

870127  
2  
2ej

# Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS  
EN LA ELABORACION DE QUESO DE LECHE DE SOYA

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

**ALICIA AMEZCUA GALLARDO**

ASESOR: ING. ENRIQUE MACEDO VELAZCO

GUADALAJARA, JAL., 1989

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

# I N D I C E

	PAGS.
I.- INTRODUCCION	1
II.- GENERALIDADES	2
2.1. Desarrollo Histórico de la Leche de Soya	2
2.2. Análisis Químico del Frijol de Soya	5
2.3. Distribución Química.	7
2.4. Carbohidratos	8
2.5. Proteínas.	9
2.6. Factores Antifisiológicos de la Soya.	13
2.7. Problemas de la Producción de la Leche de Soya.	15
III.- METODOLOGIA EXPERIMENTAL.	
3.1. Relación grano-agua para la obtención de la leche.	19
3.2. Tratamiento térmico a la leche de Soya.	19
3.3. Identificación del pH normativo.	19
3.4. Identificación de tipos de coagulantes, así como su concentración adecuada.	19
3.5. Temperatura de coagulación.	19
3.6. Sineresis, moldeado y prensado.	19
3.7. Salado.	19

	PAGS.
3.8. Empacado y observaciones de formación de sabor en diferentes periodos de conservación.	19
IV.- ANALISIS DE RESULTADOS	33
V.- CONCLUSIONES.	37
BIBLIOGRAFIA	41

## I. INTRODUCCION,

El queso de leche de soya comercialmente conocido como tofu, es un producto poco consumido en nuestro país, mientras que en Oriente y Asia principalmente forman parte de la dieta habitual de algunos países.

El tofu es un alimento proteico, que por su contenido de aminoácidos esenciales se le ubica con un valor biológico, prácticamente abajo de los quesos elaborados con leche de vaca, pero superior al grupo de cereales más comunes.

La leche de soya contiene más proteínas y menos calorías que la de vacunos. Además esta leche de soya aporta aminoácidos esenciales, lecitina y carece de colesterol, lactosa y factores alérgicos.

En la actualidad nuestro país afronta una crisis económica y alimentaria consistente en una escasez tanto de calorías (energía) y de proteínas, por lo que en la mayoría de los países los productos lácteos en sus diferentes formas, al igual que los derivados cárnicos, son cada día más difíciles de obtener a bajo precio. La industria alimentaria ha tenido que buscar sustitutos de estas proteínas tradicionales, y uno de estos sustitutos parece ser la soya como la más utilizable.

## II.- GENERALIDADES.

### 2.1. Desarrollo Histórico de la Leche de Soya.

La leche de soya representa el extracto acuoso de la soya, siendo una emulsión de color blanco que se parece a la leche de vaca. La leche de soya se obtiene remojando la soya durante la noche, seguido por molienda en húmedo y filtración. El tofu (cuajada de frijol) fue siempre desarrollado en China por Liu An, rey de Huai Wan de la dinastía Han en 164 A.C. Se elabora el tofu mediante la precipitación de proteína de la leche de soya con coagulante, - v.g. el sulfato de calcio. Siendo la leche de soya el producto intermediario para la elaboración de Tofu, su historia data desde los inicios del mismo Tofu.

Japón y Corea del Sur constituyen los ejemplos típicos del crecimiento fenomenal del consumo de leche de soya en países que tradicionalmente no lo habían consumido. La leche de soya no ha sido jamás tan importante como el Tofu en la dieta japonesa debido a su sabor afrijolado. Ahora, - el sabor a frijol no deseado en la leche de soya puede eliminarse mediante la tecnología moderna del procesamiento - alimentario, para producir una leche de soya de calidad - organoleptica agradable.

En años recientes, los consumidores japoneses han aceptado bien la leche de soya como alimento natural de sa lud, libre de colesterol.

La producción de leche de soya aumentó en Japón de 5,300 toneladas métricas en 1978 a 137,000 toneladas métricas en 1984, con una tasa anual de crecimiento de 88% en promedio. Se espera la venta de leche de soya en Japón aumente más para llegar a 250,700 toneladas métricas en 1988. El valor nominal de leche de soya vendida aumentó de 5 millones de dólares en 1988.

La soya tiene larga historia en el Oriente, como fuente importante de grasas y protefinas de la dieta. En contraste con ello, el mundo occidental ha prestado muy poca atención a esta leguminosa, hasta hace poco tiempo; el cultivo vino a establecerse firmemente en los Estados Unidos, hace solamente 50 años, y en el Brasil adquirió importancia hace sólo 10 años. A pesar de que su contenido de aceite (20%) es solamente la mitad del contenido de protefina (40%), el interés inicial del Occidente hacia la soya fue más como fuente de aceite, que como protefina.

En la actualidad sólo un 2 a 3% de esta protefina se usa directamente en la alimentación humana.

La mayor parte de ella se usa en la industria acce-  
tera y en la alimentación de animales. Sin embargo 2 a 3%  
del cultivo representa una gran cantidad de protefna, debi  
do al gran volúmen total de cultivo. La mayoría de las  
grandes compañías procesadoras de alimentos, agregan hoy  
en día protefna de soya a algunos de sus productos, y sin  
duda éste uso continuará en ascenso en el futuro.

En el Oriente la soya ha tenido una parte importan-  
te de la dieta durante siglos. Entre los típicos alimentos  
de soya de esta zona se encuentran la leche de soya, la  
salsa de soya, sufu, miso, tofu, tempeh, kinado, natto, yu  
ba y otros. Muchos de estos productos son el resultado de  
procesos de fermentación.

