llamado "leche de soya" porque tiene una apariencia láctea o lechosa.

Chen (14), nos resume su valor nutritivo de la siguiente manera: "La soya aunque muy raramente se le conoce como constituyente de una dieta, es un alimento casi tan perfecto como la leche de vaca, pero al mismo tiempo es rica en hierro y en vitamina C (cuando ha germinado), y la leche que se obtiene de ella puede ser utilizada como sustituto de la leche de vaca para personas que son alérgicas a ésta. La cantidad de proteínas obtenidas de la soya, comparando masa contra masa, es aproximadamente el doble de las de la carne, cuatro veces las del huevo, trigo y otros cereales, cinco o seis veces las del pan y doce veces las de la leche".

En la mayoría de los países escasea la leche animal y además, es muy costosa. Se tienen noticias de que se ha logrado un progreso considerable en la producción en gran escala de sucedáneos de la leche y de bebidas parecidas a la leche a partir de la soya, y algunos productos de esta clase han sido comercializados en lugares tales como Hong-Kong, Bangkok y Singapur.

En Brasil se produce comercialmente una bebida a base de soya con sabor a chocolate, y en muchos otros países se acusan tendencias similares. En la India se ha lanzado como una forma práctica de ampliar las disponibilidades de leche, un programa consistente en rebajar la leche animal mediante la adición de compuestos vegetales; se está usando aislado de proteína de cacahuete y la bebida se expende en ciudades seleccionadas. El producto ha tenido gran aceptación tanto en la forma pasteurizada como en la forma esterilizada. La soya puede encontrar también un lugar en tales programas cuando se disponga

de aprovisionamiento suficiente de tal semilla.

La leche de soya se conoce en la China continental desde hace cerca de 2000 años. En su mayor parte es de elaboración casera o doméstica y algunas veces llega a escala de granjas. La leche caliente de soya se toma como bebida de desayuno en la China continental, Japón, Taiwán y Tailandia. El producto es generalmente popular entre la población china local. Sin embargo, la producción doméstica de leche de soya para consumirla como bebida es más bien limitada.

Lo común es que la leche de soya se elabore para la obtención de cuajada de soya. La primera producción de leche de soya en gran escala se inició en Hong-Kong en 1948. La venta de este producto aumentó gradualmente y en 1965 se estableció otra fábrica para satisfacer la creciente demanda. Se estima que en la actualidad la producción es de unas 120,000 botellas diarias; la cifra más elevada de venta de toda bebida no alcohólica en Hong-Kong. Para la elaboración de leche de soya se han establecido fábricas en Singapur, Manila y Bangkok. Durante los tres últimos años, en Taiwán (China) se han montado doce pequeñas instalaciones para la producción de leche de soya, y se espera que se instalen más fábricas en un futuro cercano. La fábrica de leche de soya montada en Indonesia con la ayuda de FAO/UNICEF inició su funcionamiento en 1957, y en 1964 la producción anual de leche de soya deshidratada se estimó en unas 1000 toneladas métricas. La leche de soya deshidratada se produce también en el Japón, pero allí en su mayor parte se usa para la preparación de tofu. En la India se han hecho intentos de establecer fábricas de leche de soya, pero hasta ahora no se ha montado ninguna fábrica comercial. Parece ser que la población, acostumbrada al gusto de la leche de vaca, no le agrada el sabor de la leche de soya. Quizá se consiga que resulte aceptable tal

producto mezclándolo con leche de vaca o con alguna preparación malteada (15).

La leche de soya se elabora convencionalmente en los países orientales efectuando primero el remojo de los frijoles, enseguida una molienda con agua, después una filtración para eliminar sedimento o partículas insolubles y finalmente un calentamiento del extracto obtenido (Piper y Morse, 1923). Dicho extracto acuoso obtenido contiene en general cerca del 65% de los sólidos totales; más del 80% de la proteína y la mayoría del aceite del frijol. Cerca del 1% de la proteína y 2% del total de sólidos se pierden en el agua de remojo. El residuo insoluble contiene toda la fibra, cerca del 33% del total de sólidos y cerca del 17% de la proteína. A pesar de lo simple que resulta este proceso, la bebida obtenida presenta un característico olor y un desagradable sabor a pintura (aceite de linaza).

Hace aproximadamente 10 años, un grupo de tecnólogos de alimentos de la Universidad de Cornell se empezó a interesar en el frijol soya como una rica fuente proteica de bajo costo, y se ha puesto particular énfasis en determinar el origen de dicho mal sabor de la leche de soya.

Se encontró que la enzima lipoxidasa, que está presente en forma natural en el frijol de soya era la causante del problema (Wilkins y colaboradores, 1967). Tan pronto como los frijoles de soya eran molidos con agua (a una temperatura menor de 80 °C.), la lipoxidasa actúa sobre las cadenas de ácidos grasos insaturados, produciendo un gran número de compuestos de pequeño peso molecular; ya que a temperaturas menores de 80 °C., no ocurre la inactivación enzimática (Nelson y colaboradores, 1971). También se han empleado temperaturas más bajas durante la molienda de los frijoles de soya, en el rango de 60 a

80 °C. pero solamente si se añaden antioxidantes al agua de remojo.

Aunque la adición de antioxidantes es poco común, experimentalmente se ha trabajado con ácido nordihidroguayarático (NDGA) disuelt^o en agua durante la molienda entre 60 y 80 °C. y en una concentración de 4g/l. Con el empleo de dicho ácido se ha observado una reducción en la formación de compuestos volátiles; la cual es inversamente proporcional a la temperatura del agua al inicio de la molienda. Como ejemplos de otros antioxidantes tenemos: butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) y galato de propilo.

Por análisis con modernas y sofisticadas técnicas químicas, como cromatografía líquido-gas, espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear y espectrometría infraroja y ultravioleta, fueron aislados 80 compuestos volátiles de la leche de soya y 41 de ellos fueron identificados. La mayoría de estos compuestos son aldehidos, cetonas y alcoholes. Por lo menos, 31 de dichos compuestos volátiles tienen algún sabor impactante de rechazo y, con muy pocas excepciones, el sabor que imparten dichos compuestos es desagradable. Un compuesto en particular, la etil-vinil-cetona tiene un notorio sabor a frijol. La adición de 5 ppm de etil-vinil-cetona a una leche de sabor dulce o suave, imparte un característico sabor vegetal.

El mecanismo de formación de la etil-vinil-cetona a partir del ácido linoleico que es componente de la fracción grasa de la leche de soya ha sido postulado; se forma en seis pasos por medio de radicales libres y es catalizada por la lipoxidasa, esta enzima cataliza la oxidación de ácidos grasos insaturados interviniendo oxígeno molecular que es tomado del aire del ambiente, mostrándose específica para ácidos grasos que poseen grupos metilenos interrumpiendo enlaces en "cis" y desarrollándose dienos conjugados (16).

El problema ha sido como inactivar la lipoxidasa antes de que ésta cause daños al sabor. Calentando la leche inmediatamente después de la molienda se tienen problemas, porque la lipoxidasa actúa tan rápidamente que el sabor vegetal será evidente no importando que tan rápido se caliente la leche. Calentar los frijoles de soya antes de la molienda, inactiva la lipoxidasa y resuelve el problema del sabor, pero también hace insoluble a la proteína proporcionando una suspensión de células y no una leche verdadera. La desnaturalización proteica, consecuencia de un calentamiento no controlado, reduce el índice de nitrógeno soluble (N.S.I.) de un rango de 90-95 en la soya germinada a uno de 10-20 en la harina de soya cocinada, de tal manera que las propiedades protéicas de la soya llegan a ser inaceptables.

Numerosas modificaciones han sido reportadas de este tradicional proceso Oriental para tratar de mejorar el olor y el sabor desagradables; algunas de estas modificaciones a la extracción empleando agua fría son: extracción con agua caliente (Wilkins y colaboradores, 1967); presentándose en la bebida obtenida un olor y un sabor agradables, el cual es parecido al que proporciona el cereal cocido, y solamente un compuesto volátil (en concentración detectable) está presente en la leche: el 1-octen-3-ol, el cual se forma en los frijoles enteros o intactos durante la fase inicial del remojo. El sabor del 1-octen-3-ol no es del todo agradable, ya que de hecho es uno de los componentes del sabor de los hongos. Otras modificaciones son la molienda ácida (Kon y colaboradores, 1970; Al-Kishtaini, 1971); el remojo alcalino (Badenhop y colaboradores, 1970); etc. Estas modificaciones proporcionan como ya se mencionó, una bebida con un sabor más aceptable, pero ésta a su vez, resulta generalmente disminuída en su contenido protéico si se le compara con la bebida obtenida por medio

del tradicional proceso Oriental (17).

La modificación más reciente se tiene con el empleo de soluciones alcohólicas acuosas durante el remojo de los frijoles de soya enteros, con lo que se logra un decremento en las actividades de la lipoxidasa, ureasa y factor antitripsico (observándose el mayor decremento de dichas actividades con el empleo de la solución alcohólica al 40%) como puede notarse en la figura # 1.

Otra objeción del frijol de soya crudo consiste en la baja eficiencia nutricional debida a la presencia de factores antinutricionales, los cuales principalmente son: inhibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas e isoflavonas.

El inhibidor de tripsina es una cadena polipeptídica simple, compuesta de 194 aminoácidos y con un peso molecular de 21,500, la cual no contiene grupos sulfhidrilos libres pero está unida en cruz por dos enlaces cistina-disulfuro; inactivándose el inhibidor mediante la reducción de estos enlaces y, siendo posible su reactivación al oxidarse.

Aunque dicho inhibidor no es soluble en agua a su punto isoeléctrico (4.5), el suero de soya aparentemente contiene sales suficientes para mantenerlo en suspensión.

Para inactivar el factor antitripsico en los frijoles de soya, se requiere un calentamiento húmedo: 93.3 °C. durante 30 minutos ó 121.1 °C. durante 5-10 minutos. A temperaturas más elevadas, el calor intenso reduce el valor nutricional de las proteínas.

Las hemaglutininas son albúminas solubles en agua en su punto isoeléctrico (6.1), tienen un peso molecular comprendido entre 89,000 y 105,000, y su actividad es anulada rápidamente con calor húmedo por lo que no representan un problema especial cuando el alimento es procesado adecuadamente.

