

### 3. REVISIÓN BLIBLIOGRÁFICA

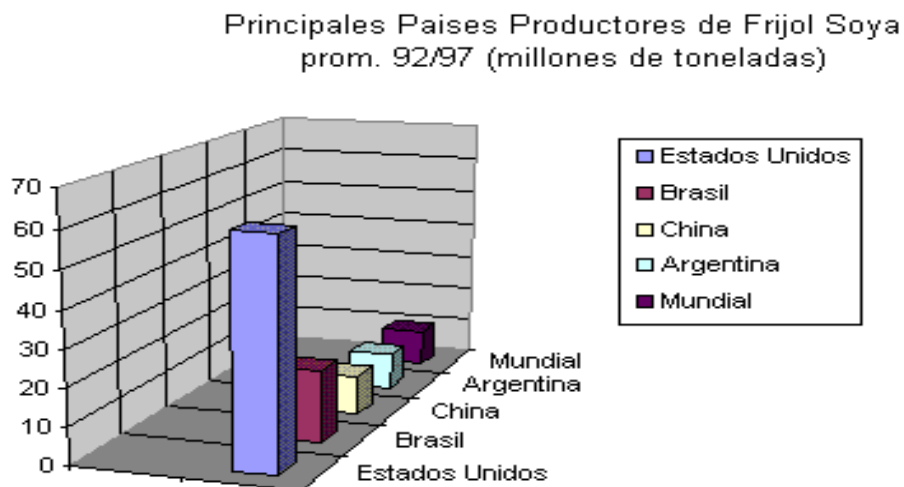
#### 3.1 SOYA

La soya *Glycine max*, es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, y por su elevado contenido de aceite, se incluye, junto con el cártamo, algodón, girasol, aceituna y el cacahuete, en las oleaginosas. En muchos países occidentales, esta semilla se utiliza para la extracción de aceite y el residuo o pasta, rico en proteína, se emplea para la alimentación animal; por otra parte, en el Oriente, la soya es fundamental en la dieta de un gran sector de la población. (Badui, 1993)

Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por su proteína, en los últimos años ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico, para su aprovechamiento integral. La producción de proteínas de soya, representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia que existe de las proteínas convencionales, como las de la leche y la carne.

Existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis*- en estado natural, *Glycine max*- cultivada y *Glycine gracilis*-intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en todo el mundo (Salunkhe, 1992).

La producción de soya se encuentra principalmente en cuatro países en donde se produce el 88% del total mundial. Los cuatro países son: Estados Unidos de Norteamérica, Brasil, China y Argentina (Figura 1).



**Figura 1. Países productores de soya (Badui, 1993)**

La producción nacional de soya en México representa en promedio el 40% del consumo total y la diferencia se importa principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, Brasil y Argentina. En México, los principales cultivos a nivel comercial se encuentran en Sonora y Sinaloa, pero existen cultivos de soya en alrededor de 16 estados de la República.

### 3.1.1 Estructura

La soya es una semilla generalmente esférica, del tamaño de un guisante y color amarillo. Algunas variedades presentan una marca negra que corresponde al hilo de la semilla. Su tamaño es mediano 1000 semillas pesan de 5 a 40 gramos. (Zinder y Kwon 1987)

La semilla de soya tiene tres partes principales: cubierta, cotiledón e hipocotiledón, la cubierta es distinta con una marcada abertura y el embrión muestra los rasgos principales de la leguminosa, que son dos cotiledóneos abultados (Salunkhe, 1992).

En forma general, la soya está anatómicamente constituida por tres fracciones principales: la cascarilla, que representa el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo (2%) y el cotiledón (90%); en este último se localiza el aceite en unos pequeños compartimientos, llamados esferosomas, de 0.2 a 0.3  $\mu$ , y que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteínicos (denominados aleuronas) de mayor tamaño, integrados por aproximadamente 98% de proteínas y algo de lípidos y de ácido fítico. La composición de la soya y de sus partes en (%), está presentada en la tabla 1, a continuación:

**TABLA 1. Composición de la soya y de sus partes (%) (Badui, 1993).**

	PROTEÍNA	GRASA	CARBOHIDRATOS	CENIZAS	CONSTITUYENTES DE LA SEMILLA
<b>SOYA TOTAL</b>	40	21	34	4.9	-
<b>COTILEDÓN</b>	43	23	29	5.0	90
<b>CASCARILLA</b>	9	1	86	4.4	8
<b>HIPOCOTILO</b>	41	11	43	4.3	2

La composición de los tres principales constituyentes de la semilla de soya es presentada en la tabla 2. En ésta tabla se observa que en la semilla entera el porcentaje de proteína cruda y grasa es mucho mayor en soya americana que en japonesa.

**TABLA 2. Composición promedio de los constituyentes de la soya (Salunkhe, 1992).**

CONSTITUYENTE	SEMILLA ENTERA ( % )	COTILEDONES ( % )	HIPOCOTILEDONES ( % )	CASCO ( % )
Proteína cruda	40.4	43.4	40.8	9.0
Grasa cruda	22.3	24.3	12.0	0.9
N- libre + fibra	31.9	27.4	42.7	86.2
Cenizas	4.9	5.0	4.5	4.0

### 3.1.2 Composición Química

La composición de soya cambia dependiendo de la variedad del grano, de las condiciones de crecimiento, así como del estado en que se encuentra.

Comparando la tabla 3 con la 4, se observa que el porcentaje de humedad, proteína, grasa, carbohidratos y cenizas, es menor en el grano fresco y cosechado antes de tiempo, debido a que no se desarrolló completamente, afectando su composición. La composición está reportada en el peso en base seca, ya que el frijol de soya contiene humedad.

**TABLA 3. Composición química del grano de Soya (*Glycine max*) (Matthews, 1987).**

	COMPOSICIÓN (%)
Humedad	8.6
Energía	413
Proteína	34.3
Grasa	18.7
Carbohidratos	31.6
Fibra Cruda	3.8
Ceniza	5.1
Celulosa y Hemicelulosa	17

**TABLA 4. Composición química del grano de Soya (*Glycine max*) fresca**  
(Watanabe et al., 1971; Wang et al., 1979).

NUTRIMENTOS	COMPOSICIÓN (%)
Humedad	6.8
Proteína	13
Grasa	6
Carbohidratos	11
Ceniza	2
Celulosa y Hemicelulosa	17

Nota: La composición está reportada en base seca.

### 3.2 Proteína de la soya

#### 3.2.1 Contenido y Composición

La soya es una excelente fuente de proteínas. Una variación significativa en el contenido de proteína existe de un cultivo a otro, debido a la zona de cultivo, su crecimiento y cosecha. El contenido de proteína está en un rango de 35 a 44 % (Salunkhe, 1992)

La proteína de soya es particularmente valiosa, debido a que su composición de aminoácidos es completa comparada con otros cereales como el gluten de trigo, arroz, maíz molido y habas.

**Tabla 5. Composición de aminoácidos esenciales del grano de soya (*Glycine max*), gluten de trigo, arroz, maíz molido y habas (Zinder y Kwon, 1987).**

	<b>grano de soya</b>	<b>gluten de trigo</b>	<b>arroz</b>	<b>maíz molido</b>	<b>habas</b>
Isoleucina	5.1	3.9	4.1	3.7	4.5
Leucina	7.7	6.9	8.2	13.7	7.7
Lisina	6.9	1.0	3.8	2.6	7.0
Metionina	1.6	1.4	3.4	1.8	0.6
Fenilalanina	5.0	3.7	6.0	5.1	4.3
Treonina	4.3	4.7	4.3	3.6	3.7
Triptófano	1.3	0.7	1.2	0.7	5.2

### 3.2.2 Principales proteínas de la Soya

*Glycinin*: Proteína predominante del grano de soya, de ésta se deriva el nombre del género *Glycine*. *Glycinin* tiene una estructura cuaternaria que consiste en tres cadenas de ácidos polipéptidos con un peso molecular aproximado de 37,000. Las cadenas de polipéptidos son sostenidos con disulfuros y enlaces de hidrógeno, los cuales son separados por urea, ácido fuerte, base fuerte o calor.