En la preparación de la mayoría de estos productos-  
se utilizan granos de soya enteros. Ciertas variedades de  
soya se adaptan mejor que otras, debido a ciertos factores  
como el sabor o el rendimiento, del producto final. Así  
ocurre especialmente en la preparación del tofu o el miso,  
alimentos populares en Japón.

En la soya encontramos elevado porcentaje de protef  
nas, grasa, lecítinas, hidratos de carbono y vitaminas A,  
B. D y E, en los frutos verdes han también vitamina C.

**2.2. Análisis Químico del Frijol de Soya.**

Humedad	7.8 %
Proteína	39-41 %
Grasa	18-21 %
Lecitina	2.5- 3 %
Sacarosa	4.5-5.5%
Hidratos de carbono no aprovechables	18 %

## COMPARACION DE CONTENIDO

COMPOSICION DE LECHE DE SOYA, LECHE DE VACA Y LECHE MATER-  
NA SEGUN DR. CHEN STEVE. (2)

COMPONENTE/100 g.	LECHE DE		
	SOYA	VACA	MATERNA
Caloría	44	59	62
Agua (g)	90.8	88.6	88.2
Proteína	3.6	2.9	1.4
Grasa	2.0	3.3	3.1
Carbohidratos	2.9	4.5	7.1
Ceniza	0.5	0.7	0.2
Minerales (mg)			
Calcio	15	100	35
Fósforo	49	90	25
Sodio	2	36	15
Hierro	1.2	0.1	0.2
Vitaminas (mg)			
Tiamina (B1)	0.03	0.04	0.02
Riboflavina (B2)	0.02	0.015	0.03
Niacina	0.50	0.20	0.20
Ácidos grasos saturados	40-48	60-70	55.3
Ácido graso insaturado (%)	52-60	30-40	44.7
Colesterol (mg)	0	9.24-9.9	9.3-18.6

### 2.3. Distribución Química.

La cascarilla, el hipocotilo y el cotiledón de la soya están constituidos fundamentalmente por proteínas, grasas y carbohidratos. En los cotiledones, el aceite está almacenado en pequeños compartimentos llamados esferosomas (0.2 a 0.3 micras de diámetro), mientras que la proteína se localiza en cuerpos de mayor tamaño (2 a 20 micras de diámetro) llamados aleuronas o cuerpos proteicos. Los esferosomas se encuentran dispersos entre los cuerpos proteicos, que a su vez consisten en aproximadamente 98% de proteína, con pequeñas cantidades de lípidos y ácido fólico, y suman aproximadamente 60-70% de la proteína total de la soya desgrasada.

Las proteínas de las aleuronas tiene como función principal el ser una fuente de reserva que le sirva a la planta durante su germinación.

Las proteínas de la soya son fundamentalmente globulinas, por lo que son solubles en soluciones diluidas de varias sales, insolubles en agua y precipitan en su punto isoeléctrico, generalmente en el intervalo de 4.2-4.8.

Composición de la Soya y de sus Partes, % como Badui (1).

	PROTEINA (NX6.25)	GRASA	CARBOHI DRATOS	CENIZAS	CONSTITU- YENTE DE- LA SEMILLA
Soya Total	40	21	34	4.9	-
Cotiledón	43	23	29	5.0	90
Cascarilla	9	1	86	4.4	8
Hipocotilo	41	11	43	4.3	2

2.4. Carbohidratos.

Los carbohidratos están compuestos por polisacári-- dos, algunos oligosácaridos como estaquiosa (3.8%), rafino sa (1.1%) y sacarosa (4.5%) y monosacáridos como arabinosa y glucosa en muy pequeñas concentraciones. Los polisacári-- dos de la soya son insolubles en agua y en alcohol, y son polímeros de arabinogalactanos, arabinanos, xilanos, galaç tomananos, celulosa y un polisacárido ácido muy parecido a la sustancia pética, que suman aproximadamente 50% de los carbohidratos totales. La acumulación de aceites en las - oleaginosas viene acompañada de un decremento de los carbo hidratos, lo que indica que es muy probable que éstos sean los precursores en la síntesis de los lípidos en este tipo de granos.

## 2.5. Proteínas:

Constituye la proteína la columna vertebral de la alimentación, ya que su función principal es aportar al cuerpo humano las materias constructoras conocidas como aminoácidos, el elemento esencial del que depende la vida. Generalmente, las proteínas animales que contienen un volumen de aminoácidos esenciales se llaman "completas". Aquellas que carecen de uno o más de tales aminoácidos esenciales o suministran cualesquiera de ellos en cantidades demasiado pequeñas para apoyar la salud se llaman "incompletas". Por lo regular, las proteínas vegetales son consideradas incompletas, aunque la soya contiene la proteína de mayor calidad de cualesquiera leguminosa, siendo casi la única que contiene todos los ocho aminoácidos requeridos por el cuerpo.

Los ocho aminoácidos esenciales son: Fenilalanina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano, Valina.

Las proteínas de la mayoría de las leguminosas han sido clasificadas de acuerdo con su coeficiente de sedimentación en la ultracentrífuga, y todas se encuentran dentro de las fracciones proteicas catalogadas como 2, 7, 11 y 15S. La fracción 2S está compuesta por proteínas de bajo

peso molecular solubles en su punto isoeléctrico; los componentes 7, 11 y 15 S son básicamente globulinas y suman - 60-75% del contenido total de la proteína de la soya. Existen muchas similitudes físicas y químicas entre las proteínas de la soya, el cacahuete, las almendras, el algodón y el ajonjolí, ya que todas ellas tienen pesos moleculares - según el pH y la fuerza iónica del sistema, y contienen un alto porcentaje de arginina y aminoácidos dicarboxílicos.