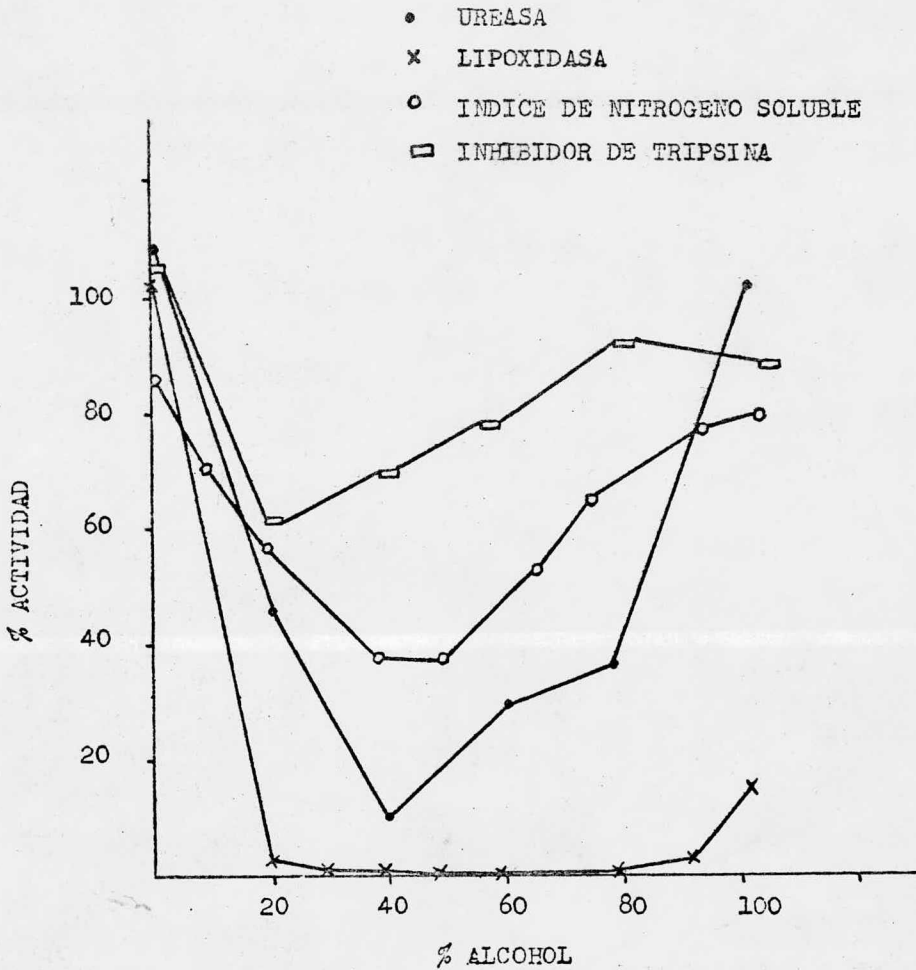


FIGURA 1.- EMPLEO DE SOLUCIONES ALCOHOLICAS ACUOSAS EN EL REMOJO DE FRIJOLES DE SOYA ENTEROS, Y SU EFECTO EN LAS ACTIVIDADES DE LA UREASA, LIPOXIDASA Y FACTOR ANTITRIPSICO.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 21.

De los cuatro constituyentes de la soya que fueron mencionados con características antinutricionales, solo los dos primeros se consideran como tales, ya que las saponinas y las isoflavonas no han demostrado tener definitivamente dicho comportamiento sino en muy baja escala, por lo que no se les puede adjudicar este caracter hasta tener más información (18).

En función de lo mencionado anteriormente, Mustakas y colaboradores (19); aclararon que los problemas básicos a vencer para adecuar la soya como alimento humano son los siguientes:

- a).- Obtener un producto agradable al paladar.
- b).- Inactivación de los factores antinutricionales.
- c).- Lograr una buena vida de anaquel.

Este último punto se relaciona directamente con el alto contenido de grasas insaturadas, las cuales son oxidadas en presencia de la enzima lipoxidasa que cataliza dicha reacción y la cual es responsable directa del sabor desagradable de los productos en base a soya.

Otra objeción más que se presenta al trabajar con el frijol soya, es el problema gástrico asociado con éste---y con otros frijoles, que es llamado comunmente flatulencia o formación de gases en el tracto digestivo, lo cual es debido a una fermentación microbiana (bacterias anaeróbicas como *Clostridium perfringens*) efectuada principalmente en la zona del cólon del intestino humano. Se ha visto, en el caso de la soya, que la fuente principal de carbohidratos para dicha fermentación se genera por una hidrólisis enzimática previa de los oligosacáridos (verbascosa, estaquiosa y rafinosa) que contiene.

Se comprobó que la flatulencia se reduce en gran proporción al añadir al producto de soya una cierta cantidad de bactericidas, como por ejemplo yodo-cloro-oxiquinoleína, substancia conocida por su al

ta eficacia en la destrucción de bacterias anaeróbicas (20).

El Dr. Karl L. Smiley y colaboradores (21); han trabajado sobre los oligosacáridos, principalmente rafinosa y estaquiosa, factores causantes de la flatulencia, usando enzimas inmovilizadas. Se emplea una preparación enzimática barata, específicamente un concentrado de alfa galactosidasa proveniente de una fuente vegetal, el cual es adaptado a un sistema recirculatorio por el que se hace pasar leche de soya; dicho sistema presenta varias ventajas sobre otros, como por ejemplo, el poder usar repetidas veces el complejo enzimático y también el impedir que los compuestos derivados de éste, no queden en contacto con el producto de soya y por consiguiente, no lo contaminan. El sistema consta de una especie de filtro o columna donde las moléculas de rafinosa y estaquiosa son lo suficientemente pequeñas para difundirse a través de los huecos de las fibras, lugar donde serán atacadas por la enzima alfa galactosidasa. Las moléculas de proteína de la soya, al ser más grandes, pasan entre las fibras sin penetrar por los huecos de éstas.

Dicho problema de la flatulencia ha sido también atacado por medio de un tratamiento alcalino, tratamiento que además de eliminar los oligosacáridos presentes en el frijol de soya, parece ser que también tiene un efecto mejorador en el sabor de las leches de soya obtenidas. Un remojo de los frijoles de soya enteros en agua, con adición de 0.5% de NaHCO_3 , ablanda los frijoles y ayuda a eliminar los oligosacáridos (22).

Khaleque y colaboradores (1970) concluyen que la leche de soya elaborada con frijoles remojados en agua con adición de Na_2CO_3 0.4 M presentaba el menor nivel de sabor vegetal.

Puertollano y colaboradores (1970), (23); mencionan que se

aprecia un sabor jabonoso en la leche de soya elaborada con frijoles que fueron remojados en agua con adición de 0.1% de NaOH, y concluye que los problemas relacionados con la adición de álcalis como mejoradores del sabor de las leches de soya requieren un estudio más extenso.

La manufactura de la leche de soya cuenta con varios procesos disponibles, y la elección del proceso es importante debido a que se implican diferencias de costo, sanidad y valor nutritivo del producto. La primera elección debe hacerse entre un proceso en seco y otro húmedo.

PROCESO SECO.- Este proceso implica un tratamiento con vapor para inactivar los factores antinutricionales y la lipoxidasa, enseguida se efectúa un secado y posteriormente el molido. El polvo seco puede ser suspendido en agua con un mezclador de alta velocidad u homogenizador (la homogenización reduce la sedimentación de los sólidos, ayudando a formar una suspensión más uniforme y estable) y finalmente, si es que se desea, se puede hacer un ajuste de composición.

PROCESO HUMEDO.- El proceso de extracción con agua de la leche de soya, puede reducirse a los siguientes pasos: Frijol de soya--Molido-con agua----Tratamiento térmico----Filtrado----Esterilizado---Embotellado o Secado.

Las diferencias en composición química, valor nutritivo y sabor son relativamente pequeñas, pero las diferencias en propiedades físicas son muy pronunciadas (24). Aunque hemos simplificado al máximo, vamos a analizar el efecto de las diferentes variables que pueden hacer variar este proceso:

Remojo.- La fabricación de la leche de soya por extracción de sólidos con agua, implica el molido de frijoles secos o preremoja-

dos. El frijol de soya puede ser primero molido en seco para formar una harina o se puede moler con agua; generalmente los frijoles que fueron preremojados se muelen con agua, aunque de cualquier manera la extracción se hace con agua para separar las fracciones solubles del residuo insoluble, ya sea por filtración o por centrifugación. Los chinos han usado tradicionalmente frijoles preremojados molidos con adición de agua, debido a la dificultad que esta operación presenta en seco.

Se encontró que a medida que transcurría el tiempo de remojo, los frijoles de soya sufrían una pérdida de sólidos solubles en el agua de remojo. En promedio los frijoles de soya remojados durante 24 horas resultaron con una pérdida del 5%, aumentando dicha pérdida al 10% en el transcurso de 72 horas de remojo en agua a una temperatura de 2 °C. El rango de pérdida es mayor en las primeras horas.

El porcentaje de composición del agua de remojo a 2 °C. durante 24 horas del grano de frijol soya, puede observarse en el cuadro # 2.

Puede notarse que del nitrógeno total, aproximadamente la mitad correspondió a nitrógeno no proteico. Después de 38 horas de remojo, en los sólidos del agua de remojo, la relación de nitrógeno proteico a nitrógeno no proteico permaneció constante 1 a 1. Al incrementarse el tiempo de remojo por 54 y 72 horas, la relación de nitrógeno proteico a nitrógeno no proteico varió 1 a 2.

En contraste con los sólidos del agua de remojo, los frijoles de soya, el residuo posterior a la extracción y la leche de soya obtenida, todos tuvieron alta la relación de nitrógeno proteico a nitrógeno no proteico en el rango de 21 a 1 hasta 42 a 1.

El decremento en proteína total (del 43% al 38% a las 24 ho

ras de remojo en agua a 2 °C.), fué acompañado por un incremento en el porcentaje de nitrógeno no protéico (del 0.16% al 0.28% a las 24 de re mojo en agua a 2 °C.). Dicho decremento de nitrógeno protéico es debi do aparentemente a cambios metabólicos. El incremento de nitrógeno no protéico presumiblemente es debido a polipéptidos y aminoácidos produc to de la degradación de proteínas.

Los análisis hechos para determinar si el remojo reduce las cantidades de rafinosa y de estaquiosa en la soya, mostraron que los oligosacáridos decrecen en frijoles remojados, pero sólo una pequeña proporción del decremento se encontró en el agua de remojo. Podría pa recer que durante el remojo algunos cambios bioquímicos ocurren, y que pueden ser relacionados con las transformaciones manifestadas durante los primeros pasos de la germinación (aunque es imposible que sean i- dénticos desde que el remojo envuelve una completa inmersión de la se milla y limita el abastecimiento de oxígeno). Referencias en la lite- ratura han reportado la desaparición de oligosacáridos durante la ger minación del frijol de soya, por lo que se tienen dos posibles caminos en los cuales el remojo puede alterar la composición del frijol de so ya:

- a).- Por filtrado de solubles, cuyo efecto se acentúa al re mojar a altas temperaturas por períodos cortos de tiem po.
- b).- Por cambios bioquímicos, que de ocurrir y ser similares a las transformaciones ocurridas durante la germinación, debemos esperar un incremento en aminoácidos libres a expensas de la proteína.

Steinkraus (1965), (25); reportó que el resultado más signifi- cativo de sus estudios sobre la leche de soya ese año, fué el descu-

CUADRO 2

PORCENTAJE DE COMPOSICION DEL AGUA DE REMOJO A 2 °C. DURANTE 24 HORAS DEL GRANO DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.

	g./100 g. DE SOLIDOS SECOS	% DE COMPOSICION
NITROGENO TOTAL	3.73	-
NITROGENO NO PROTEICO (a)	1.89	-
PROTEINA CRUDA	-	23.3
GRASA TOTAL	-	2.8
FIBRAS	-	0.8
SACAROSA (b)	4.47	-
RAFINOSA (b)	1.50	-
ESTAQUIOSA (b)	3.48	-
CARBOHIDRATOS TOTALES (POR DIFER.)	-	73.1

100.0

(a) Nitrógeno no protéico por el método de Becker (1940).