*Hemaglutinina*: reacciona con carbohidratos específicos, se encuentra en los glóbulos grasos y es imprescindible en los procesos de coagulación de la sangre. Los tratamientos térmicos la destruyen e incrementan la disponibilidad de cistina y metionina (Basso y Vieites 1997)

### 3.2.3 Lípidos

Los lípidos de la soya se encuentran depositados en los esferosomas, los cuales pueden ser identificados por microscopía electrónica. El contenido total de lípidos en la soya va del rango de 18-23 %. El aceite de soya contiene 88.1 % de lípidos neutros, 9.8 % de fosfolípidos y 1.6 % de glucolípidos (Salunkhe,1992).

Los lípidos neutros consisten principalmente de triglicéridos acompañados de pequeñas proporciones de ácidos grasos libres y esteroides. Los principales componentes de los lípidos neutros, fosfolípidos y glucolípidos son los ácidos palmítico, oléico, linoléico y linoléico (Pryde, 1990).

### 3.2.4 Carbohidratos de la soya

Los carbohidratos constituyen una porción importante en el grano de soya, aproximadamente el 30% de su peso. Estos incluyen: almidón, azúcares, fibra cruda y otros carbohidratos menores como sustancias pépticas. La soya carece de almidón, sin embargo los azúcares predominantes en la soya son rafinosa, estaquiosa y verbascosa.

Los seres humanos no digerimos la rafinosa y estaquiosa en el aparato digestivo, en su lugar, la flora intestinal fermenta estos azúcares y la producción de gases resultantes ocasiona la flatulencia (Steggerda et al, 1966).



Los oligosacáridos de la soya son considerados indeseables y en muchas ocasiones son removidos mediante fermentación, tratamientos enzimáticos, germinación y remojo del grano (Salunkhe, 1992).

### 3.2.5 Vitaminas de la soya

La semilla de soya es una buena fuente de vitaminas solubles. El contenido de vitamina de la soya es presentado en la tabla 5, en donde se observa que el contenido de niacina es mucho mayor que el de tiamina.

**TABLA 6. Contenido de vitaminas de la soya (Liener, 1980).**

VITAMINA	CONTENIDO
β-Caroteno (μg/g)	0.2-2.4
Tiamina (μg/g)	11.0-17.0
Riboflavina (μg/g)	2.3
Niacina (μg/g)	20.0-26.0
Ácido Pantoténico (μg/g)	12.0
Piridoxina (μg/g)	6.4
Biotina (μg/g)	0.6
Ácido Fólico (μg/g)	2.3
Colina (mg/g)	3.4
Inocitol(mg/g)	1.9-2.6
Ácido Ascórbico (mg/g)	0.2

### 3.2.6 Minerales de la soya

El contenido total de minerales en el grano de soya es determinado por el total de cenizas. El contenido de calcio en la soya está en el rango de 160 a 470 mg/100g. La disponibilidad de calcio proveniente de la soya es muy baja, únicamente el 10 % del calcio de la soya puede ser utilizado efectivamente por el hombre.

La disponibilidad de otros minerales en la soya esta influenciada por proteínas, ácido fítico y polifenoles (Salunkhe, 1992).

### **3.3 Factores que afectan la calidad de la soya**

La soya, al igual que muchos otros tejidos, produce metabolitos propios de su sistema, que en ocasiones pueden ser muy dañinos para el hombre, debido a que estos presentan problemas de inhibición de crecimiento, reducción de digestibilidad de la proteína y de la disponibilidad de los aminoácidos, vitaminas y minerales, estos efectos se relacionan directamente con estos factores que afectan la calidad de esta leguminosa, que deben eliminarse con un tratamiento térmico, con un calentamiento excesivo que trae consigo cambios muy dañinos en la proteína, que se reflejan en una reducción de la relación de eficiencia proteínica, es decir, se requiere optimizar las condiciones de tiempo- temperatura para eliminar dichos factores y conservar al máximo el valor nutricional (Badui, 1993).

A continuación, se presentan algunos de los factores que afectan la calidad de esta leguminosa:

Inhibidores de Tripsina: El inhibidor de tripsina, es una enzima proteolítica que participa junto con otras enzimas en la digestión de las proteínas en el cuerpo humano (Snyder y Kwon, 1987).

Lipoxigenasa: (linoleate: oxidoreductasa) Cataliza la formación de hidroperoxidasa de ácidos grasos poliinsaturados. La degradación de hidroperoxidasa causa inaceptables cambios en el sabor, (Sesa, 1979). Es encontrada en una gran variedad de plantas, particularmente en legumbres. Destruye los ácidos grasos

esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico) dando un sabor característico en los productos de soya (Richardson y, Finleg, 1985).

En 1960 en la Universidad de Cornell, estudios establecieron que la actividad de la lipoxigenasa es un problema en el sabor de la leche (Wilkens et al, 1967) desarrollaron leche de soya con temperaturas altas, para inactivar la lipoxigenas, el sabor disminuye, pero la proteína se redujo drásticamente.

El problema principal en la expansión del consumo de leche de soya en países occidentales ha sido la eliminación del sabor afrijolado producido por la lipoxigenasa. Los medios empleados para reducir el sabor del grano de soya son blanquear antes de moler, para esto se usa etanol acuoso al igual que dar tratamiento con agua caliente para eliminar la actividad de la lipoxigenasa (Schroder-Jackson, 1972).

### **3.4 Productos derivados de la soya**

Los productos derivados de la soya, se clasifican en fermentados y no fermentados. Granos frescos de soya, polvo de soya, leche y tofu, son los principales alimentos no fermentados. Entre los productos fermentados se encuentran: sufu, pasta de soya, salsa de soya y tempeh.

### **3.5 Leche de Soya**

Alimento líquido obtenido como resultado de la combinación de:

1. Extracción acuosa de sólidos y agua de frijol de soya entero.
2. Otros sólidos de calidad comestible de proteína de soya, aceite de soya y agua.

Evidencias arqueológicas encontradas en un mural chino demuestran que la leche de soya y el tofu se producían en el norte de China durante el periodo de Eastern/ Later Hans en los años 25-220 A.C (Wensha, 1990).

La leche de soya básicamente es un extracto acuoso del grano de soya, una dispersión estable de las proteínas de soya en agua, una muestra de leche de soya se presenta en la figura 2.



**Figura 2. Leche de soya**

Hacia 1950, la leche de soya entra a la era moderna gracias al trabajo de K.S. Lo de Vitasoy en Hong Kong y Yeo Seng en Singapur. En esta década se encontraba en el mercado la leche de soya embotella como bebida refrescante.

La leche de soya cobra un papel importante debido a que el 50% de la población adulta en países como Asia, Europa y América Latina, son intolerantes a la lactosa. Por ésta razón se limita el consumo de leche de vaca, lo cual ha traído como consecuencia buscar alternativas para adquirir las proteínas y otros nutrientes presentes en ésta.

La Asociación Americana de Soya recomienda que todos productos de leche de soya sean sometidos a un tratamiento térmico adecuado antes de su venta. Algunas prácticas de manufactura incluyen: cocción completa de fríjol de soya y suspensión acuosa; procesamiento de la soya con equipo sanitario, tratamiento térmico adecuado, rápido enfriamiento a una temperatura menor de 40°F (4.4°C).