La fracción 2S contiene proteínas como inhibidores de 21500 y 8000 daltones respectivamente. El inhibidor de Bowman-Birk contiene 7 cistinas por mol, lo que le da una estructura rígida debido a sus enlaces disulfuro intramoleculares, es más estable que el inhibidor de Kunitz a los tratamientos térmicos, a los ácidos y las enzimas proteolíticas, y se encuentra en concentraciones bajas (0.6%) comparado con el de Kunitz (1.4%). Además, dentro de la fracción 2S también se encuentra el citocromo c, la alantoinasa y dos globulinas.

La fracción 7S está constituida por cuatro fracciones proteicas, de las cuales la B-amilasa, las hemaglutininas y la liposigenasa existen en muy bajas concentraciones. La hemaglutinina se encuentra en forma de glucoproteína, y contiene 4.5% de manosa y 1% de glucosamina. La globulina 7S es muy abundante en la soya, y es una glucopro-

teína baja en metionina con una estructura cuaternaria muy compleja, ya que presenta 9 grupos amino terminales: 2 serinas, ác. aspártico y glutámico, alanina, glicina, valina, leucina y tirosina; esto puede significar que esté compuesta por 9 subunidades que se encuentran interaccionando para formar una estructura cuaternaria muy compleja.

La fracción de globulina 11S es la proteína en forma individual de mayor concentración de la soya. Tiene una estructura cuaternaria muy compleja, con 12 grupos amino terminales, 6 glicinas, 2 fenilalaninas, 2 leucinas y 2 isoleucinas, que indican una posible estructura cuaternaria formada por la interacción de 12 cadenas de polipéptidos.

La fracción 15S no se ha estudiado tanto como las anteriores, pero se supone que puede ser un polímero de la proteína 11S. Las fracciones 11S y 15S precipitan totalmente cuando se les ajusta el pH a 4.6-4.8, mientras que la 7S lo hace parcialmente, permaneciendo una pequeña fracción en solución.

Una propiedad muy interesante de las fracciones 7S y 11S es su capacidad para formar polímeros a través de una interacción por enlaces disulfuro, que hace insolubles los aislados de soya, que alcanzan viscosidades muy

altas. La proteína 7S es muy sensible a los cambios en la fuerza iónica del sistema ya que presenta reacciones de asociación disociación en diferentes condiciones, por ejemplo a pH 7.6 y fuerza iónica de 0.5 la fracción 7S tiene un peso molecular de 180 000-200 000 daltones, mientras que a fuerzas iónicas de 0.1 la proteína se dimeriza y alcanza un peso molecular de 370 000 daltones.

En general, la proteína de la soya es deficiente en aminoácidos azufrados, y esta deficiencia se acentúa aún más en los aislados, ya que la concentración de metionina y cistina se reduce durante el proceso de manufactura de estos productos. La lisina se encuentra en concentraciones elevadas y hace a la soya muy adecuada para complementar las proteínas de cereales que son deficientes en este aminoácido. De acuerdo con el patrón de aminoácidos de la -- FAO, la soya también es alta en leucina, isoleucina, fenilalanina y treonina.

CARACTERISTICAS DE LAS PROTEINAS DE LA SOYA SEGUN BADUI.

FRACCION	% DEL TOTAL	PI	PESO MOLECULAR (DALTONES)
2S	22		
Inhibidores de Tripsina		4.5	8000,215000
Citocromo c			12000
Globulina 2.3S			18200
Globulina 2.8S			32000
Alantoinasa			50000
7S	37		
Hemaglutinina		6.1	110000
Lipoxigenasa		5.4	108000
B-Amilasa		5.8	61700
Globulina 7S			(186-210) X 10 <sup>3</sup>
11S	31		
Globulina 11S		4.8	350000
15S	11	4.8	600000

2.6. Factores Antifisiológicos de la Soya:

La soya, así como muchos otros tejidos vegetales, - contiene en su estado natural una gran variedad de factores antifisiológicos, como los inhibidores de tripsina, hemaglutininas y otros. Estos compuestos han sido la razón de muchas investigaciones, ya que son indeseables en los alimentos.

tos manufacturados a base de esta leguminosa. Se ha visto que un tratamiento térmico adecuado elimina la acción biológica de dichos factores, aumentando el valor nutritivo de la soya. El calentamiento debe estar muy bien controlado para obtener un producto de óptima calidad, ya que si no es suficiente no se eliminan los factores antifisiológicos, mientras que un excesivo produce, entre otros posibles daños, reacciones de oscurecimiento no enzimático, con la consecuente pérdida del valor nutritivo y de las propiedades funcionales de la proteína de soya.

Se ha visto que la harina de soya en estado natural con o sin grasa, causa una inhibición en el crecimiento de animales de laboratorio y que reduce la digestibilidad de la proteína y la disponibilidad de los aminoácidos, vitaminas y minerales del alimento, e induce una hiperfrotia pancreática.

Los tratamientos térmicos que recibe la soya mejoran su valor nutritivo, y esto está relacionado con la destrucción de muchos de dichos factores antifisiológicos. Al mismo tiempo se sabe que los calentamientos excesivos pueden inducir cambios muy dañinos en la proteína, por lo tanto es necesario proporcionar un tratamiento térmico óptimo para eliminar los factores antifisiológicos sin afectar las características nutricionales y organolépticas de la -

soya.