(b) Azúcares por el método de Shallenberger (1957).

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 30.

brimiento de que la leche de soya puede ser preparada a partir del frijol seco, el cual se muele con agua hirviendo. Al eliminar el proceso de hidratación que a la temperatura ambiente dá por resultado muchos cambios enzimáticos debidos a las primeras fases de la germinación, se obtuvo una leche de soya con mucho mejor sabor.

Debe señalarse que la hidratación del frijol cocido por 25 minutos en agua, es equivalente a la hidratación obtenida durante un remojo de frijoles secos en agua por un tiempo de 5 horas. Después de 15 minutos de cocimiento en agua, el grano de frijol se hidrata al doble de su peso original.

El proceso convencional de cocido del frijol de soya en agua, es más que suficiente para inactivar la ureasa presente en el mismo (dicha enzima no es tan susceptible al tratamiento térmico en comparación con la lipoxidasa u otras enzimas indeseables) (26).

Extracción: Caliente Vs. Fría.- En el proceso de extracción con agua para elaborar la leche de soya, los lípidos son puestos en contacto con la enzima lipoxidasa en presencia de oxígeno, produciéndose una rápida formación de peróxidos. La rancidez puede ser evitada por varios caminos, de los cuales el más simple a seguir es la extracción a alta temperatura para prevenir la acción de la lipoxidasa. El truco es extraer la leche antes de que el tratamiento térmico convierta insoluble a la proteína. Wilkens (27), reportó que moliendo el frijol de soya en agua a 80 °C. o más, se produce una leche relativamente libre de sabores desagradables. La temperatura de extracción de la leche de soya se ha investigado, obteniéndose los siguientes reportes: Tan (28), no reportó variación en la cantidad de sólidos cuando se extrajo la leche de soya entre 20 y 50 °C.; Beckel (29), usando temperaturas de extracción de 20 a 90 °C., reportó que de 70 a 75 °C. se obtu

vo un mayor rendimiento de proteínas.

Winston y colaboradores (30), hicieron un estudio de tres procesos para determinar el efecto de la temperatura de extracción en el rendimiento de sólidos, en el volúmen de leche de soya obtenido así como también en el pH de la misma, para lo cual se trabajó con un rango de temperatura comprendido entre 25 y 90 °C. Los resultados se exponen en los cuadros # 3, 4 y 5.

Rendimiento de Sólidos en la Leche de Soya.- Comparando los tres procesos, la leche de soya obtenida por el proceso B presentó el rendimiento de sólidos más alto, a casi todas las temperaturas de extracción (a pesar del 1.6% de pérdida en el agua de remojo), como se puede observar en la figura # 2.

Un decremento substancial en el rendimiento de sólidos fué observado para los tres pretratamientos a temperaturas de extracción de 85 °C. o más. Asimismo, se observó un aumento en el pH de la leche obtenida (valor más alto para la leche de soya preparada por el proceso B), paralelo al aumento de la temperatura de extracción, el cual puede deberse al cambio en la composición química de las proteínas extraídas a varias temperaturas. Lo anterior puede observarse en la figura # 3.

Volúmen obtenido de Leche de Soya.- En promedio, el mayor volúmen de leche de soya se obtuvo por medio del proceso B (soya remojada en agua). Dicho volúmen, también se vió reducido cuando los frijoles fueron molidos a temperaturas de 90 °C., lo cual fué resultado de las dificultades en el filtrado que se presentan por la formación de geles.

Temperaturas de extracción altas, mostraron ser deseables para producir una leche de soya relativamente libre de rancidez, aun-

CUADRO 3

A).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO FRIJOL DE SOYA SIN REMOJAR Y SIN CASCARA (PRETRATAMIENTO I.- CONTROL).

No. DE MUESTRA	TEMPERATURA INTERNA DE LA MUESTRA* (°C.)		pH	VOLUMEN DEL FILTRADO (ml.)	SOLIDOS EN LA LECHE DE SOYA (%)	REND. TOTAL DE SOLIDOS (g.)
	INICIAL	FINAL				
1-1	28	38	6.33	225	6.65	15.0
1-2	43	48	6.45	200	7.55	15.5
1-3	59	60	6.55	250	7.65	19.1
1-4	72	72	6.53	185	7.35	13.6
1-5	82	80	6.56	200	7.56	15.5
1-6	98	92	6.55	90	6.80	6.2
PROMEDIO			6.49	192	7.26	14.1

* 35 g. de soya más 358 ml. de agua (1:10), para efectuar la molienda.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 30.

CUADRO 4

B).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA
(PRETRATAMIENTO II).

No. DE MUESTRA	TEMPERATURA INTERNA DE LA MUESTRA* (°C.)		pH	VOLUMEN DEL FILTRADO (ml.)	SOLIDOS EN LA LECHE DE SOYA (%)	REND. TOTAL DE SOLIDOS (g)
	INICIAL	FINAL				
II-1	30	39	6.55	265	6.50	17.2
II-2	43	47	6.55	270	7.35	19.8
II-3	59	59	6.60	280	6.65	18.6
II-4	73	73	6.69	280	6.80	19.0
II-5	83	81	6.76	275	6.75	18.6
II-6	97	91	6.75	175	6.70	11.8
PROMEDIO			6.65	258	6.79	17.5

* 35 g. de soya más 300 ml. de agua (1:8.5), para efectuar la molienda.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 30.

CUADRO 5

C).- EXTRACCION DE SOLIDOS USANDO HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO
(PRETRATAMIENTO III).

No. DE MUESTRA	TEMPERATURA INTERNA DE LA MUESTRA* (°C.)		pH	VOLUMEN DEL FILTRADO (ml.)	SOLIDOS EN LA LECHE DE SOYA (%)	REND. TOTAL DE SOLIDOS (g.)
	INICIAL	FINAL				
III-1	29	33	6.49	75	5.75	4.32
III-2	43	48	6.43	45	-	-
III-3	60	61	6.64	145	8.10	12.80
III-4	72	74	6.63	100	8.35	8.35
III-5	82	81	6.64	105	7.10	7.48
III-6	98	90	6.62	80	7.45	5.95
PRONEDIO			6.58	100	7.35	7.78

* 35 g. de harina de soya más 350 ml. de agua (1:10), para efectuar la molienda.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 30.

que el empleo de temperaturas superiores a los 85 °C., puede ocasionar pérdidas de proteínas y sólidos en la leche obtenida.

Esterilización.- La leche de soya en soluciones acuosas, contiene principalmente proteínas, grasas y azúcares, lo cual es un medio ideal para el crecimiento de microorganismos, los que en general pueden ser formadores de ácidos, de gas y putrefactores.

Observaciones preliminares mostraron que los principales deterioros que sufre la leche de soya a temperatura ambiente son básicamente el cuajado de dicha leche (igual sucede con la leche de vaca), produciendo una caída del pH acompañada de la separación del suero y de la cuajada; el deterioro proteolítico apareció en la leche de soya almacenada una semana a 1 °C., provocando su putrefacción.

Winston y colaboradores, estudiaron la optimización del proceso de esterilización en la leche de soya y encontraron que el tiempo mínimo de operación para la esterilidad de la leche (utilizando el *Clostridium putrefactivas* como organismo de prueba, según lo indica The National Canners Association en Estados Unidos), fué estimado en 3 minutos a 121 °C. para la leche de soya con un contenido hasta del 7% de sólidos; (esterilización llevada a cabo en botellas de 180 ml.).

Ajuste de Composición.- Aunque la soya ha sido recomendada como un excelente componente en la dieta humana, es necesario ajustar su composición para lograr un verdadero sustituto de la leche de vaca, de manera que se aproxime lo más posible al valor nutritivo de ésta.

Metionina: Se sabe que la dieta humana es deficiente en betaina y en colina, que son las fuentes principales de los grupos metílicos necesarios para el metabolismo normal del cuerpo, por lo que la metionina es llamada a suplir las necesidades de los grupos metilo, debido a lo cual es indispensable que ésta se encuentre en la cantidad

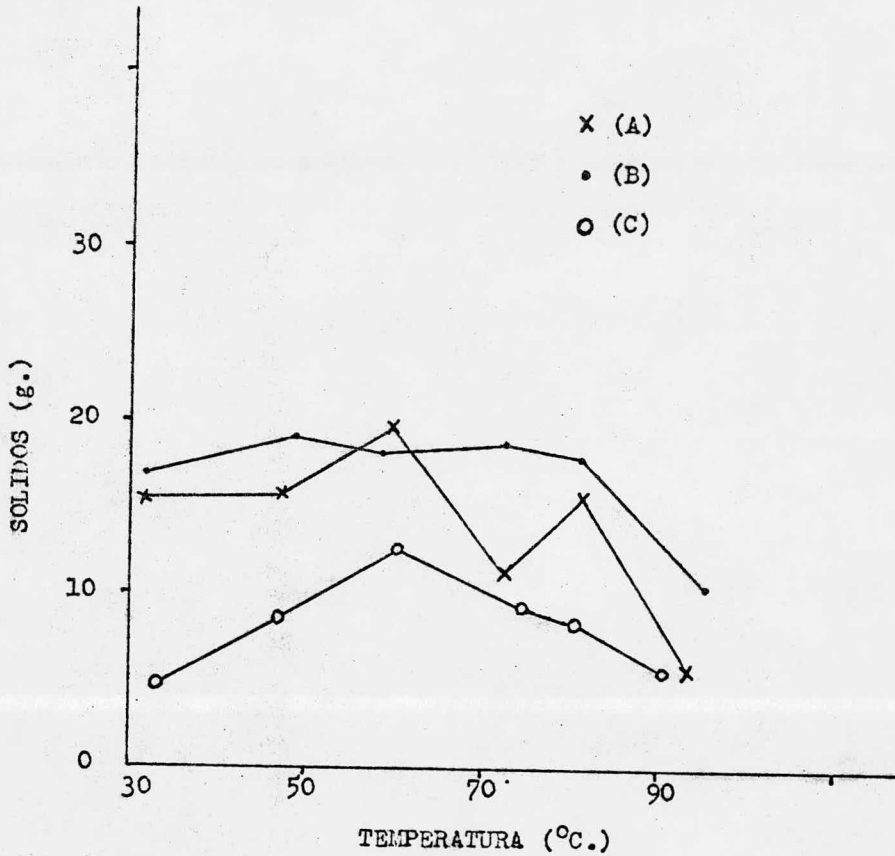


FIGURA 2.- RENDIMIENTO DE SÓLIDOS EN LA LECHE DE SOYA
 COMPARANDO LOS TRES PRETRATAMIENTOS:
 A).- FRIJOL DE SOYA SIN REMOJAR Y SIN CASCARA.
 B).- FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA.
 C).- HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.