La Asociación Americana de Soya emite la siguiente guía microbiológica para productos de leche de soya, los cuales deben de estar ausentes de:

- *Staphilococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli* enteropatógena, *Vibrio parahemolyticus*, *Listeria monocytogenes* y *Campilobacter jejuni*.
- *Yersinia enterocolitica*.
- La cuenta estándar final no debe de exceder de 200, 000 UFC/ml
- Ausencia de coliformes en muestras de 1.0 ml

### 3.5.1 Composición Química de Leche de Soya

A continuación se presentan tablas en las cuales se reportan valores de los principales nutrimentos que posee la leche de soya. Comparando leche de soya japonesa con norte americana, se observa que la japonesa presenta una alta composición química, esto se debe a los métodos de elaboración así como la calidad del grano utilizado.

**TABLA 7. Contenido Nutrimental de la leche de Soya (por 100g) (UDSA y Japón, 1997).**

NUTRIMENTO	LECHE DE SOYA	LECHE DE SOYA
Proteína	2.8	3.6
Grasa	1.9	2.0
Carbohidratos	1.8	2.9
Calorías	33	44

En la tabla 7 se compara el contenido nutrimental de leche de soya y vaca, se observa que el porcentaje de proteína presente en leche de soya es mayor que el de

vaca, ya que la soya es una fuente rica en proteína. También se observa que el contenido de grasa en leche de vaca es mayor debido a que es producida por glándulas mamarias y no por semillas.

**TABLA 8. Comparación de Contenido nutrimental de leche de soya y leche de vaca (Soya Technology Systems, 1994).**

NUTRIMENTO	LECHE DE SOYA	LECHE DE VACA
Proteína	3.7%	3.4%
Grasa	3.2%	3.5%
Carbohidratos	6.3%	4.7%
Sólidos totales	13.8%	12.6%
Calorías/100g	68.8	63.9

Los nutrimentos de leche de soya son afectados por la calidad y variedad del grano, así como de los métodos y técnicas utilizadas en su elaboración, ésta es una de las razones por las que existe una diferencia del contenido nutrimental en las tablas 8 y 9.

**TABLA 9. Contenido nutrimental de leche de soya (Watanabe (1971) y Wang (1979)).**

NUTRIMENTO	CONTENIDO (%)
Humedad	94

Proteína	3
Lípidos	1
Carbohidratos	1
Cenizas	0.3

### 3.5.2 Elaboración de la leche de soya

La leche de soya se prepara, remojando los frijoles de soya durante la noche, seguido de un molido húmedo, filtrado y ebullición. Sin embargo también se prepara haciendo dispersiones estables de aislados de proteína de soya en agua, junto con otros ingredientes. (Khee C. y Rhee, 1993)

Como ya se ha mencionado anteriormente, granos de soya de baja calidad afectan en la composición química, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de soya. Actualmente los productores de ésta leche seleccionan cuidadosamente la variedad del grano, generalmente se utiliza soya amarilla número 2.

La recuperación de contenido proteínico es aproximadamente de 70 a 80% y el porcentaje de sólidos recuperados es de 55 a 65, sin embargo estos valores varían dependiendo de las etapas previas a la elaboración así como del procesamiento. Algunas etapas utilizadas antes de iniciar la producción de leche de soya son: limpieza, descascarillado, remojo y blanqueado del grano.

**Limpieza.** La soya debe de ser limpiada con el objetivo de remover los materiales extraños, como piedras, paja, hierbas y metales. En la limpieza del grano se pueden utilizar sanitizantes, como los extractos cítricos, que son fundamentalmente aceites esenciales obtenidos de las semillas de diferentes variedades de cítricos.

Las ventajas que se han encontrado en el uso de extractos cítricos son: el efecto bactericida y fungicida, por esta razón se ha usado en la agroindustria permitiendo la

disminución o eliminación de riesgos microbiológicos. Éste producto es aplicado a través de aspersores, inmersotes y mezclas con otros productos afines.

**Descascarillado.** Se realiza en seco o en húmedo, sin embargo generalmente se realiza en seco. El descascarillado en seco se conforma de tres etapas: tratamiento térmico (93°C por 15 minutos) para desprender la cascarilla de los cotiledones, desquebrajado del grano y separación de las cascarillas de los cotiledones mediante aspersión.

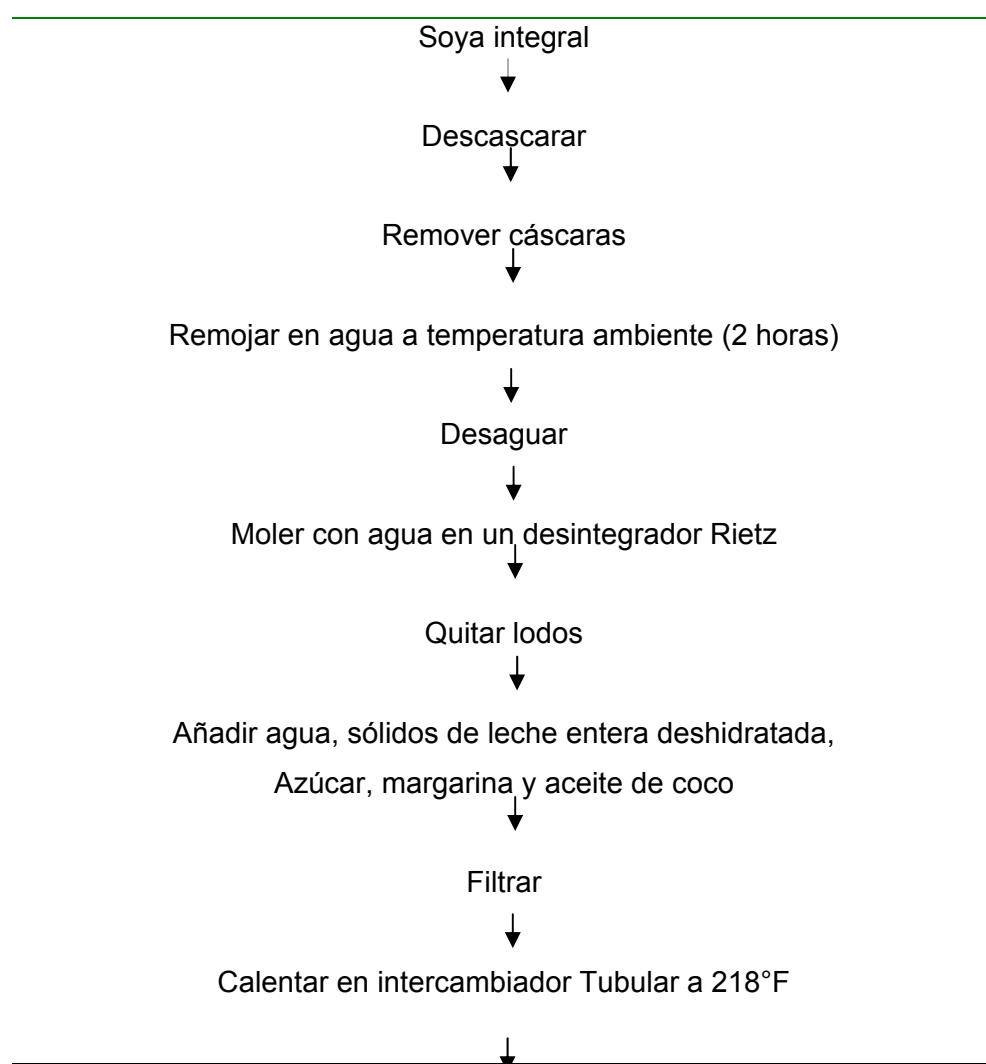
**Remojo.** La leche de soya es preparada con grano remojado o seco. El remojo se realiza en agua fría o caliente, sin embargo el remojo en agua fría es preferible ya que hay menor pérdida de sólidos. La cantidad de agua utilizada para el remojo es tres veces el peso del frijol, y el tiempo de remojo es de 8 a 10 horas a 20°C. El agua caliente ayuda en la inactivación de las enzimas, pero la desventaja es la producción de reacciones de obscurecimiento y pérdida de sólidos.