## 2.7. Problemas de la Producción de Leche de Soya.

Existen tres problemas a vencer en la producción industrial de leche de soya de buena calidad.

- 1.- Eliminación del sabor a frijol.
- 2.- Inactivación de los inhibidores antinutricionales de tripsina.
- 3.- Eliminación de los oligosacáridos causantes de flatulencia.

Sabor a frijol:

En general, los chinos prefieren la característica natural de un sabor suave a frijol en la leche de soya. Sin embargo, no ocurre lo mismo con los occidentales, los japoneses, indues y otros.

Los occidentales tienen un fuerte prejuicio cultural en virtud de que la mayoría compara el sabor de la leche de soya instintivamente con el de la leche fresca de vaca. En consecuencia, los sabores naturales de la leche de soya significan aspectos diferentes para culturas diferentes en relación con sus hábitos y patrones alimentarios.

El problema mayor a vencer para lograr aumento en el uso de la leche de soya en occidente, y en muchos otros países, es obtener una reducción en el llamado sabor "afrijolado", y desarrollar un producto más parecido a la leche de vaca.

Debe tenerse en mente que la leche de soya es un producto vegetal y que su éxito debe basarse en sus propios méritos.

La enzima lipoxigenasa (o lipoxidasa) presente en la soya es la causa del sabor a frijol en la leche de soya. La lipoxigenasa de soya cataliza la oxidación de CIS, CIS 1, 4 pentadieno conteniendo ácidos grasos en soya, para formar 1, 3 CIS, TRANS hidroperóxidos. Luego se descomponen dichos hidroperóxidos para formar sabores a frijol, pintura o a verde. Por tanto, la actividad de la lipoxigenasa es la causante de los sabores y olores ofensivos y no deseables que surgen durante el rompimiento y la molienda de la soya.

Puede inactivarse la actividad de la lipoxigenasa en forma de ajustar el pH (menos de pH 3 o más de pH 10) o a temperatura elevada de más de 80°C. A menudo se inactiva la lipoxigenasa mediante blanqueado con agua caliente. ( a la temperatura antes mencionada) antes de la destilación -

fraccionada o la molienda de la soya en agua caliente para minimizar el desarrollo del mal sabor durante la preparación de la leche de soya.

#### Inhibidores de Tripsina:

Los inhibidores de tripsina presentes en la soya cruda deben inactivarse para facilitar la digestión en el cuerpo humano.

Se reportan cinco o más inhibidores de tripsina para soya, no obstante, únicamente dos de ellos, el Kunitz (1.4%) y el Bowman Birk (0.4%), han sido purificados y estudiados en detalle. Ambos inhibidores ocasionan el engrandecimiento del pancreas (hipertrofia) en ratas y pollos, aunque aparentemente no tiene igual efecto en el pancreas de becerros o cerdos. Ambos inhibidores de tripsina tienen puntos isoeléctricos en el rango ácido, aunque el inhibidor Kunitz tiene un peso molecular de aproximadamente tres veces respecto al inhibidor Bowman-Birk.

El 90% de los inhibidores de tripsina en la leche de soya pueden inactivarse a 100°C durante 14 ó 30 minutos o a 100°C durante 8 a 22 minutos.

Factor de flatulencia:

La soya entera contiene 5% de sacarosa, 5.1% de - otros azúcares ( arabinosa, glucosa, vebascosa, etc.) Además la soya contiene también dos oligosacáridos, rafinosa (1.1%) y estaquiosa (3.8%). Al igual que muchas otras legu minosas, la soya causa flatulencia en su ingestión.

La flatulencia es causada por la fermentación de - azúcares de bajo peso molecular-rafinosa (galactosa-gluco- sa-fructuosa) y estaquiosa (Gal-Gal-G-F) que son digeridos en virtud de que los seres humanos no poseen actividad al- fagalactosidásica en su tracto digestivo.

Los oligosacáridos pueden ser eliminados mediante - el manejo alcalino de soya, tratamiento de calor, elimina- ción de residuos de fibra de soya y tratamientos enzimáti- cos.

Sugimoto y Van Bauren usaron un sistema enzimático- de alfa galactosidasa e invertasa para desprender los oli- gosacáridos. La enzima es un producto comercial extraído - de aspergillus saitoi, libre de actividad proteásica. La - mezcla de leche de soya-enzima fue incubada por 3 horas a 55°C, y luego hervida durante 10 minutos para determinar - la acción enzimática.

### III.- METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

Para la elaboración de queso de leche de soya Tofu, a partir del grano, fue necesario hacer una serie de pruebas, con objeto de obtener las características físicas, organolépticas y nutricionales adecuadas.

Los principales parametros experimentados fueron:

- 3.1. Relación grano-agua para la obtención de la leche.
- 3.2. Tratamiento térmico a la leche de soya.
- 3.3. Identificación del pH normativo.
- 3.4. Identificación de tipos de coagulantes, así como su concentración adecuada.
- 3.5. Temperatura de coagulación.
- 3.6. Sineresis, moldado y prensado.
- 3.7. Salado.
- 3.8. Empacado y observaciones de formación de sabor en diferentes períodos de conservación.