FUENTE:

Referencia Bibliográfica # 30.

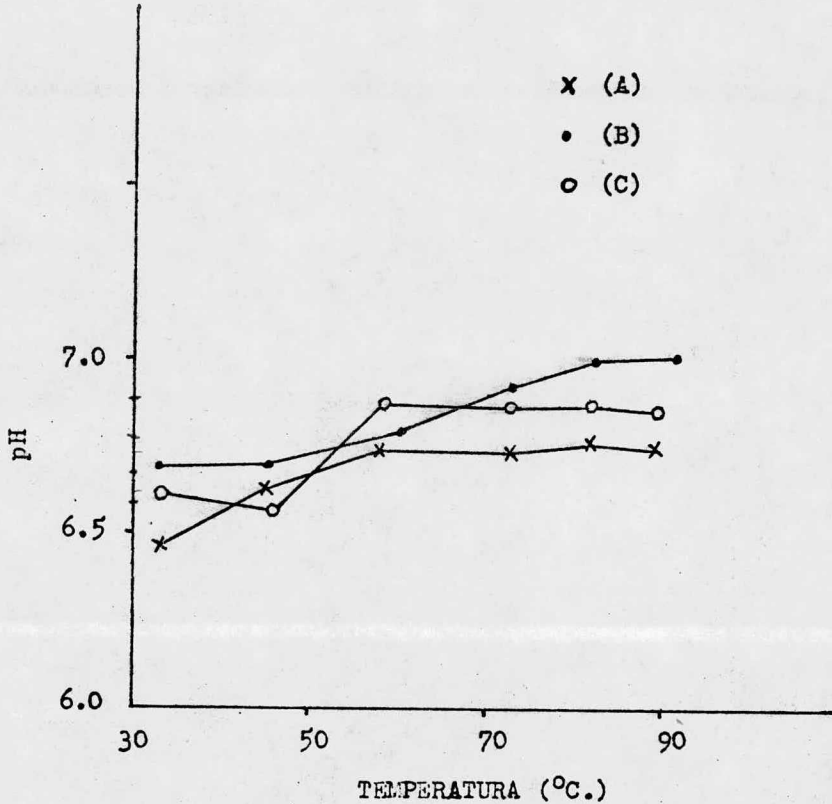


FIGURA 3.- pH DE LA LECHE DE SOYA COMPARANDO LOS TRES PRETRATAMIENTOS.
 A).- FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO SIN REMOJAR.
 B).- FRIJOL DE SOYA REMOJADO EN AGUA.
 C).- HARINA DE FRIJOL DE SOYA DESCASCARADO.

FUENTES:

Referencia Bibliográfica # 30.

adecuada dentro de la dieta humana, considerándosele como uno de los aminoácidos esenciales. La leche de soya contiene aproximadamente el 60% del contenido de metionina de la leche de vaca, por lo cual es necesario complementarla con DL metionina la cual es posible adquirirla a un precio razonable. De igual forma, el bajo contenido de metionina en la leche de soya se corrige parcialmente por la presencia en la dieta de otros alimentos que no son pobres en dicho aminoácido, tales como el maíz o los atoles que con él se preparan.

Calcio: La principal objeción al uso de la leche de soya como sustituto de la leche de vaca es su gran deficiencia en calcio, ya que su contenido es aproximadamente la quinta parte del que contiene la leche de vaca. El requerimiento normal de calcio por el hombre es de aproximadamente 1 g/100 g. de proteína ingerida; por lo que la dieta normal debe contener alrededor de 0.8 g. de calcio por día. La absorción de calcio por el tracto intestinal es favorecida por un medio ácido como el que establece la lactosa de la leche de vaca. La presencia de la grasa también ayuda, así como también la vitamina D es esencial para su utilización. Es necesario investigar que tan necesaria es la suplementación con calcio en las dietas de los consumidores de la leche de soya, ya que en algunos casos, los demás constituyentes de la dieta pueden proporcionar el calcio faltante.

Vitamina D: La existencia de una sustancia que previene el raquitismo fué reconocida como vitamina en 1922; el raquitismo es debido al inadecuado balance de calcio, fósforo y vitamina D en la dieta. Algunos concentrados elaborados con ciertos aceites de pescado, o con ergosterol irradiado mezclado con aceite vegetal, leche o crema, o mezclados con propilenglicol, pueden ser añadidos directamente a la leche con el fin de incrementar su contenido en vitamina D.

Sabores Enmascarantes.- Debido a las características organolépticas de la leche de soya, resulta frecuentemente necesario recurrir a un sabor que enmascare al indeseable, de ahí que resulten leches de diversos sabores (chocolate, fresa, etc.), de acuerdo a las inclinaciones del consumidor, existiendo la necesidad de obtener sabores de imitación.

La manufactura de los sabores de imitación tiene como objeto reproducir de la manera más cercana posible, el aroma y el sabor de un determinado material. Los componentes naturales que proporcionan el sabor, contienen sustancias aromáticas de estructura química que pueden ser reproducidas por procesos químicos.

La presencia e identificación de estos compuestos aromáticos puede ser lograda ya sea por análisis químicos, cuantitativa o cualitativamente. El tecnólogo que investigue los sabores deberá saber las condiciones en las que el sabor artificial va a ser usado para obtener el efecto requerido en su producto. Afortunadamente en la actualidad hay industrias dedicadas exclusivamente a la investigación y producción de estos sabores, siendo accesibles a precios razonables.

MÉTODOS Y MATERIALES

III.- METODOS Y MATERIALES

Dentro de este capítulo se describen las materias seleccionadas para iniciar el trabajo experimental, así como los diversos métodos y técnicas utilizadas para el análisis de éstas; también se presentan los procedimientos efectuados en el laboratorio para llegar a la obtención de la leche de soya y, finalmente, las técnicas empleadas para evaluar el producto terminado.

A.- PRUEBAS DE LABORATORIO.

a).- Materias Primas.

a.1 Soya (Glycine max).

Se seleccionaron diferentes presentaciones comerciales a fin de elegir la más adecuada para iniciar el proceso de elaboración del producto descrito. Entre dichas presentaciones del frijol soya se tienen: grano integral, harina integral y harina desgrasada.

a.2 Leche.

Se utilizó leche popular (Conasupo), adquirida siempre en el mismo establecimiento con el fin de mantener las muestras lo más uniformes posible; manteniéndola en refrigeración (nunca más de 48 horas) hasta el momento de ser utilizada.

a.3 Suero Lácteo.

Para este experimento se empleó suero lácteo deshidratado del tipo comercial.

b).- Métodos de Análisis.

Para llevar a cabo la caracterización de la materia prima, así como el control del producto terminado, se efectuaron los siguientes análisis.

b.1 Análisis Bromatológico.

Dentro de este análisis se incluyeron las determinaciones de

Sólidos totales (31), Humedad (31), Cenizas (31), Proteínas (31), Grasa (31), Fibra cruda (31) y Carbohidratos (31).

La descripción detallada de todas y cada una de las determinaciones mencionadas anteriormente se presentan en el anexo A.

c).- Procedimiento para la Elaboración de la Leche de Soya.

El término de leche de soya es aplicado generalmente al extracto acuoso del frijol de soya, con una apariencia similar a la leche de vaca.

Se elaboraron diversas muestras de leche de soya siguiendo el diseño experimental esquematizado en el diagrama de bloques de la figura # 4.

1.- Semilla.

Se usó frijol de soya (*Glycine max*) integral, proporcionado por la Asociación Americana de la Soya, en función de las ventajas que presenta sobre las otras presentaciones de la soya (harina integral y harina desgrasada), las cuales se mencionan en la sección correspondiente a RESULTADOS Y DISCUSION.

2.- Limpieza.

La materia prima algunas veces lleva partículas extrañas, polvo y piedras que deben ser extraídas o eliminadas antes de pasar a proceso. Para eliminar las impurezas que contiene la semilla, se efectúa un lavado con abundante agua fría, en donde las partículas contaminantes (principalmente basuras) se eliminan por flotación.

3.- Remojo.

Los frijoles de soya se colocan en un recipiente y se adiciona agua fría para dejarlos remojar durante 10-12 horas, tiempo necesario para que el grano de frijol de soya tenga el doble de su peso en base seca, lo cual facilita la molienda y aumenta la dispersión y solu

bilidad de los componentes de la semilla.

Se trabajó principalmente con tres lotes idénticos desde el punto de vista de su composición, variando solamente las condiciones del proceso, en general, el primer lote se formó con frijoles que fueron remojados en agua; el segundo lote se formó con frijoles que fueron remojados en agua con adición de una solución de NaHCO_3 al 0.5%, y el tercer lote se compuso de frijoles que fueron remojados en agua con adición de una solución de NaOH al 0.1%.

4.- Extracción.

Después de transcurrido el tiempo de remojo, se elimina el agua de remojo, lavando si es posible otra vez los frijoles remojados y quedando la materia prima lista para la fase crucial, es decir, la extracción, para lo cual se procede a moler los frijoles de soya en una licuadora de tipo casero.

El agua requerida varía de acuerdo con hábitos y paladares; en este caso se utilizaron 9 partes de agua por 2 partes de frijoles de soya remojados (relación en peso), es decir, por cada litro de agua se utilizan 250 g. de frijoles de soya remojados (aproximadamente 125 gramos de frijoles de soya en base seca).

La extracción se basa en la utilización de agua caliente, re-
deciéndose de este modo el sabor característico de la soya, ya que el agua caliente inactiva la enzima lipoxidasa que como se sabe es la responsable de la producción de todos los compuestos volátiles que imparten a la leche de soya su sabor característico, y que en muchos casos, imparte a la bebida sabores bastante desagradables. La temperatura se mantiene siempre arriba de 80°C . durante todo el proceso de extracción para completar la inactivación de la enzima. El tiempo de molien-
da es aproximadamente de 4-5 minutos.