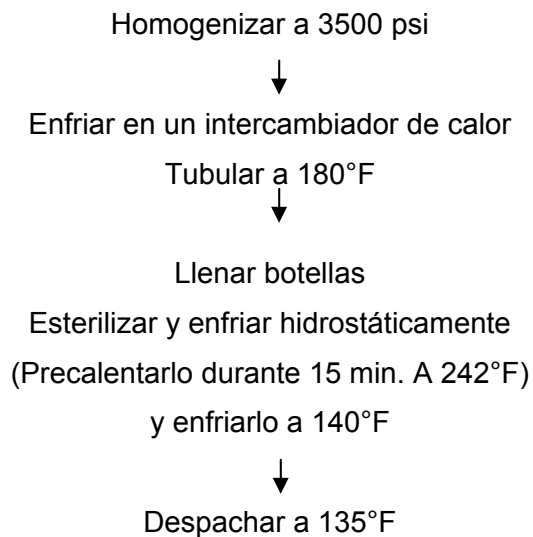
**Blanqueo.** Utilizar una solución de bicarbonato de sodio a altas temperaturas reduce el sabor a frijol de la leche de soya, además ayuda a lavar y remover azúcares responsables de la flatulencia (rafinosa y estaquinoso) e inactiva a los inhibidores de tripsina. Para el blanqueo generalmente se usa bicarbonato de sodio de 0.25 a 0.5 % en agua de remojo, dejando actuar ésta concentración durante 10 minutos.

Un ejemplo tradicional para elaborar leche de soya, es el empleado por Vitamilk, es producido y distribuido en Tailandia por Green Spot. Como se muestra en el diagrama 1, la soya es molida a temperatura ambiente, lo cual provoca que se encuentre un fuerte sabor a frijol, que no es aceptado por los consumidores no orientales.



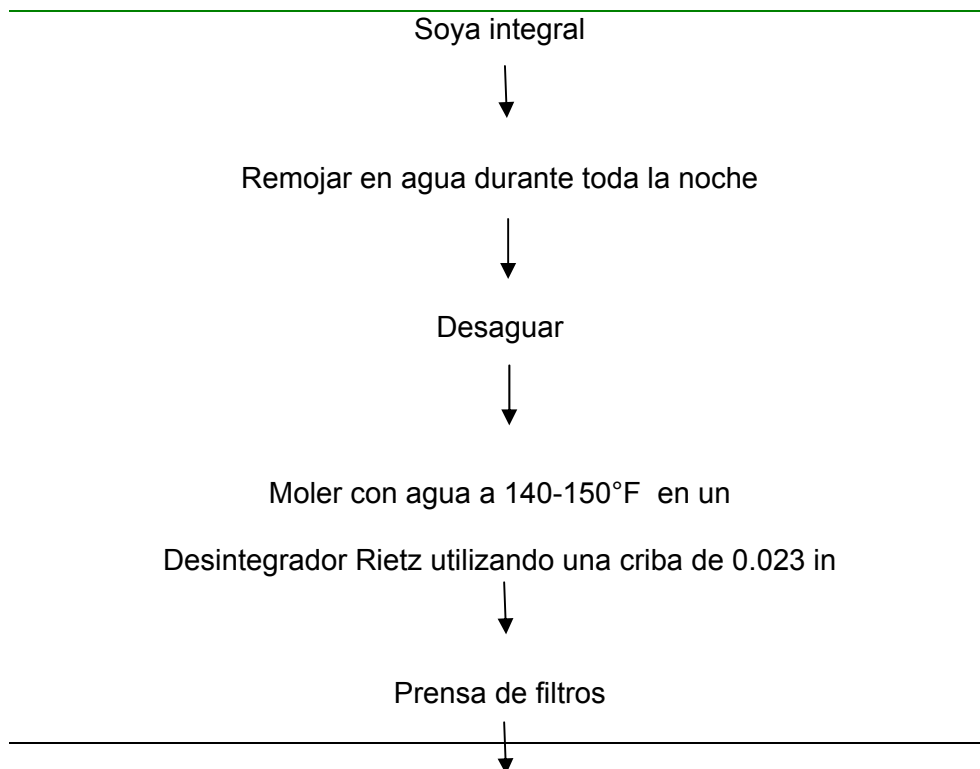
**Figura 3. Diagrama de flujo de Vitamilk, Bangkok, Tailandia de Green Spot. (Hand et al., 1964)**





En el proceso de extracción de agua (figura 3), el frijol de soya integral es hidratado, remojándolo durante toda la noche. Moler el frijol con agua a 140-150°C disminuye la actividad de la lipoxigenasa (Hand et al., 1964).

**Figura 4. Diagrama de flujo de leche de soya con extracción de agua**



---

Eliminar residuos



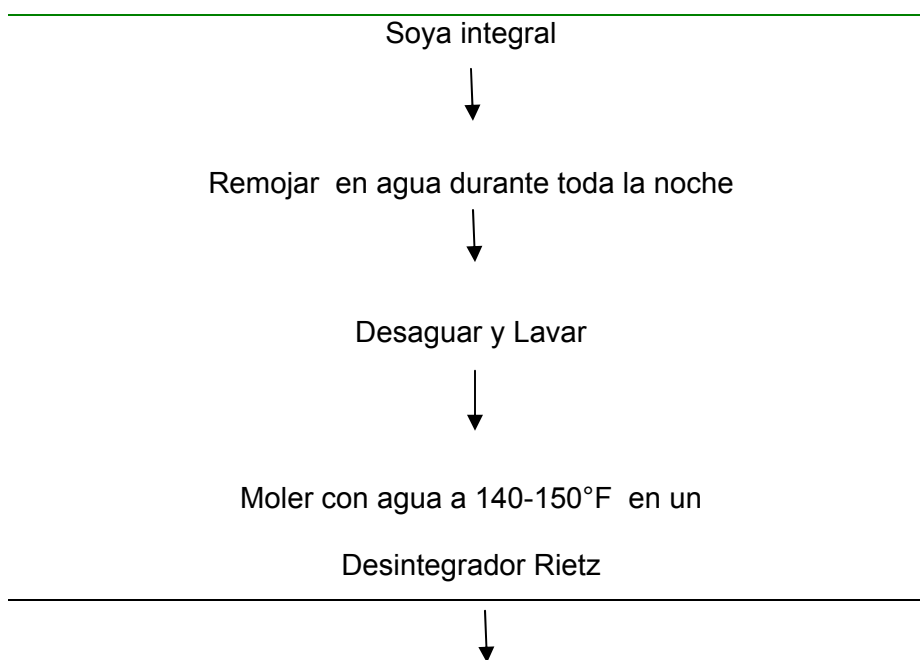
Leche de soya

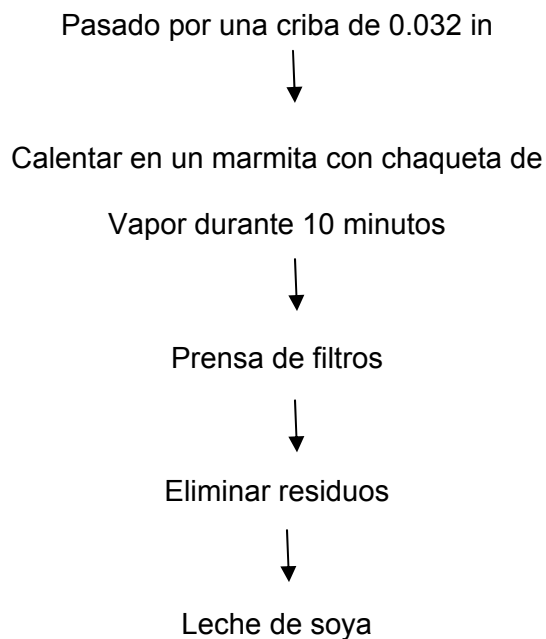
---

El proceso denominado ebullición de agua (figura 4), fue desarrollado por investigadores de la universidad de Cornell, en este proceso, la soya molida, es remojada en agua con una temperatura de 180°F, realizando este procedimiento, se obtiene una leche sin compuestos volátiles y de mejor sabor.