Como primer paso para todas las pruebas a nivel laboratorio, se efectuó limpieza del frijol, al cual hubo que eliminarle la basura (piedras, paja, polvo, etc.) lavar y ponerlo a remojar en 3 veces su volumen del grado por 14-17 horas. Este se hidrata (hincha) a poco más del doble de su volumen inicial aproximadamente.

Una vez obtenida la soya hidratada, se determinó la cantidad de grano-agua que ésta requiere para obtener una leche apropiada para la elaboración del tofu.

PRUEBA No. 1

Relación Grano-Agua.

La relación grano-agua se hizo como primera prueba para obtener una leche de soya con sólidos suficientes para producir una coagulación adecuada. La leche de soya se obtuvo, moliendo (licuando) el grano hidratado en diferentes cantidades de agua como se muestra.

Prueba No. 1: Comparación de diferentes relaciones de grano-agua.

MUESTRA	VOLUMEN GRANO-AGUA	DENSIDAD A 15°C	SABOR	COAGULACION
M 1	1:1.5	1.028	4	6
M 2	1:1.8	1.021	7	7
M 3	1:2	1.022	8	9
M 4	1:2.5	1.014	6	8

La evaluación de ésta y todas las pruebas, consistió en una calificación de 1-10 tomando como mínimo el número 1 y como máximo el número 10.

La evaluación se basó en la comparación de las 4 - muestras, teniendo éstas la misma cantidad de soya, en las cuales se identificó el mejor sabor de la leche y la mejor coagulación obtenida.

Como se muestra en el cuadro la M 1, tuvo la más baja calificación, debido a que la leche es más concentrada y su sabor afrijolado se acentúa más. Esta evaluación se hizo con 5 personas, las cuales evaluaron dicha muestra - por su sabor concentrado.

En lo que respecta a la coagulación, se obtuvo una sinéresis muy lenta, la textura de la cuajada muy suave, - la cual se rompe con el menor movimiento, y el suero de - ésta es muy lechoso.

#### PRUEBA No. 2

##### Tratamientos Térmicos a la Leche de Soya.

Este tratamiento térmico a la leche de soya fue con objeto de destruir factores antifisiológicos y microorganismos presentes.

Se hicieron 3 tratamientos térmicos de igual temperatura por diferentes tipos.

Prueba No. 2: Comparación de 3 tratamientos con temperatura y diferentes tiempos de exposición:

MUESTRA	TEMPERATURA	TIEMPO	EVALUACION
M 5	93°C	10 Min.	8
M 6	93°C	12 Min.	6
M 7	93°C	15 Min.	5

Como se observa en la tabla, la mejor evaluación es la muestra M5, la cual tuvo mejor color y sabor de la leche.

La M7 tuvo la evaluación más baja, dado que la leche se presentó más espesa y aumentó el sabor afrijolado y el color resultó más amarillo.

PRUEBA No. 3

Identificación del pH óptimo para coagulación de la leche.

La identificación del pH normativo se hizo con objeto de tener este parámetro en cuenta, puesto que influye en la coagulación.

Prueba No. 3: Identificación del pH de la leche:

MUESTRA	pH	EVALUACION
M 8	6.5	6
M 9	6.7	7
M 10	6.9	8
M 11	8.0	6

La evaluación se hizo tomando en cuenta la mejor - coagulación de la leche, por lo que se utilizó Bicarbonato de Sodio, para aumentar el pH y ácido Láctico para reducir la.

Como se muestra en la tabla la evaluación más alta es la M 10, ya que este pH es el mejor para la coagulación.

El pH ácido, así como el alcalino no resultan para la coagulación, ya que la sineresis es lenta y la cuajada resulta grumosa, lo que dificulta decantar el suero, ya que con el menor movimiento se rompe la cuajada y hay una pérdida de sólidos, por lo que disminuye el rendimiento.

El rango para la coagulación óptima es de pH=6.8 - 6.9 con una relación de 1:2 (grano-agua ).

PRUEBA No. 4Comparación de 3 Coagulantes a Diferentes Concentraciones.

MUESTRA	COAGULANTE	CONCENTRACION	EVALUACION
M 12	CaCl <sub>2</sub>	0.5	6
M 13	CaCl <sub>2</sub>	1.0	9
M 14	CaCl <sub>2</sub>	1.5	8
M 15	CaSO <sub>4</sub>	0.5	4
M 16	CaSO <sub>4</sub>	1.0	6
M 17	CaSO <sub>4</sub>	1.5	7
M 18	MgCl <sub>2</sub>	0.5	5
M 19	MgCl <sub>2</sub>	1.0	6
M 20	MgCl <sub>2</sub>	1.5	8

La evaluación se hizo tomando en cuenta la velocidad de coagulación, la sinéresis, textura y firmeza de la cuajada.

Por la evaluación obtenida la M 13 resultó ser el mejor coagulante y la concentración adecuada.

Como se muestra en la tabla el CaSO<sub>4</sub> tuvo la evaluación más baja dado que la sinéresis es lenta y la textura de la cuajada es muy fina y suave y como se muestra en la tabla se requiere una mayor cantidad de coagulante.

## NOTAS:

La temperatura de coagulación fue de:	38°C
pH de todas las muestras fue de:	6.9
La densidad de la leche a 15°C fue de:	1.019
El tamaño de las muestras fue de:	500 ml.c/u

La adición de coagulantes consistió, en formar una agitación tipo remolino con la leche de soya, añadiendo el coagulante en el centro del remolino e inmediatamente dar un giro en sentido contrario, dejarla en reposo por media hora para que se efectúe la coagulación. Posteriormente se cortó en cubos de 4 x 4 cm. en el recipiente de coagulación, se dejó en reposo una hora, para que se efectúe una sinéresis total, separar el suero de la cuajada mediante una decantación.