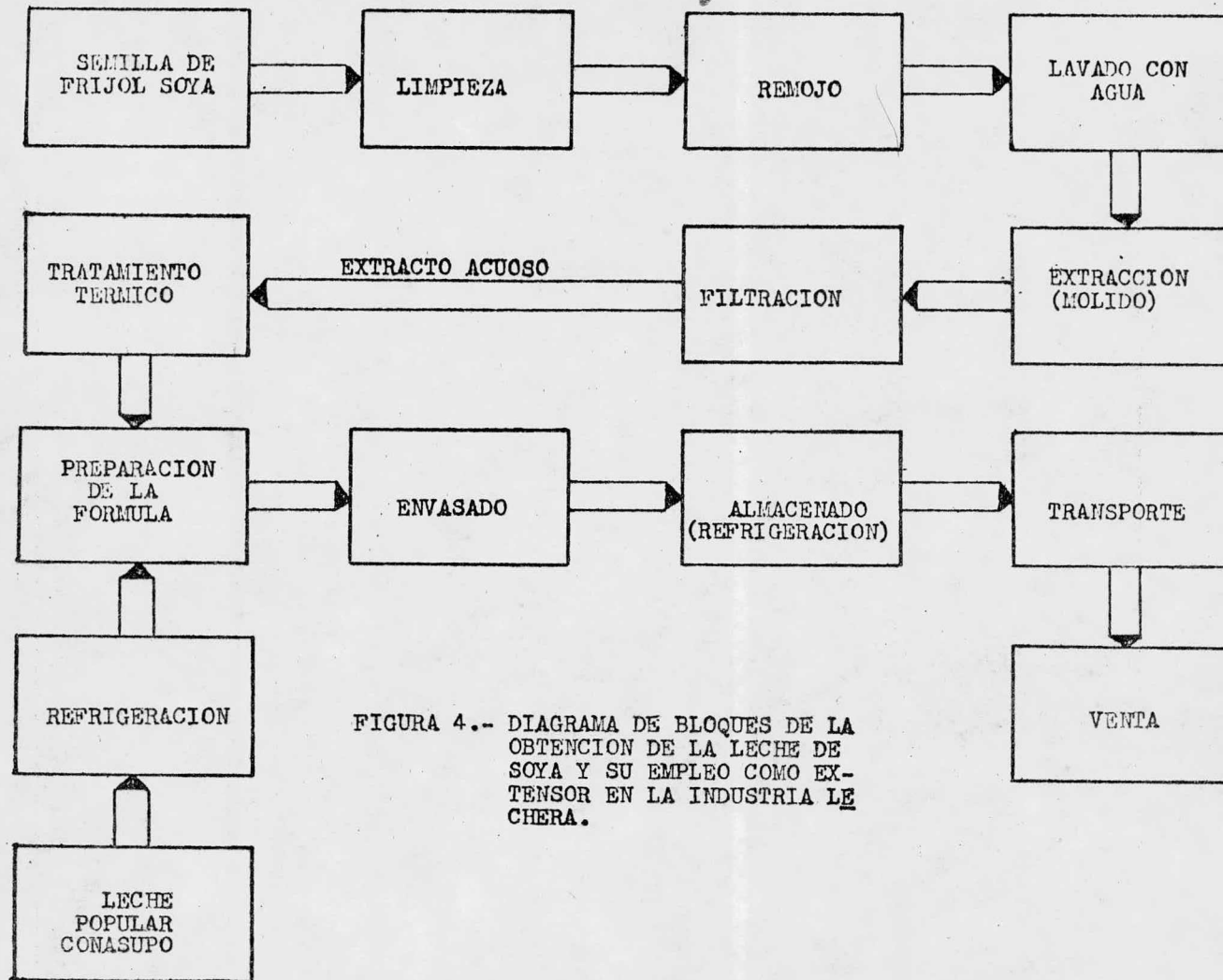


FIGURA 4.- DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OBTENCION DE LA LECHE DE SOYA Y SU EMPLEO COMO EXTENSOR EN LA INDUSTRIA LECHERA.

5.- Filtración.

Una vez molidos los frijoles de soya, la mezcla obtenida se filtra a través de una tela de tejido muy fino con el fin de obtener un líquido blanco que recuerda a la leche de vaca. En la tela usada a manera de filtro, quedará el residuo de la extracción de la leche de soya, también llamado torta o pasta residual.

6.- Tratamiento térmico.

La leche de soya en bruto así obtenida, no resulta apropiada para consumo humano porque contiene cierta cantidad de componentes volátiles, indeseables en cuanto a sabor, así como el llamado inhibidor de tripsina; como este último elemento no resiste la temperatura, se incluye en el proceso un tratamiento térmico que se efectúa después de la filtración y que consiste en calentar a ebullición durante 10 minutos la leche de soya obtenida. Dicho tratamiento térmico, además de destruir el inhibidor de tripsina, lleva a cabo una debida desodorización, lo cual proporciona un producto bastante aceptable tanto desde el punto de vista organoléptico como del sanitario.

d).- Preparación de las Fórmulas.

Se prepararon diversas fórmulas en las que intervinieron la leche de soya obtenida de la forma antes descrita y la leche popular Conasupo, variando los porcentajes de dichas leches como se observa en el cuadro # 6.

e).- Análisis Sensorial.

Fundamento: La evaluación de la calidad organoléptica de los alimentos se realiza por medio del análisis sensorial, que comprende una serie de métodos que se valen de la vista, el gusto, el olfato y algunas veces del tacto, para evaluar dicha calidad del producto.

Para que el análisis practicado sea representativo y verdade

FORMULACIONES COMPUESTAS POR LA LECHE DE SOYA Y
LA LECHE POPULAR (CONASUPO).

CUADRO 6

LECHE DE SOYA	LECHE POPULAR
10%	90%
20%	80%
30%	70%
40%	60%
50%	50%

(volúmen a volúmen)

ro en el resultado arrojado, debe ser realizado por un grupo de personas entrenadas que forman el panel sensorial.

En los métodos sensoriales objetivos, el catador emite un juicio objetivo de las muestras considerando solo aquello que constituye la buena o la mala calidad del producto de estudio. En uno de los métodos sensoriales objetivos, denominado Prueba de Comparación Múltiple, el juez recibe simultáneamente una muestra de referencia y varias muestras problema correctamente identificadas con un código. El juez las clasifica por escala, comparándolas con la muestra patrón o de referencia.

Para la evaluación sensorial de las fórmulas preparadas, se empleó el método descrito anteriormente, para lo cual, además de variar los porcentajes de la leche de soya y de la leche popular Conasupo, se adicionaron también, suero lácteo deshidratado y azúcar refinada con el fin de mejorar o asemejar lo más posible las propiedades organolépticas de la leche obtenida, con las propiedades organolépticas de la leche de vaca. Asimismo se consideró la adición de un sabor comercial de mantequilla, proporcionado por el I.F.F (International Flavors & Fragrances), en un rango comprendido entre 0.015% y 0.05%. Como control se usó la leche popular Conasupo e incluso varias marcas comerciales de leche de vaca.



RESULTADOS Y DISCUSION

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

La composición de las materias primas seleccionadas se presenta en el cuadro # 7.

Para estos experimentos se usó suero lácteo deshidratado comercial, sin embargo, se puede pensar en la utilización de suero fresco (Análisis representativo: Sólidos totales 6.5%; Lactosa 4.40%; Proteína 0.81% y Cenizas 0.61%); aunque ésto tendría que experimentarse, ya que la acidez del suero fresco varía mucho según el tipo de queso de que provenga. Antes de usar este tipo de suero, se debe ajustar el pH y determinar si el tratamiento térmico durante la manufactura del queso no ha afectado la estabilidad de la proteína.

Las proteínas del suero son solubles en agua, están formadas principalmente por alfa y beta globulinas y albúmina. A pH menores de 5, las cargas positivas son las predominantes en el sistema eléctrico de la lactoalbúmina en solución; dichas cargas se unen fuertemente a las cargas negativas de los grupos fosfatos presentes, dando como resultado la precipitación del complejo protéico. Por otra parte, a pH mayores de 5, la proteína se encuentra en estado aniónico, causando la disociación de los grupos fosfatos.

Dichas proteínas son ricas en grupos sulfuros y disulfuros, provenientes de los aminoácidos metionina, cistina y cisteína. Estos grupos juegan un papel importante en la formación de puentes intermoleculares que ayudan a la estabilización de la estructura de la proteína. Además de ésto, compensan la deficiencia de azufre de la soya al momento de ser mezcladas. Se dice que la proteína de suero de queso, es el complemento ideal para proteínas vegetales como la soya.

De las presentaciones de la soya consideradas como posibles materias primas, se seleccionó el grano de frijol soya, en base a las

ventajas que éste presenta con respecto a la harina de soya, ya sea integral o desgrasada; ya que aunque las diferencias en composición química, valor nutritivo y sabor son relativamente pequeñas, el empleo del grano de frijol de soya implica una simplicidad en el proceso, puesto que al emplear la harina de soya en cualquiera de sus presentaciones, hay que considerar el empleo de un mezclador de alta velocidad, de un homogenizador, y de otros equipos que en general, provocan que el proceso resulte más sofisticado y como consecuencia, se incrementa el costo de producción.

La diferencia en cuanto a sabor se refiere, entre la leche de soya obtenida por extracción con agua fría y la leche de soya obtenida por extracción con agua caliente puede ser demostrada fácilmente en cualquier laboratorio o cocina, empleando una licuadora de tipo casero y efectuando los siguientes pasos: dividir en dos porciones iguales una taza de frijoles de soya, previamente remojados en agua fría por varias horas y después de eliminar el agua de remojo, colocar una porción de frijoles en el vaso de la licuadora, agregar dos tazas de agua a temperatura ambiente y moler durante 4-5 minutos. La mezcla obtenida se coloca en un recipiente y se olfatea: el típico olor vegetal será fuertemente evidente.

Ahora, colocar la segunda porción de frijoles en el vaso de la licuadora, agregar dos tazas de agua hirviendo y moler también durante 4-5 minutos. (Precaución: si el vaso de la licuadora es de vidrio, se recomienda calentarlo paulatinamente con pequeñas porciones de agua caliente, porque de lo contrario puede romperse). Se coloca la mezcla molida en un recipiente y se olfatea: el olor vegetal no estará presente y en su lugar, se tendrá un ténue y placentero olor que recuerda el olor a cereal cocido. La diferencia en olor y sabor de las

CUADRO 7

COMPOSICION QUIMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS SELECCIONADAS (LECHE POPULAR CONASUPO Y SUERO LACTEO DESHIDRATADO).

DETERMINACIONES	LECHE POPULAR	SUERO LACTEO DESHIDRATADO
HUMEDAD g.%	88.50	2.0
SOLIDOS TOTALES g.%	11.50	98.0
CENIZAS g.%	0.57	8.10
GRASA g.%	3.25	1.2
PROTEINAS g.%	3.2	12.59
CARBOHIDRATOS g.%	4.47	76.11

dos leches de soya obtenidas es dramático.

Después de que los frijoles de soya han sido remojados y se encuentran listos para la extracción, es decir, la molienda con agua caliente, la mezcla difícilmente alcanzará el mínimo de temperatura aconsejado (80 °C.) debido al agua fría del remojo que contienen los frijoles; por eso, si no se pone sumo cuidado en las condiciones de esta operación de molienda, se obtendrá una leche de soya que casi siempre presentará el desagradable sabor vegetal.

Por lo que respecta a la adición del álcali en las diferentes operaciones del proceso de obtención de la leche de soya, a saber: remojo, extracción y tratamiento térmico, se concluye que se requiere un estudio más extenso de la adición de álcalis como mejoradores del sabor de las leches de soya, puesto que en ellas se aprecia un ligero sabor jabonoso cuando se adiciona una solución de bicarbonato de sodio al 0.5% en cualquiera de las operaciones mencionadas anteriormente. Igual sucede con una leche de soya que fué elaborada con frijoles previamente remojados en agua con adición de una solución de hidróxido de sodio al 0.1%.

Como consecuencia del análisis sensorial realizado, se desprende que la formulación compuesta por el 30% de leche de soya y el 70% de leche popular Conasupo fué la más aceptable, debido a que prácticamente en ella no se percibió el sabor vegetal.