Los problemas que se presentan al seguir la figura 4, son: el trabajar con agua hirviendo, requerimiento de control detallado de temperaturas, precalentamiento de equipo de molienda y mantener una relación adecuada entre agua- soya.

**Figura 5. Diagrama de flujo de leche de soya de la Universidad de Cornell**





En la figura 8, representa el proceso que lleva a cabo el equipo soymilk (figura 7) machine, al introducir 100 granos de soya, en el equipo, se inicia un proceso continuo que dura 20 minutos presentando tres etapas de molido y calentamiento de agua, al final del proceso se obtiene una leche de soya con una temperatura de 86°C.



Figura 6. Partes del equipo soymilk-machine

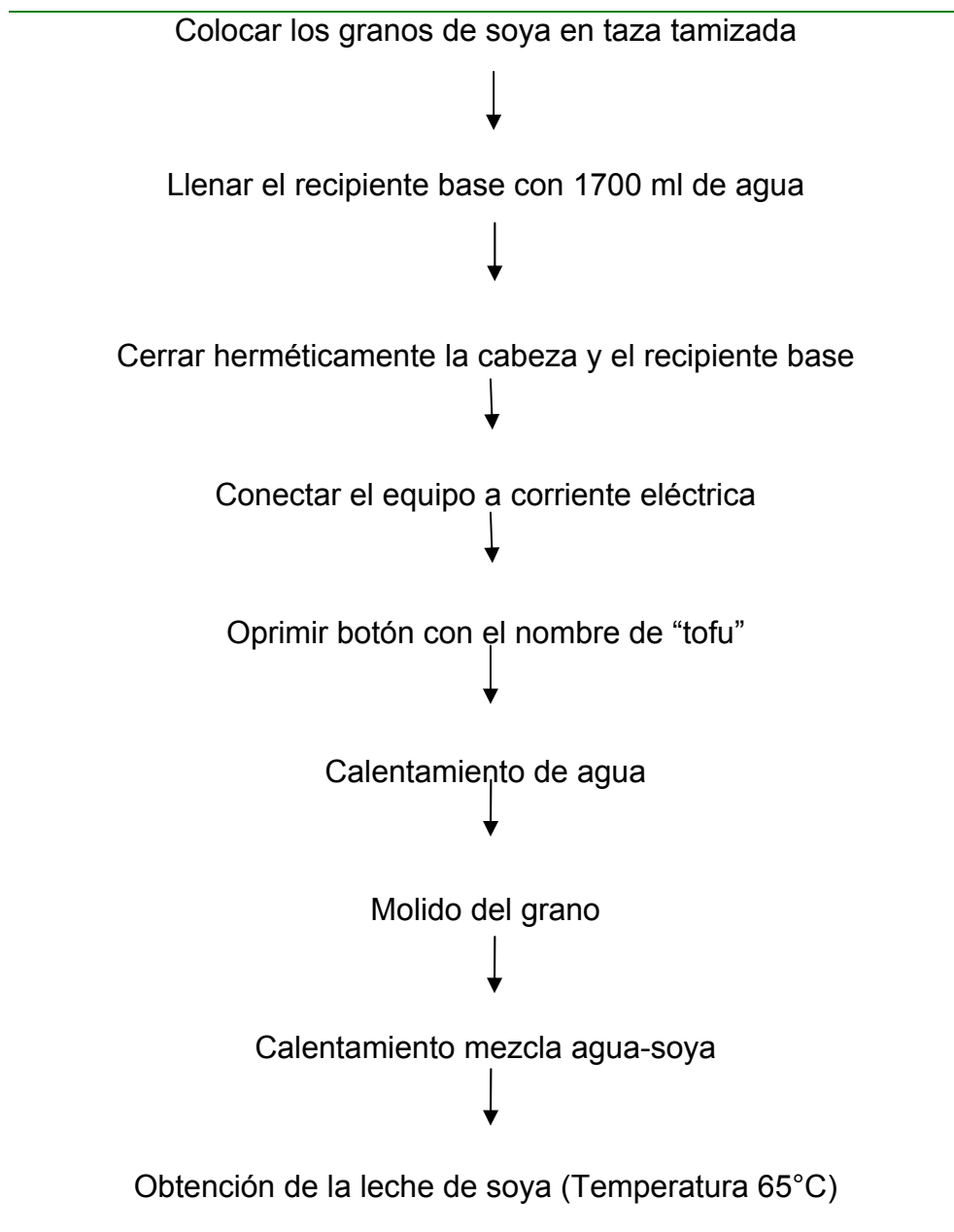


Figura 7. Equipo soymilk- machine

Figura 8. Diagrama de flujo de la leche de soya soymilk machine

Pesar 100 gramos de grano de soya (*Glycine Max*)





### 3.6 Okara

El okara se produce durante la molienda del grano de soya para obtener la leche, este alimento es muy nutritivo, con una gran cantidad de proteína (6%), agua (80%) y sólidos totales (20%) (Shurtleff y Aoyagi, 1984)

El okara es un producto perecedero, ya que contiene una gran cantidad de agua, se han realizado estudios para utilizarla como alimento para consumo humano y animal. Se emplea para elaborar productos secundarios como son los de panificación, embutidos, cereales, entre otros.

### **3.7 Problemas ocasionados por el consumo de leche de Soya.**

La soya de baja calidad resulta en una leche de soya con un sabor, color y vida de anaquel pobres. (Urbanski et al, 1989). Un recubrimiento de semilla e hilos más claros producirán una leche de soya con un color más claro. El color de la leche varía de blanquecino a muy amarillo, esto es ocasionado por la materia prima y métodos de procesamiento utilizado para preparar leche de soya.

**Sabor** La mayoría de los chinos surorientales aceptan la tradicional leche de soya con el sabor afrijolado producido por la enzima lipoxigenasa. Los japoneses aceptan una concentración menor a este sabor, sin embargo los suroasiáticos, africanos, europeos y americanos, no aceptan este sabor debido a que están acostumbrados a consumir leche de vaca.

El sabor afrijolado se debe a la presencia de lipoxigenasa, la cual cataliza la oxidación de ácidos grasos polinsaturados y sus ésteres que contienen el grupo cis, cis-pentadieno 1-4. Los productos primarios son los cis, trans hidroperóxidos conjugados cis y trans (Eskin, et al. 1977).

Los hidroperóxidos producidos por la lipoxigenasa se descomponen para formar cuarenta compuestos diferentes que tiene que ver con el sabor a grasa y frijol en la leche de soya. Éstos compuestos una vez formados son difíciles y costosos de eliminar. (Wolf y Cowan, 1975)

Los malos sabores pueden mitigarse y/o controlarse mediante la inactivación de la de las enzimas con tratamientos térmicos, fermentación o ácidos. Se reportó que el sabor afrijolado puede evitarse hirviendo la lechada a 80°C por 10 minutos (Wilkens et al. 1967; Mattick y Hand, 1969).

**Digestibilidad Proteínica** Inhibidores de tripsina se encuentran presentes en una gran variedad de semillas leguminosas, dentro de las cuales se encuentra la soya. En estudios realizados en animales, los inhibidores de la tripsina son los factores inhibidores del crecimiento que ocasiona un engrandecimiento del páncreas.

Los inhibidores disminuyen la disponibilidad de enzimas de tripsina que son importantes para digerir las proteínas (Rackis, 1974).