Es muy importante la forma de adición del coagulante, ya que la coagulación es muy rápida y se puede romper la cuajada y disminuir el rendimiento si se sigue agitando después de haber agregado el coagulante.

PRUEBA No. 5Temperatura de Coagulación.

Se tomaron 3 temperaturas con objeto de observar - cual era la mejor para coagulación.

MUESTRA	TEMPERATURA °C	EVALUACION
M 21	65	7
M 22	55	8
M 23	45	5

La evaluación se tomó de acuerdo a la velocidad de coagulación y firmeza de la cuajada, por lo que la M 22 obtuvo la mejor evaluación. A diferencia de la M 23 la velocidad de sineresis es lenta y con suero lechoso a temperaturas altas la cuajada es suave.

#### PRUEBA No. 6

##### Sineresis, Moldeado y Prensado.

Una vez obtenida la cuajada en las condiciones que se encontraron como óptimas en este trabajo, se procedió a observar las mejores condiciones de efectuar la sineresis, moldeado y prensado para obtener el tofu.

La sineresis consistió en que una vez cortada la cuajada en el recipiente de coagulación, en cubos de 4 x 4 cm, se deja en reposo una hora y se procede a decantar el suero, es decir, a separar la cuajada y el suero.

En esta prueba se evaluaron 2 procedimientos para -

el manejo de la cuajada, ya que del manejo precisamente dependen las características finales del tofu.

Los quesos que se obtuvieron se elaboraron en forma redonda de 15 cm de diámetro por 4 cm de grueso (altura).

PRUEBA No. 7

Comparación de dos procedimientos de manejo de la cuajada.

MUESTRA	MANEJO	EVALUACION	CARACTERISTICAS PRINCIPALES
M24	A	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sineresis adecuada.</li> <li>- Suero transparente.</li> <li>- Cuajada manejable para el moldeado y prensado.</li> <li>- Buena textura de la cuajada (fina, elástica)</li> <li>- Queso rebanable</li> <li>- Mayor rendimiento.</li> </ul>
M25	B	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sineresis inadecuada.</li> <li>- Suero lechoso</li> <li>- Cuajada muy fina (Copos - muy finos)</li> <li>- Textura suave de la cuajada (débil, no elástica)</li> <li>- Queso untuoso no rebanable.</li> <li>- Menor rendimiento.</li> </ul>

### Manejo Tipo A.

Este manejo consistió en cortar la cuajada en cubos de 4 x 4 cm en el recipiente de coagulación y dejarla en reposo una hora, para que los sólidos se contraigan hacia la parte inferior y obtener una sineresis adecuada.

Separar el suero y la cuajada, es decir decantar el suero poco a poco hasta eliminarlo, tomar la cuajada y llevarla al moldeado y prensado.

### Manejo Tipo B.

En este manejo no se realizó corte de la cuajada, sólo se dejó en reposo media hora, por lo cual no se efectuó una buena sineresis. Esta se pasó a una bolsa de manta para decantar el suero, permaneciendo 24 horas como la cuajada - es muy suave, con el menor movimiento ésta se rompe con facilidad, teniendo mayor pérdida de sólidos.

La M24 tuvo mejor evaluación, ya que ésta presentó la mejor consistencia y firmeza la cual hizo posible un buen manejo de la misma, así como la facilidad del moldeado y prensado subsecuente.

PRUEBA No. 8Salado

El salado fue con objeto de proporcionar un sabor más aceptable para el consumidor.

Aunque existen principalmente dos métodos de salado, salado de la cuajada y salado del queso, bien sea en salmuera o la aplicación directa de la sal sobre la superficie del queso para que se absorba; se prefirió utilizar el método de salado por salmuera, en virtud de que se reduce al mínimo el maltrato de la cuajada.

El salado en salmuera se efectuó a las 48 horas de haberse sacado de la prensa, lapso en el cual se mantuvo en constante refrigeración y el tofu formó su propia corteza por secado natural. Posteriormente los quesos se sumergen en la salmuera como se muestra en la tabla.

MUESTRA	SALMUERA	TIEMPO HRS.	EVALUACION
M 26	5	3	6
M 27	3	3	9
M 28	2	3	7
M 29	Salsa de soya (3%)	3	3

La evaluación se realizó tomando en cuenta el sabor del queso de soya.

La evaluación más alta fue M27, ya que esta presentó el sabor más aceptable por un mayor número de personas.

La concentración de la M26 resultó un queso muy salado, el cual no es aceptado.

La M29 no fue agradable, ya que el queso de soya tomó un color oscuro y no se obtuvo el grado de salado adecuado, además de que el sabor resultó extraño.

#### PRUEBA NO. 9

#### Empacado y Observación de formación de sabor en diferentes Períodos de Conservación.

Esta prueba se realizó para observar los diferentes tiempos de conservación y determinar el tiempo en el que - el queso de soya tofu conserva el mejor sabor y características físicas.

TIEMPO	M30	M31	M32	EVALUACION
1 Semana	8	9	8	25
2 Semana	8	7	7	22
3 Semana	7	6	6	19
4 Semana	4	4	5	13
5 Semana	2	2	3	7

La evaluación se hizo tomando en cuenta el sabor, características físicas, formación de moho.

La mejor evaluación la obtuvo la primera semana, la cual conservó las mejores características.