Es conveniente indicar, que las formulaciones compuestas por un 10% y un 20% de leche de soya, tampoco se percibió dicho sabor vegetal y que su aceptabilidad fué mayor, pero en dichas formulaciones no se cumple con el principal objetivo fijado en la realización de este trabajo y que consiste en bajar los costos existentes. Por otra parte, las formulaciones compuestas por el 40% y el 50% de leche de soya

a pesar de que no presentan un sabor desagradable, se alejan del tradicional gusto de la gente por tener un sabor vegetal bastante más marcado.

La adición de 1% de suero lácteo deshidratado y 0.5% de azúcar a las formulaciones preparadas, mejoró notablemente sus propiedades organolépticas y además, logró que se aproximaran un poco más a las propiedades organolépticas de la leche de vaca. Por otro lado, también se obtuvieron resultados satisfactorios con la adición del sabor comercial de mantequilla, presentándose la mayor aceptación, en la formulación correspondiente a la adición de un 0.035% de dicho saborizante; pero lo anterior, además de que incrementaría un poco más los costos de producción, los juicios emitidos por los catadores tienen una mayor preferencia o aceptación por las formulaciones adicionadas con el suero deshidratado y el azúcar, pues parece ser, según se observó, que la adición del saborizante como mejorador del sabor de las leches formuladas, proporciona a éstas, un gusto que se puede denominar como un poco más "artificial".

En el cuadro # 8 se presenta la composición química tanto de la leche de soya obtenida, como la de la formulación correspondiente al juicio preferencial de los catadores, compuesta como se sabe, por un 30% de leche de soya, 70% de leche popular Conasupo, 1% de suero lácteo deshidratado y 0.5% de azúcar; también se presentan las composiciones químicas de la leche de vaca y de la leche materna, con un fin comparativo.

Se puede observar que el contenido de proteína es muy cercano al contenido proteico de la leche de vaca; sin embargo, existe la necesidad de determinar la calidad de la proteína de dicha formulación, para decidir si tiene un valor nutritivo que pueda reemplazar a proteí

CUADRO 8

COMPOSICION QUIMICA DE LA LECHE DE SOYA; DE LA FORMULACION CORRESPONDIENTE A UN 30% DE LECHE DE SOYA Y UN 70% DE LECHE POPULAR COMASUPO (ADICIONADA DE 1% DE SUERO LACTEO DES HIDRATADO y 0.5% DE AZUCAR) Y DE LAS LECHEs MATERNA Y DE VACA CON UN FIN COMPARATIVO.

DETERMINACIONES	g.% EN LA LECHE DE SOYA	g.% EN LA FORMULACION 30:70	g.% EN LA LECHE MATERNA*	g.% EN LA LECHE DE VACA*
HUMEDAD	91.77	88.4	87.6	87.3
SOLIDOS TOTALES	8.23	11.6	12.4	12.7
CENIZAS	0.5	0.63	0.21	0.72
GRASA	1.4	2.7	3.8	3.7
PROTEINAS	2.88	3.1	1.3	3.3
CARBOHIDRATOS	3.45	5.16	-	-
(LACTOSA)	-	-	7.0	4.8
FIBRA CRUDA	-	-	-	-

* Williams, H. H.
Diferences Between Cow's and Human Milk.
J.A.M.A., 175; 104, (1961).

nas más caras como la caseína.

Las proteínas tienen como función primaria, la de proveer los aminoácidos necesarios para que el organismo los utilice en la síntesis de sus propias proteínas, así como para su mantenimiento. La calidad de la proteína dependerá de la eficiencia por la cual se incorpora a las proteínas tisulares; lo que dependerá de las proporciones que guarden entre sí los aminoácidos indispensables que la formen. Se considera por tanto una proteína de buena calidad, aquella que tiene proporciones de aminoácidos en balance adecuado y parecido a las proteínas del organismo.

La evaluación de la calidad de las proteínas puede efectuarse ya sea por métodos químicos (se determina el aminograma de la proteína problema y se compara con el de la proteína patrón de referencia establecido por la FAO, en 1957), o por métodos biológicos (se determina la respuesta de animales de laboratorio a una dieta determinada que involucra a la proteína problema). Estas pruebas no se efectuaron por razones económicas.

En el cuadro # 9 puede observarse el análisis bromatológico del residuo o pasta residual, posterior a la obtención de la leche de soya.

Dicho residuo tiene aún un alto contenido de proteínas, grasa y carbohidratos, lo que explica las bajas concentraciones de estos compuestos en la leche de soya. Es indudable que tal residuo tiene propiedades nutritivas claras, por lo que debería ser aprovechado de alguna forma en la dieta familiar.

CUADRO 9

ANALISIS BROMATOLOGICO DEL RESIDUO DEL FRIJOL DE SOYA OBTENIDO DESPUES DE EXTRAER LA LECHE.

DETERMINACIONES	g. %
HUMEDAD	27.5
CENIZAS	3.5
FIBRA CRUDA	18.2
GRASA	8.83
PROTEINAS	10.53
CARBOHIDRATOS*	31.44

* Calculados por diferencia.

ESTIMACION DE COSTOS.- Efectuando un análisis superficial de costos (considerando solamente el costo de las materias primas), se puede tener una idea aproximada del costo de la formulación final correspondiente a un 30% de leche de soya, 70% de leche popular Conasupo, 1% de suero lácteo deshidratado y 0.5% de azúcar.

Estimación del Costo de la Formulación a Nivel Laboratorio.

A.- Costo de las Materias Primas.

a).- Leche popular Conasupo.- Fue adquirida en uno de los establecimientos de la ciudad de México, con un costo de 1.25 pesos por litro; aunque su costo real, es decir, sin tomar en cuenta el subsidio, es de aproximadamente 2.80 pesos por litro. Se manejaron lotes de 700 ml. para obtener un litro de la formulación final.

El costo total para el lote de 700 ml. fué de 1.96 pesos.

b).- Grano de frijol de soya.- Fue proporcionado por la Asociación Americana de la Soya, teniendo un precio al público de 10 pesos por kilogramo. Para obtener un litro de leche de soya, se emplearon 125 gramos de frijol en base seca. Se manejaron lotes de 300 ml. de dicha leche de soya, para obtener un litro de la formulación final.

El costo total para el lote de 300 ml. fué de 0.375 pesos.

c).- Suero lácteo deshidratado.- Fue adquirido en la cremería Holstein, con un costo de 16 pesos por kilogramo. Para un litro de la formulación final conteniendo 1% del suero lácteo deshidratado, el costo fué de 0.16 pesos.

d).- Azúcar refinada.- Fue adquirida en una tienda comercial de la ciudad de México, con un costo de 6 pesos por kilogramo. Para un litro de la formulación final conteniendo 0.5% de azúcar, el costo fué de 0.03 pesos.

Costo Total de la Materia Prima para obtener un litro de la

Formulación Final.- Se tiene un costo total de 2.52 pesos.

El costo anterior es aproximado, ya que para una estimación exacta del costo de cualquier producto, hay que considerar otras variables como el costo de la mano de obra, el consumo de la energía, la amortización del equipo; y no solo enfocarse en el costo de la materia prima.

CONCLUSIONES

V.- CONCLUSIONES

1.- Las recientes encuestas mundiales sobre la situación en que se encuentra la nutrición humana y sobre el aumento de población, llevados a cabo por la OMS (Organización Mundial de la Salud), la FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations) y otros organismos, han puesto de relieve la necesidad de aumentar los suministros de alimentos.

La producción de alimentos considerada a escala mundial, resulta desequilibrada y no aumenta tan rápidamente como la población; en el problema global, que supone el superar la escasez de alimentos en el mundo, proporcionar proteínas suficientes ocupa un lugar especial, sobre todo en los países menos avanzados desde el punto de vista técnico y densamente poblados. Existe, pues, la urgente necesidad de aumentar los suministros de proteínas mediante la explotación de todos los recursos disponibles y de todas las técnicas conseguidas. A este respecto, se reconocen universalmente las posibilidades de las proteínas contenidas en las semillas oleaginosas para consumo humano.

2.- En virtud de su gran producción mundial, bajo costo y convenientes propiedades nutritivas y funcionales, la semilla de soya puede contribuir substancialmente a satisfacer las necesidades mundiales de proteína alimenticia. En años recientes se han hecho notables avances en cuanto a investigación y desarrollo por lo que respecta a los procesos de elaboración de la soya, así como a su utilización, y podría predecirse el comienzo de una nueva era en el uso de la soya como alimento humano.

El consumo de la leche de vaca recomendado por los especialistas es el siguiente: un litro diario para madres gestantes y niños, y un mínimo de medio litro para el resto de la población. No obstante

el consumo nacional per cápita es considerablemente más bajo; en 1978 registró un déficit nutricional de 12,300 millones de litros, en tanto se estima que para 1982 ascenderá a los 14,000 millones, frente a una producción de sólo 9,320 millones de litros.

Este marcado y creciente desequilibrio entre la demanda virtual, es decir, las necesidades reales y la producción, reconoce como origen la confluencia de muy diversas causas. Pueden señalarse en ese sentido: la baja tasa de inversión en bienes de capital, que hace que la producción se mantenga dentro de métodos anticuados, impropios para hacer frente a los requerimientos del mercado actual; una inadecuada alimentación del ganado, que se traduce en bajísimos rendimientos lecheros; insuficiencia en el reemplazo anual del ganado; despreocupación por cruces genéticos que podrían mejorar la calidad de los animales y, correlativamente su rendimiento, etc.

Asimismo, es interesante puntualizar que el bajo consumo per cápita refleja solamente un promedio, pero analizando en su composición interna se comprueba que la mitad de nuestra población casi no toma leche en absoluto. Lógicamente, esa mitad está ubicada en los estratos de menores recursos y en las zonas rurales, afectando particularmente al sector infantil. El propósito de la leche de soya es el de ofrecer a estas poblaciones una alternativa de bajo costo independientemente de que, sin discusión, la calidad nutritiva de la leche de vaca es superior.

3.- Como la soya es un alimento exótico en el hemisferio occidental, aunque uno de los más tradicionales en Asia, se piensa que la preparación de la leche de soya en forma suficientemente simple para el nivel casero, representa la oportunidad de utilizar un recurso alimenticio hasta ahora prácticamente desperdiciado.

4.- Dado que la soya recibe gran atención en la actualidad al usarse como "extensor" de la carne para la elaboración de embutidos, y que también ha sido utilizada con éxito para "extender" leche y productos lácteos, y si además la demanda es más alta que la producción, se vuelve cada vez más conveniente "extender" a su vez a la soya con alguna proteína vegetal complementaria.

5.- Se observa la relación existente entre las propiedades organolépticas de la leche de soya obtenida con respecto a las condiciones del proceso que se siga, siendo relativamente fácil la obtención de una leche de soya que presente una buena aceptabilidad en el mercado.