El calor se ha empleado para inactivar los inhibidores de la tripsina cuando se produce leche de soya. La inactivación está en función del tiempo, temperatura, pH, contenido de humedad y tamaño de las partículas (Liener y Kakade, 1980).

**Flatulencia** Debido a que la soya contiene 5% de sacarosa, 1% de rafinosa y 4% de estaquiosa, los seres humanos no tienen alfa-galactosidasa en su aparato digestivo para digerir la rafinosa y estaquiosa, en su lugar, la flora intestinal fermenta estos azúcares y la producción de gases resultantes ocasiona flatulencia (Steggerda, 1966; Kawamura, 1968; Wolf y Cowan, 1995).

Los azúcares indeseables (rafinosa y estaquiosa), se reducen con la enzima alfa-galactosidasa, mediante fermentación, remojo y blanqueado del grano. Sin embargo es difícil eliminar o reducir un nivel aceptable los factores de flatulencia en leche de soya durante su procesamiento.

### **3.8 Tofu**

El queso hecho a base de soya se le da el nombre de “tofu” (Figura 5), se vende como producto de alta calidad, su textura es firme parecida al del flan, sabor delicado, color crema. Fuentes antiguas afirman que el queso ha servido de alimento al hombre por más de 400 años; las técnicas de elaboración fueron llevadas de Asia a Europa durante el imperio Romano.





**Figura 9. Representación de queso de soya (tofu)**

El primer queso producido por el hombre fue la cuajada sin madurar y prensada de soya, que hoy conocemos con el nombre de tofu. Este producto fue desarrollado en el año 164 A.C. en China por Liu An, Rey de Huai-Nan de la dinastía Han (Matthews, 1987).

El tofu es consumido de diferentes formas: natural, revuelto, con especias, como aderezo e incorporado en helados. También existen alimentos fermentados del tofu, como es el caso del “sufu”, el cual es parecido al queso crema.

El tofu se forma cuándo un agente coagulante es adicionado a la leche de soya, provocando que la proteína con los lípidos precipiten. Tradicionalmente se usan agentes coagulantes como: ácido acético, cloruro de calcio y magnesio, gluconato y sulfatos (Matthews, 1987).

La clasificación de tofu es de acuerdo a su contenido proteínico (Braverman, 2004):

- a) El tofu suave contiene de 5-7.9 %
- b) El tofu regular contiene de 8-10 %
- c) *El tofu firme contiene de 11-19%*

El rendimiento promedio de la producción de tofu es la siguiente (Braverman, 2004):

- a) Tofu suave de 5 a 6 veces el peso de frijón de soya crudo.
- b) Tofu regular de 3 a 4 veces el peso de frijón de soya crudo.
- c) *Tofu firme de 1 a 1.5 veces el peso de frijón de soya crudo.*

### 3.8.1 Estándares microbiológicos para tofu

En la tabla 10, se observan los estándares microbiológicos establecidos por la Guía y estándares para el análisis de resultados microbiológicos en alimentos, Québec; en donde *n* es el número de las unidades de muestra seleccionada para cumplir con los requisitos de un plan de aceptación, *m* representa concentraciones aceptables de microorganismos o cantidades de material extraño por gramo o mililitro, *M* indica concentraciones inaceptables de microorganismos o las cantidades de material extraño por gramo o mililitro, y *c* es el número máximo permitido de las unidades de muestra marginal aceptables cuando se excede éste número la porción llega a ser inaceptable.

**Tabla 10. Estándares microbiológicos para tofu** (Productos saludables y área de alimentos, Canadá 2005).

MICROORGANISMOS EN TOFU	PARAMETROS			
	<i>n</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>M</i>
Mesófilos aerobios	5	2	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^7$
E. Colli	5	2	10	$1 \times 10^2$
B. cereus	5	2	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^4$
Salmonella	5	0	No detectado	-----
Yersinia enterolítica	5	0	No detectado	-----

De acuerdo a los estudios de tofu realizados por (Gómez, et al. 2001), en la tabla 11 se presentan las características microbiológicas de tofu comercial, en donde

se observa que la cuenta estándar se encuentra dentro de los límites establecidos por la Asociación Americana de Soya, por la Guía y estándares para el análisis de resultados microbiológicos en alimentos de Québec.

**Tabla 11. Análisis microbiológico en tofu comercial (Gómez, 2001).**

MICROORGANISMOS	UFC/GRAMO
Mesófilos aerobios	$2 \times 10^2$
Coliformes totales	$84 \times 10^2$
Hongos y Levaduras	800

La coagulación de la leche de soya representa una etapa delicada, ya que determina el tamaño de la cuajada así como el rendimiento del producto final. Los diversos tipos de coagulantes producen una influencia en la determinación de la dureza y fragilidad del tofu.

Coagulante	Concentración (%p/p)	%Proteína	% Rendimiento
Cloruro de Calcio	0.1	17.91	24.55
Cloruro de Magnesio	0.25	15.905	13.24
Ácido acético	0.1	19.89	10.72

**Tabla 12. Rendimiento y proteína de tofu obtenidos con coagulantes diferentes** (Gómez et al., 2001).

En la elaboración de tofu, se utilizan agentes coagulantes como son: sales de calcio, cloratos, Glucano-Delta-Lactona (GDL), ácidos cítricos y acéticos.

**Cloruro de magnesio** Se extrae de agua de sal, se utiliza para conservar alimentos como pescados o carnes. Presenta una coagulación muy rápida, el cuajo es menos uniforme y no tan fino como el que se obtiene con el GDL, calcio o sulfatos. Produce un tofu firme y de sabor dulce (Braverman, 2004).

**Sulfato de Calcio** Coagula lentamente, se obtiene una textura suave ya que absorbe más agua; el tofu preparado con este agente coagulante, presenta un contenido de calcio de 350 mg por 100 gramos de soya (Hunting, 1985).

**Cloruro de Calcio** Se describe como fragmentos, gránulos o polvo blanco, duros e inodoros, es soluble en agua y levemente soluble en alcohol.

Tiene una coagulación muy rápida, la estructura no es tan fina como la que se obtiene al utilizar GDL. Se produce un tofu con consistencia firme y sabor dulce (Braverman, 2004).

**Glucano- D-Lactona** Es un polvo blanco cristalino y fino, prácticamente sin olor, fácilmente soluble en agua y poco soluble en alcohol, utilizado en alimentos como acidulante y conservador. Comúnmente utilizado para elaborar tofu suave dando la mejor textura con base en la suavidad.

**Ácido Acético** Proporciona un sabor ácido en el alimento al que se adiciona, contribuye a la preservación de alimentos, retardando el crecimiento microbiano y la deterioración enzimática. La fuerza ácida afecta dos de las funciones más comunes: impartiendo un sabor amargo y creando un ambiente ácido que limita el crecimiento microbiano (Kuntz, 1996).

### 3.8.2 Métodos de elaboración

Existen variantes en las técnicas de elaboración, sin embargo las bases son las siguientes: preparación de la leche de soya, coagulación de la leche para formar cuajadas y la formación de tofu en un molde.

El tofu tiene la ventaja de absorber algunos sabores impartidos por condimentos o especias adicionados, el chile esparcido en el tofu es de gran agrado para los consumidores, sin embargo también se han adicionado cocoa y chocolate produciendo un tofu en forma de pie.