La más baja evaluación, la muestra la quinta semana en la cual hubo formación de moho, sabor desagradable y características físicas no adecuadas.

#### PRUEBA No. 10

Debido a que el tofu conserva un ligero sabor a soya se realizó una prueba utilizando una alcalinización con Bicarbonato de Sodio ( $\text{Na HCO}_3$ ) al 0.5% para reducir el sabor a soya, esto lo sugiere el Dr. Steve Chen (2). Esta alcalinización fue durante el remojo del frijol de soya - 14-17 hrs. Después del remojo tuvo una cocción de 10 minutos y se procedió a obtener la leche de soya. Esta leche - tuvo pH de 8.2, se neutralizó con ácido láctico hasta un pH de 6.8, con objeto de tener una coagulación adecuada.

Los resultados de esta prueba fueron positivos en el sentido de reducir parcialmente el sabor a soya, sin embargo la desventaja principal consistió en que la coagulación resultó en copos muy finos, lo que dificulta la separación de la cuajada y suero, aún utilizando una malla -

más fina para evitar mayores pérdidas de sólidos.

Características del tofu obtenido.

- a) Aunque el tofu no tuvo sabor de soya o afrijolado ligeramente persistió el sabor a bicarbonato de sodio.
- b) Textura muy suave, con características de queso untuoso nada elástico.
- c) Queso húmedo.
- d) Pasta no rebanable.

#### IV.- ANALISIS DE RESULTADOS.

Como podrá observarse, la mejor relación de grano--agua es 1:2 es decir, un volumen de soya hidratada y dos volúmenes de agua, a esta relación se obtuvo el mejor sabor y coagulación.

A un volumen menor de agua es el caso de la relación 1:1.5 tiene la desventaja de ser una leche de soya concentrada, con lo cual su sabor es más acentuado a soya y la coagulación es lenta con suero lechoso.

Con un volumen mayor de agua la ventaja es que el sabor a soya disminuye, ya que da una leche más clara. La desventaja es en la coagulación, ya que ésta tiene una sinéresis muy lenta y la cuajada muy suave, la cual se rompe con el menor movimiento y hay menor rendimiento.

El mejor tratamiento térmico a la leche de soya fue de 93°C durante 10 minutos, durante este tiempo y temperatura se obtuvo el mejor color y sabor de la leche. Durante este tiempo (10 minutos) de tratamiento térmico se eliminan los factores antifisiológicos, como es la inactivación de la enzima lipoxigenasa, que es la responsable del sabor a frijol, ya que esta enzima oxida los ácidos grasos en presencia de humedad.

Este tratamiento térmico señalado inactiva así mismo, la enzima antitripsina la cual hace disponible la proteína de soya, ya que en su forma natural (cruda) el organismo humano no metaboliza la proteína de soya.

Es recomendable no someter a la soya a sobrecocción, ya que puede disminuir su valor nutritivo.

La mejor identificación del pH normativo de la leche de soya fue de pH 6.9, con lo que se obtuvo la mejor coagulación, obteniendo buena sineresis, textura y firmeza de la cuajada.

El pH tanto ácido como alcalino, presentan una mala coagulación debido a que la sineresis se presenta lenta y con suero lechoso, la cuajada en copos muy finos, lo cual hace difícil la decantación del suero, ya que con el menor movimiento, la cuajada se rompe y hay una gran pérdida de sólidos y disminuye el rendimiento del tofu.

El mejor coagulante y su concentración fue el  $\text{CaCl}_2$  al 1% con el que se obtuvo la mejor velocidad de coagulación, así como firmeza y textura de la cuajada.

Con el exceso de  $\text{CaCl}_2$  (3%) la cuajada se presentó-

en copos muy finos, lo cual hace difícil la separación del suero y la cuajada y la cuajada, por lo tanto mayores pérdidas de sólidos.

La coagulación al 0.5% presentó un suero lechoso, el cual al ser decantado éste se lleva una gran cantidad de sólidos, mismos que disminuyen el rendimiento final.

La temperatura óptima para la coagulación de la leche de soya fue de 55°C, temperatura en la cual se obtuvo buena sineresis, textura y firmeza de la cuajada.

Temperaturas bajas de coagulación presentó sineresis lenta, suero lechoso, así como una cuajada débil y no elástica.

Temperaturas altas superiores a 60°C de coagulación requiere de un mayor tiempo para efectuar la sineresis y la cuajada resultó así mismo débil.

El mejor manejo de la cuajada consistió en cortar - en cubos de 4 x 4 cm. en el recipiente de coagulación, dejarla en reposo una hora para que se contraigan los sólidos hacia la parte inferior, separar la cuajada y el suero mediante una decantación. Separar la cuajada ya escurrida y llevarla al moldeado con mantas y prensado respectivo. -

El mejor método de salado fue por salmuera al 3% por tres horas, que fue la concentración más aceptable en cuanto al sabor.

Se eligió como mejor método de salado la salmuera, porque éste reduce al mínimo el maltrato de la cuajada, éste salado en salmuera se efectuó a las 48 horas de haberse sacado de la prensa, lapso en el que se mantuvo en refrigeración constante.

Se hicieron pruebas de conservación del queso tofu, sin envase o película protectora con el fin de observar su estabilidad.

El mejor período de conservación fue por una semana en la cual conservó el mejor sabor, textura y características físicas del tofu. Posteriormente existen algunas fermentaciones superficiales, debido a hongos de manera que se madura mucho el sabor.