La leche de soya que es elaborada por el método de extracción que emplea agua caliente (temperatura no menor a los 80 °C.), y que es el método empleado en el desarrollo de este trabajo; es suave en sabor y aceptable para la mayoría de la gente. El proceso seguido puede resumirse en los siguientes puntos:

Limpieza del grano de frijol de soya con agua fría.

Remojo en agua fría durante 10-12 horas.

Molienda en una licuadora de tipo casero aproximadamente durante 4-5 minutos, empleando 2 partes de soya remojada por 9 partes de agua caliente (a ebullición); lo que equivale más o menos a 250 g. de soya remojada (125 g. aproximadamente de soya en base seca), por cada litro empleado de agua caliente.

Filtración a través de una tela de tejido fino, obteniéndose por un lado el extracto acuoso y por otro lado la torta o pasta residual.

Tratamiento térmico del extracto acuoso; para lo cual se calienta a ebullición durante 10 minutos, teniéndose prácticamente ya

la leche de soya.

Preparación de las Formulaciones; las cuales están compuestas por diferentes porcentajes tanto de la leche de soya como de la leche popular Conasupo, encontrándose que la formulación óptima presenta la siguiente composición: 30% de leche de soya, 70% de leche popular Conasupo, 1% de suero lácteo deshidratado y 0.5% de azúcar refinada.

Envasado.

Almacenamiento (refrigeración).

6.- El proceso descrito anteriormente, proporciona una leche con aproximadamente el mismo contenido protéico que el de la leche de vaca y un contenido graso de cerca de un tercio que el de la leche de vaca. La exacta composición final dependerá del contenido de proteína y grasa de los frijoles de soya que sean usados, así como también de algunas variables en el proceso.

La leche obtenida puede ser formulada de muchas formas diferentes para satisfacer los diversos gustos o estar de acuerdo con las preferencias regionales, tradiciones, o necesidades nutricionales especiales. La leche de soya puede adicionarse de chocolate, coco, frambuesa, caramelo y muchos otros saborizantes. Puede también ser fortificada con grasa extra o con vitaminas y minerales (ya que por ejemplo, su contenido de calcio es bastante más bajo que el de la leche de vaca). La correcta combinación de grasa, azúcar y si es que se desea, un sabor artificial de mantequilla, proporciona un producto cuyo sabor se aproxima al sabor de la leche de vaca.

7.- En lo que respecta al proceso de la elaboración de la leche de soya, se observa que no es necesaria la implantación de un complejo equipo, el cual se podría regucir fundamentalmente a:

Tanques de remojo.

Molino.
Filtro prensa.
Pasteurizador.
Envasadora.

Con lo antes mencionado, se puede deducir que el costo inicial para la instalación de una planta piloto productora de leche de soya sería bajo.

8.- Es importante recalcar, que la torta o pasta residual que se deriva de la obtención de la leche de soya, puede utilizarse para la elaboración de alimento para el ganado, o bien, puede pensarse en la elaboración de galletas para consumo humano, ya que dicha pasta aún contiene del 10 al 20% de la proteína original.

9.- La industrialización de México ha ido expandiéndose notablemente en los últimos años, esto ha tenido como resultado problemas de contaminación del medio ambiente que día a día se agravan más.

En un futuro no muy lejano, las fábricas de quesos, se podrían ver afectadas por restricciones que el gobierno pueda poner sobre la eliminación de desechos tales como el suero. Actualmente en los Estados Unidos está prohibida la eliminación de suero en forma líquida, por lo tanto, las fábricas se ven obligadas a deshidratarlo y aprovecharlo en nuevos productos alimenticios.

Lo anterior suena interesante, ya que el uso de suero en la fabricación de un subproducto (como lo representa la leche de soya), en las fábricas de quesos, podría ser una buena solución al problema de desperdicio de estos valiosos materiales.

BIBLIOGRAFIA

VI.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Utilization of Soy Protein in Foods.
World Soy Protein Conference.
Munich, Nov. 11-14, (1973).
J.A.O.Ch.S., 51 (1), (1974).
- 2.- Bourges, H.
La Participación de la Tecnología de Alimentos en la Solución de los Problemas Nutricionales.
Rev. Tecnología de Alimentos, 7 (4), (1972).
- 3.- Chávez, A.
Encuestas Nutricionales en México.
Publicación L-20 de la División de Nutrición.
I.N.N., (1974).
- 4.- Daniel, M.P.; Arroyo, A.P. y Coronado, L.
Nutrición, Clave del Bienestar.
Ed. Taloc S.A., México, (1973).
- 5.- Chávez, A.
La Prevención de la Desnutrición Infantil.
Salud Pública de México, 8 (1), (1966).
- 6.- Ramírez, J.; Arroyo, A.P. y Chávez, A.
Aspectos Socioeconómicos de los Alimentos y la Alimentación.
Rev. de Comercio Exterior, México, 21 (8), (1971).
- 7.- Bourges, H.
Las Proteínas no Tradicionales en la Alimentación Humana.
Conferencia presentada en el seminario "Alimentos Proteínicos no Tradicionales en México".
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., 11 de julio (1974).
- 8.- Hand, D.B.
Soybean Products for Human Nutrition.
Department of Food Science and Technology.
New York State Agricultural Experiment Station.
Geneva, Cornell University.
- 9.- Mustakas, G.C.; Albrecht, W.J.; Bookwalter, G.M.; Sohns, V.E. and Griffin, E.L. Jr.
New Process for Low Cost, High Protein. Beverage Base. (Proceso y Formulación de una Base de Soya para Substituto de Leche).
Food Technology, 25, 534, (1971).

- 10.- Kawamura, S.
 Proceedings of the International Conference on Soybean Protein Foods.
 Agricultural Research Service. Department of Agriculture.
 Peoria, III, (1967).
- 11.- Coppock, J.
 Soy Proteins in Foods. Retrospect and Prospect.
 J.A.O.Ch.S., 51 (1), (1974).
- 12.- Hernández, M.; ^{1 51 (1974)}Chávez, A. y Bourges, H.
 Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Tablas de Uso Práctico. Publicación L-12 de la División de Nutrición.
 I.N.N., (1974).
- 13.- Noyes, R.
 Protein Food Supplements.
 Noyes Development Corporation.
 New Jersey, U.S.A., (1969).
- 14.- Chen, P.
 The Chemical Elements.
 South Lancaster Mass., (1956).
- 15.- Tecnología de la Producción de Harinas Comestibles y Productos Proteínicos a partir de la Soya.
 Servicio de Industrias de la Agricultura y la Alimentación.
 Boletín de Servicios Agrícolas # 11.
 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
 Roma, (1975).
- 16.- Bourne, C.M.
 Recent Advances in Soybean Milk Processing Technology. PAG Bulletin # 10, (1970).
 Further Study of Documentation Needs.
 Geneva, Cornell University.
- 17.- Nelson, A.I.; Steinberg, M.P. and Wei, L.S.
 Illinois Process for Preparation of Soymilk.
 J. Food Science, 41, (1976).
- 18.- Wolf, J.W.
 Trypsin Inhibitors, Hemagglutinins, Saponins and Isoflavones of Soybeans.
 Proceedings of International Conference of Soybean Protein Foods.
 Peoria, Illinois, (1967).

- 19.- Mustakas, G.C.; Albrecht, W.J.; Mc. Ghee, J.; Black, L.; Bookwalter, G.W. and Griffin, B.L. Jr.
J.A.O.Ch.S., 46, 624, (1969).
- 20.- Badui, S.
Breve Examen de los Problemas de Aceptación de los Productos Alimenticios a Base de Soya (Flatulencia).
Rev. Tecnologia de Alimentos, 8 (3), (1973).
- 21.- Tallent, W.H.
Current Oilseed Investigations at the Northern Regional Research Center.
Northern Regional Research Center. Agricultural Research Service.
United States Department of Agriculture.
Peoria, Illinois, (1977).
- 22.- New Interest in Soy Milk.
Soybean Digest, 37 (1), (1976).
- 23.- Bourne, C.M.
Effect of Sodium Alkalis and Salts on pH and Flavor of Soy Milk.
J. Food Science, 41, (1976).
- 24.- Hand, D.B.
Proceedings of the International Conference on Soybean Protein Foods.
Agricultural Research Service. Department of Agriculture.
Peoria, III, (1967).
- 25.- Steinkraus, K. and Hackler, L.
Annual Progress Report for the Year 1965.
Project 129. Dated february 24, (1966).
New York State Agricultural Experiment Station.
Geneva, New York.
- 26.- Berra, R.
Efecto del Remojo en Algunas Propiedades Físicas, Bioquímicas y Organolépticas de la Soya.
Rev. Tecnologia de Alimentos, 9 (2), (1974).
- 27.- Wilkens, W.; Mattick, L. and Hand, D.
Effect of Processing Method on Oxidative Off-Flavors of Soybean Milk.
Food Technology, 21, 1660, (1967).
- 28.- Tan, B.
Technology of Soy Milk and Some Derivates.
Theses.
Agri. Univ. of Wageningen.
Netherlands, (1958).

- 29.- Beckel, A.; Belter, P. and Smith, A.
Soybean Protein Production.
Ind. Eng. Chem., 38, 731, (1946).
- 30.- Reyes, J.Fco.
Substitutos de Leche de Origen Vegetal.
Tesis Profesional, (Monografía).
Facultad de Química. U.N.A.M.
México, (1973).
- 31.- Official Methods of Analysis of the Association of
Official Agricultural Chemists.
10^a. Ed.
Washington, D.C., (1965).

ANEXO A (METODOS Y TECNICAS)

METODOS Y TECNICAS

HUMEDAD (31)

FUNDAMENTO.

La determinación de la cantidad de agua de un alimento, se puede efectuar directamente en una balanza de humedad, por evaporación al vacío o por determinación de sólidos totales.

I.- Determinación por balanza de humedad.

MATERIAL

Balanza Ultra X.
Platillos de la balanza.

TECNICA.

Se tara el mecanismo de pesada con la pesa de 10 g. y se ajusta el cero. Se coloca la muestra (10 g.) y se enciende la fuente de energía luminosa de acuerdo a la intensidad deseada. Una vez que no exista variación, se lee directamente el % de humedad en la escala de la balanza.

II.- Sólidos Totales.

MATERIAL.

Crisoles de porcelana.
Pinzas para crisol.
Baño de vapor.
Estufa de desecación.
Desecador.
Balanza analítica Sartorius.

TECNICA.

Se pesan 5 g. de muestra en un crisol de porcelana tarado, se evapora sobre un baño de vapor por 10 min., y enseguida se pasa a la estufa de desecación a 95-100 °C. hasta peso constante. El crisol se enfría en un desecador y se pesa.

CALCULOS.

% sólidos totales: $100 - \frac{\text{peso de la humedad} \times 100}{\text{peso de muestra}}$

CENIZAS (31)

FUNDAMENTO.

Las cenizas forman la parte mineral de un alimento. La materia orgánica a elevada temperatura se quema produciendo agua, bióxido de carbono y calor, quedando los minerales que no sufren cambios.

MATERIAL.

Crisoles de porcelana.
Pinzas para crisol.
Mechero.
Mufla.
Desecador.
Balanza analítica Sartorius.

TECNICA.