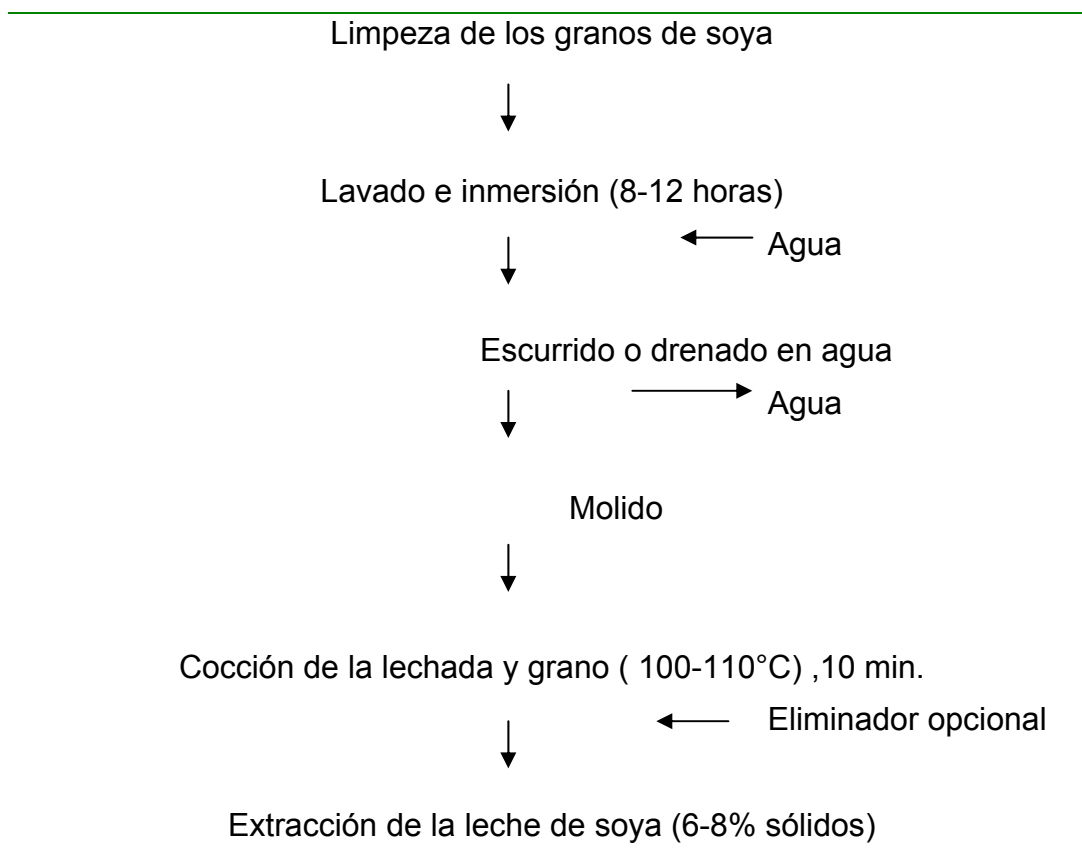
La temperatura de la leche de soya, la adición del coagulante, la forma en que se mezcla y la presión aplicada ( $12-123 \text{ g/cm}^2$ ) afecta la producción en cantidad y

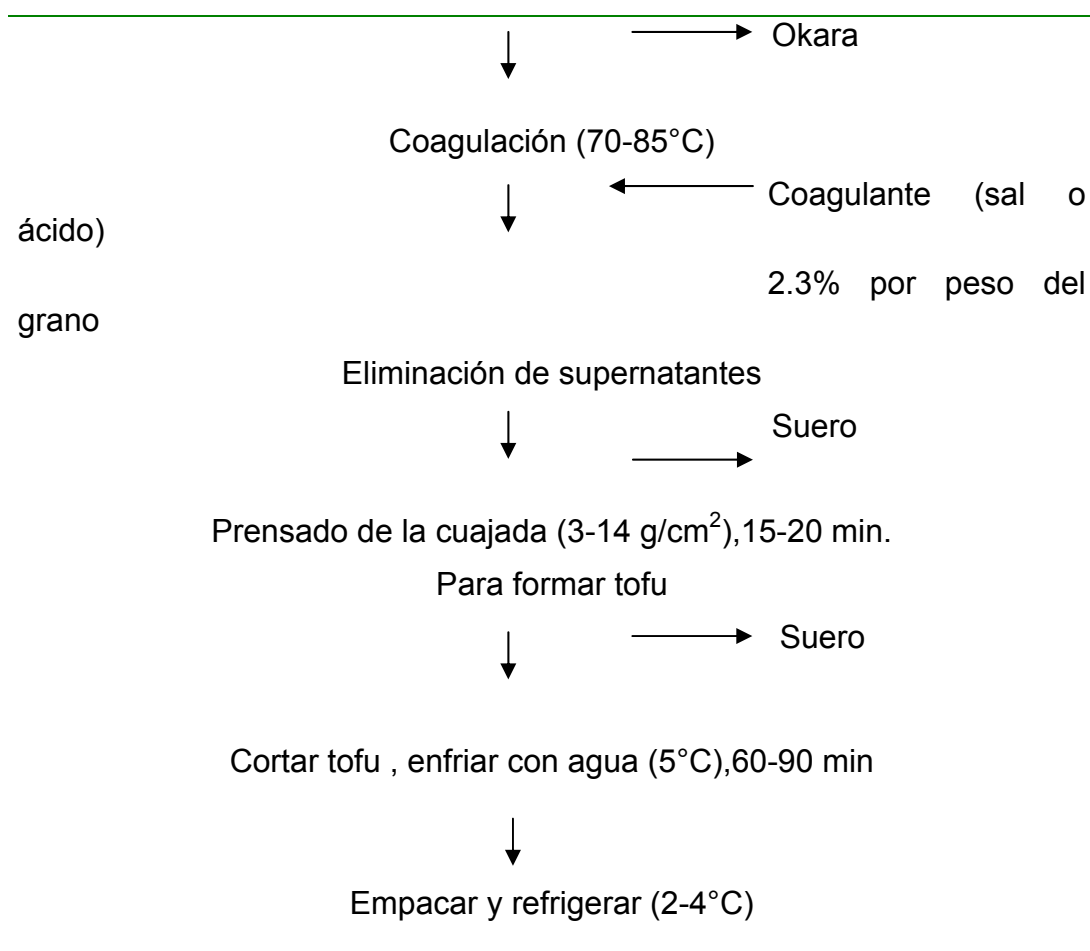
textura. Desde el tipo de vista microbiológico los puntos críticos se encuentran en las etapas de filtración y prensado (Gómez et al., 2001).

El pH de la leche de soya está en el rango de 6.4-6.6, dicho rango es el recomendado para la extracción de la proteína. El coagulante se añade cuando la leche de soya presenta una temperatura de 70-85°C y tiene el pH indicado, con el objetivo de lograr una buena precipitación de la proteína y un mayor rendimiento del producto.

El la figura 10 se representa una técnica para elaborar tofu, se observa que el proceso incluye las bases principales (preparación de la leche de soya, coagulación de la leche y la formación de tofu), cantidad de agente coagulante incorporado, así como la aplicación de peso para la eliminación de cualquier suero residual. También se observa que el tofu se coloca en agua fría para eliminar el suero residual que pudo haber quedado, la inmersión de agua provoca que la temperatura del producto descienda rápidamente. (Shurtleff y Aoyari, 1979)