## V.- CONCLUSIONES.

1.- De acuerdo con la experimentación realizada se concluye que de los parametros que fueron experimentados, se obtuvo la característica óptima con lo siguiente:

a) Relación grado hidratado-agua. 1:2

b) Tratamiento térmico a la leche  
de soya: 93°C durante 10 min.

c) Identificación de pH normativo: pH = 6.9

d) Identificación de coagulante y  
concentración:  $\text{CaCl}_2$  al 1 %

e) Temperatura de coagulación: 55°C

f) Sinéresis, moldeado y prensado:

Corte de cuajada en cuadros de 4 x 4 cm, dejar en reposo una hora, separar la cuajada y el suero mediante una decantación, pesar a moldes y finalmente a prensado. En este trabajo se emplean moldes en forma circular de 15 cm de diámetro por 4 cm de altura.

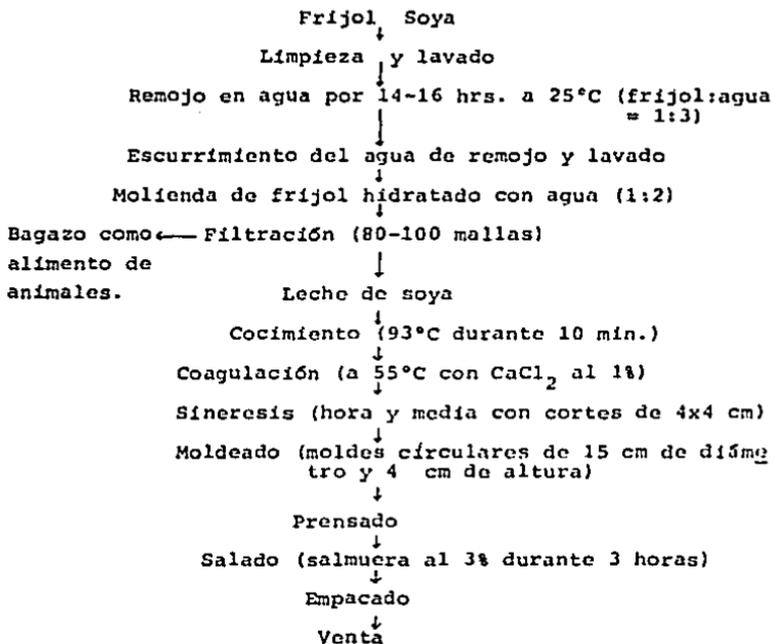
g) Salado:

En salmuera al 3% de concentración durante tres horas para piezas redondas de 15 cm de diámetro y 4 cm de altura.

h) Período de conservación:

En refrigeración abajo de 12° C, sin empaque durante una semana.

Se adjunta diagrama de proceso obtenido.

DIAGRAMA DE PROCESO

- 2.- El queso de soya Tofu es diferente del queso de leche de vaca, principalmente en el sabor, debido a que el - tofu conserva el ligero sabor a soya, pero éste contiene más proteína y menos calorías que la de vacunos. - Además aporta aminoácidos esenciales, lecitina, hierro y carece de colesterol, lactosa y factores alérgicos. - (2).
- 3.- Se recomienda preparar el tofu en diferentes platillos cocinados, ya que durante la cocción de dichos platillos, se elimina por completo el ligero sabor a soya y tomando este el sabor del platillo preparado, como por ejemplo, algunas sopas de queso, quisados en salsa mexicana, chiles rellenos, tofu asado en mantequilla, - etc. Es más probable que tenga mayor aceptación guisado o cocinado que solo.
- 4.- Se sugiere ampliar la experimentación en cuanto a las dosificaciones de Bicarbonato de Sodio, así como la - neutralización respectiva para reducir probablemente el sabor a soya.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Badui, QUIMICA DE LOS ALIMENTOS, México, Editorial Mexicana, S.A. Segunda reimpresión, 1984.
- 2.- Chen Steve, Dr. PRINCIPIOS DE LA PRODUCCION DE LECHE DE SOYA, Publicado por: Asociación Americana de Soya, - Asa México HN No. 38.
- 3.- Kopsic Tomislav y Lauric Valentin, PROPIEDADES DE LA SOYA. (Cátedra de Química Industriales-Universidad Nacional del Sur. Dr. Miguel López Francés. Bahía Blanca República Argentina).
- 4.- S. Orellana Ruth. SOYA NOTICIAS. Asa/México, Julio 15, 1983. Año XII, No. 154.
- 5.- Wolf<sup>2</sup> W.J. PROTEINAS COMESTIBLES DE LA SOYA Y SUS USOS Publicado por: Asociación Americana de Soya. Asa/México HN No. 5.
- 6.- EFFECT OF BOILING TREATMENT OF SOY MILK ON THE COMPOSITION, YIELD, TEXTURE AND SENSORY. PROPERTIES OF TOFU - Con Inst. Food. Sci. Technol, Vol. 19 (No. 2); p. 55 y 56, 1986.

- 7.- PROPIEDADES Y APROVECHAMIENTO DE LAS PROTEINAS DE SOYA DE ALIMENTOS. Food Manufacture, Vol. 58 (No. 5); P- 21 23, 27, 77, 1989.
- 8.- Sorda y Pineda, José María de la. LA SOYA, CULTIVO, - APROVECHAMIENTOS, INDUSTRIAS. Madrid, Editorial Dosset 1958, P-57.
- 9.- The Worl Book Enciclopedia T, 19 Edition, Printed in - the United States of América, 1988, P-309.