Se pesan 5 g. de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado. Se evapora por 15 min., se lleva a una estufa de desecación calentada a 100 °C. durante dos horas y se pasa a la mufla a 550 °C. hasta la obtención de un residuo de cenizas libres de carbón.

El crisol se enfría dentro de un desecador y se pesa.

CALCULOS.

% de cenizas: $\frac{\text{peso de las cenizas}}{\text{peso de muestra}} \times 100$

PROTEINAS TOTALES (31)

(Método de Kjeldahl)

FUNDAMENTO.

Las proteínas y demás materias orgánicas son oxidadas por el ácido sulfúrico hasta agua y bióxido de carbono; el nitrógeno que se encuentra en forma orgánica se reduce a amonio, el cual se fija como sulfato de amonio que es de gran estabilidad. Al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte se desprende amoníaco que se destila

y recibe en un volumen conocido de ácido valorado. Por titulación del ácido no neutralizado se calcula la cantidad de amoníaco desprendido, y así la cantidad de nitrógeno de la muestra. El porcentaje de nitrógeno multiplicado por un factor (6.38 para producto lácteo, 6 para soya, 6.25 para harinas, etc.) dá el porcentaje de proteínas.

I.- Macrokjeldahl.

MATERIAL.

Aparato Kjeldahl de digestión y destilación "Lab-Conco".
 Matraces Macrokjeldahl.
 Matraces Erlenmeyer de 500 ml.
 Pipetas graduadas de 5 ml.
 Bureta graduada de 50 ml.
 Probetas graduadas de 25 y 50 ml.

REACTIVOS.

Acido sulfúrico concentrado, R.A.
 Solución concentrada de sosa, (40 g. en 40 ml. de agua).
 Acido clorhídrico, 0.1 N.
 Hidróxido de sodio, 0.1 N.
 Sulfato de cobre pentahidratado, R.A.
 Sulfato de potasio, R.A.
 Solución de Rojo de Metilo, 0.1%.

TECNICA.

Se pesan en balanza analítica alrededor de 2 g. de muestra (o se miden 5 ml. de leche) en papel glassine y con todo y papel se introduce en un matraz de Kjeldahl; se agregan 0.3 g. de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10 g. de K_2SO_4 y 25 ml. de H_2SO_4 conc. y se añaden pedazos de plato poroso para regular la ebullición en la destilación (no olvidarlos).

Se coloca el matraz en posición inclinada mediante soporte y pinzas y se calienta bajo la campana con mechero, primero lentamente hasta que cesen los humos blancos. Se coloca un erbufo de cola corta en la boca del matraz y se sigue calentando, aumentando la llama del mechero hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución debe quedar completamente clara. Enfriar y diluir con 200 ml.

de agua destilada y enfriar sobre hielo.

Añadir una solución concentrada de sosa que también ha sido enfriada sobre hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz, de manera que se estratifiquen las dos soluciones. Conectar inmediatamente el matraz a la alargadera del Kjeldahl, unida fuertemente al refrigerante, que a su vez va conectado a una alargadera que va introducida en la solución de HCl valorado (50 ml. de HCl 0.1 N.).

Las conexiones deben ser de hule para dar un ajuste perfecto y evitar las fugas.

Una vez conectado el matraz, agitar para mezclar las dos capas e inmediatamente calentar. Destilar aproximadamente 150 ml. Suspender la destilación, retirando primero el matraz con el destilado antes de retirar el mechero para evitar el sifoneo.

Titular el exceso de ácido con solución valorada de NaOH 0.1 N. utilizando rojo de metilo como indicador hasta vire amarillo.

Corregir mediante una determinación en blanco de los reactivos usados, empleando sacarosa (1 g.) en lugar de muestra.

CALCULOS.

$$\% \text{ nitrógeno: } \frac{(\text{ml. blanco} - \text{ml. problema}) \times N \text{ NaOH} \times 0.014 \times 100}{\text{g. de muestra}}$$

$$\% \text{ proteínas: } \% \text{ nitrógeno} \times \text{factor.}$$

II.- Microkjeldahl.

MATERIAL.

Aparato Kjeldahl de digestión y destilación "Lab-Conco".
 Matraces Microkjeldahl.
 Matraces Erlenmeyer de 100 ml.
 Pipetas graduadas de 1 y 2 ml.
 Bureta graduada de 50 ml.
 Probetas graduadas de 15 y 20 ml.

REACTIVOS.

Acido sulfúrico concentrado, R.A.

Oxido de Mercurio, R.A.
 Sulfato de Potasio, R.A.
 Acido bórico Q.P., 4%.
 Hidroxiso de sodio Q.P., 50% en agua.
 Acido clorhídrico, 0.01 N.
 Solución indicadora (mezclar 2 partes de una solución alcohólica de rojo de metilo al 0.2% con una parte de solución alcohólica de azul de metileno al 0.2%).

TECNICA.

Pesar 100 mg. de muestra (ó 0.5 ml. de leche) en un pedazo pequeño de papel glassine, envolver bien para que no se salga la muestra e introducirla en el matraz microkjeldahl; añadir 2 g. de sulfato de potasio, 40 mg. de óxido de mercurio, 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado y unas perlas de vidrio para regular la ebullición. Colocar el matraz en el digestor y calentar hasta la total destrucción de la materia orgánica, o sea hasta que el contenido del matraz esté completamente claro y no presente residuos negros de materia orgánica.

Dejar enfriar, disolver el residuo en la menor cantidad de agua posible (5-10 ml.), pasar dicho residuo ya disuelto al aparato de destilación y enjuagar el matraz tres veces con pequeñas porciones de agua, añadiendo estos lavados al aparato de destilación.

A la salida del condensador del destilador, colocar un matraz Erlenmeyer de 100 ml. que contenga 15 ml. de ácido bórico y 5 gotas del indicador. Añadir 20 ml. de NaOH 1:1 al aparato de destilación, empezar la destilación y continuarla hasta que se obtengan 50 ml. del destilado.

Retirar el matraz del aparato destilador y titular con el HCl 0.01 N. hasta la primera aparición del color violeta. Hacer un blanco utilizando un pedazo de papel glassine sin muestra y proceder de la misma manera.

CALCULOS.

% nitrógeno: $\frac{(\text{ml. problema} - \text{ml. blanco}) \times N \text{ HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{g. de muestra}}$

% proteínas: % nitrógeno X factor.

GRASA CRUDA (31)

FUNDAMENTO.

La grasa de los alimentos es extraída de diferentes formas, según el tipo de muestra. En leche, se procede a extraerla por la acción de una mezcla de solventes; los que además de las grasas, arrastran otros compuestos orgánicos como son ácidos grasos, fosfolípidos, vitaminas, esteroides, hidrocarburos, etc.

MATERIAL.

Aparato extractor de grasa "Lab-Conco".
 Vasos para extracción de grasa de 80 ml., previamente tarados.
 Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
 Pipetas volumétricas de 10 ml.
 Probetas graduadas de 50 y 100 ml.
 Embudos.
 Agitadores con puntas de goma.
 Papel filtro Watman # 42.
 Desecador.
 Balanza analítica Sartorius.
 Colectores de solvente.

REACTIVOS.

Mezcla de cloroformo-metanol 2:1.

TECNICA.

A 10 ml. de la muestra se le adiciona 100 ml. de la mezcla de solventes, se agita y deja reposar durante 3 horas, agitando ocasionalmente. Se filtra sobre papel filtro y se lava el residuo con 2 porciones de 10 ml. del solvente. El filtrado se lleva al aparato extractor usando el colector hasta la eliminación total del solvente.

Se colocan los vasos conteniendo la grasa en un desecador, y después de esperar a que se enfríen se pesan.

Quando la muestra es sólida, se pesa de 2 a 5 g. en un cartucho poroso. En un vaso para grasa, previamente tarado, se adiciona de 70 a 80 ml. de la mezcla de solventes. Se coloca el cartucho y el vaso en el aparato extractor y la extracción se lleva a cabo por goteo continuo durante 8-10 horas. Se evapora el solvente hasta su total eliminación. Se coloca el vaso en una estufa a 100 °C. hasta peso constante, se enfría en un desecador y se pesa.

CALCULOS.

$$\% \text{ grasa: } \frac{\text{peso de la muestra en g.} \times 100}{\text{peso de la muestra en g.}}$$

Un método rápido para la determinación de grasa en la leche, es el método Mojonnier, cuya técnica se describe a continuación:

Se colocan 10 ml. de leche en un embudo de separación y se agregan (agitando vigorosamente en cada adición), 1.5 ml. de amoníaco, con el fin de precipitar las proteínas; 10 ml. de etanol; 25 ml. de éter etílico y 25 ml. de éter de petróleo.

Después de agitar y dejar reposar, se forman dos fases, la fase etérea (superior) se coloca en una cápsula de porcelana previamente tarada, la cual se lleva a la campana para posteriormente evaporar dicha fase etérea por medio de una manta de calentamiento o con una parilla magnética con superficie de calentamiento.

Finalmente se coloca la cápsula de porcelana en una estufa a 80-100 °C. con el fin de eliminar residuos de agua.

Los cálculos se efectúan de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso de la cápsula después de la extracción} - \text{Peso de la cápsula tarada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de grasa.}$$

Si se parte de leche deshidratada, lo que se hace es tomar 10 g. de muestra, disolverlos en agua empleando un matraz aforado de 100 ml.; una vez aforada la solución, se toman 10 ml. y se trabaja

exactamente igual que si se tratara de la leche fluída. Para los cálculos, la diferencia del peso de la cápsula después de la extracción, menos el peso de la cápsula tarada se multiplica por 20.

FIBRA CRUDA (31)

FUNDAMENTO.

Se llama fibra cruda a toda substancia orgánica contenida en una muestra que no sea soluble en éter y que carezca de nitrógeno.

La fibra cruda está constituida por carbohidratos del tipo polisacáridos no metabolizables como celulosa, pentosanos, lignina, etc., que resisten la hidrólisis ácida y alcalina sucesivamente.

MATERIAL.

Condensador de fibra cruda "Lab-Conco".
 Vasos Berzelius de 600 ml.
 Filtros California de 200 mallas.
 Matraces kitasato de 750 ml.
 Crisoles de porcelana.
 Estufa.
 Lufra.
 Desecador.

REACTIVOS.

Acido sulfúrico, R.A. al 1.25% (0.255 N.).
 Hidróxido de sodio, R.A. al 1.25% (0.313 N.).
 Alcohol etílico al 99.5%.
 Asbesto tratado.

TECNICA.

En un vaso Berzelius se colocan de 2 a 4 g. de muestra desengrasada y 0.5 g. de asbesto tratado, se agregan 200 ml. de ácido sulfúrico caliente, mezclando inmediatamente y se coloca el vaso sobre la parilla del condensador; iniciada la ebullición, se mantiene ésta por 30 minutos exactos. Se filtra al vacío a través de un filtro California y se lava con agua caliente hasta la neutralidad. Se pasa el contenido del filtro al vaso nuevamente, y se adicionan 200 ml. de hidróxido de sodio caliente.