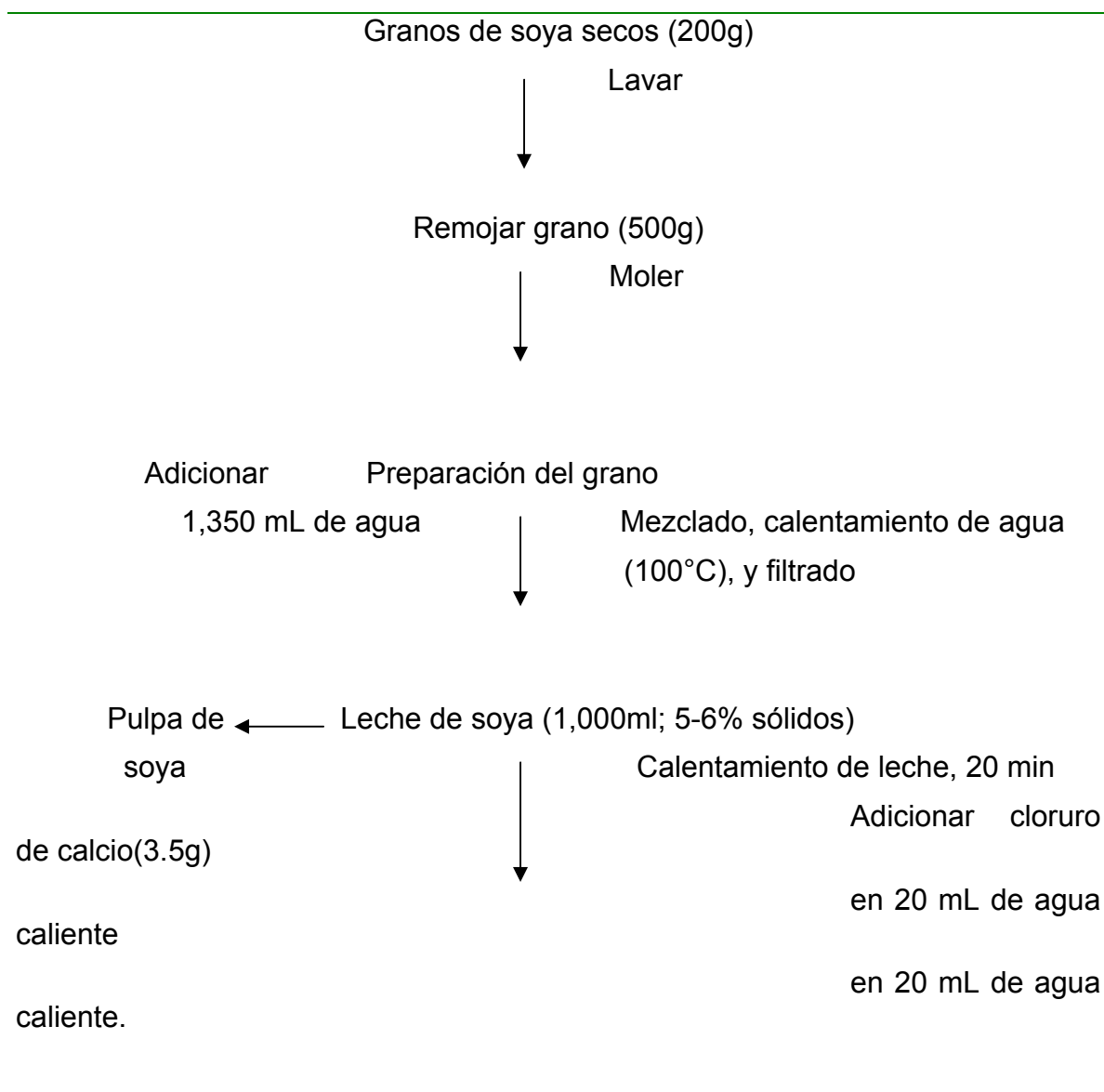
**Figura 10. Diagrama de flujo de la producción normal de Tofu**



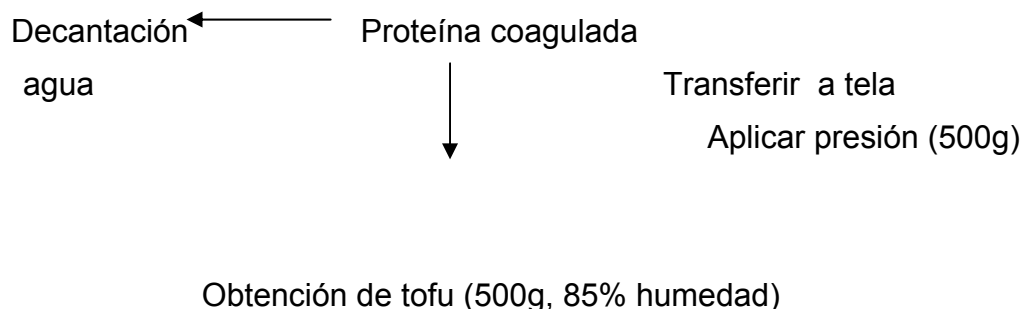


En la figura 10, indica los pasos a seguir para la elaboración de tofu, a diferencia del anterior, éste previamente seca el grano antes de comenzar la elaboración de la leche; así como se agrega cloruro de calcio o nigari como agente coagulante. Con respecto al prensado, en este método se aplica un peso de 500 g, logrando una mayor disminución de agua contenida en el tofu. (Zinder y Kwon , 1987)

**Figura 11. Diagrama de flujo elaboración de Tofu**







### 3.8.3 Composición Química del Tofu

Las tablas que se presentan a continuación representan principales nutrimentos que se encuentran en el tofu. En las dos tablas, se observa que los valores de los nutrimentos, presentan diferencias debido a la variedad de tofu, un ejemplo de diferencias es el contenido de humedad presente en tofu firme y regular, ya que un tofu firme por ser más duro y compacto presenta un mayor contenido que un tofu regular o blando.

**TABLA 13. Composición química del Tofu en 100 g de soya (Dudek y Elkins, 1985).**

NUTRIMENTO	UNIDAD	TOFU REGULAR	TOFU FIRME
Humedad	g	84.55	69.83
Calorías	kcal	76	145
Proteína(Nx5.71)	g	8.08	15.78
Grasa	g	4.78	8.72
Carbohidratos totales	g	1.88	4.28
Cenizas	g	0.72	1.40

**TABLA 14. Composición química del Tofu** (Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2004).

NUTRIMENTOS EN CUATRO ONZAS	TOFU FIRME PREPARADO CON SULFATO DE CALCIO Y CLORURO DE MAGNESIO	TOFU BLANCO PERPARADO CON SULFATO DE CALIO Y CLORURO DE CALCIO
Calorías	79	69
Proteína (g)	9.25	7.4
Carbohidratos (g)	1.91	2.03
Grasa (g)	4.71	4.17
Grasa saturas (g)	.975	.602
Colesterol	0	0
Sodio (g)	14	9
Fibra (g)	1	0.2
Calcio (g)	227	125
Hierro (g)	1.82	1.25

### 3.9 Métodos de conservación de alimentos por el empleo de bajas temperaturas

La utilización de bajas temperaturas en la conservación de alimentos se basa en el hecho de que las actividades de los microorganismos transmitidos por los alimentos se pueden retardar y/o inhibir a temperaturas inmediatamente por encima de la congelación y, en general, detener a temperaturas de subcongelación.

#### 3.9.1 Refrigeración

A temperaturas de refrigeración, situadas entre 0-2 y 5-7°C, son adecuadas para el almacenamiento de un gran número de alimentos, perecederos y semiperecederos. Las temperaturas por debajo de 6°C inhiben el crecimiento de todos los organismos que producen intoxicaciones alimenticias, con excepción del *C. Botulinium* tipo E, y retardan eficazmente el crecimiento de los organismos que producen deterioro. (Jay, 1985)

En general, a las temperaturas de refrigeración los enterococos crecen mejor que los coliformes. La temperatura más baja, a la que se produce crecimiento de estafilococos y salmonellas en los alimentos es de 6.7°C.

Durante la congelación, las bacterias difieren en su capacidad de supervivencia, siendo en general más resistentes los cocos que los bacilos gram negativos. Entre las bacterias que producen toxiinfecciones alimenticias, están las Salmonellas, que son menos resistentes que *S. Aureus*, o que las células vegetativas de los clostridios, mientras que las endosporas y las toxinas de los alimentos, no parecen afectadas por las bajas temperaturas.

Desde el punto de vista estricto de la conservación de alimentos, la refrigeración, no debe ser considerada como un método para destruir los microorganismos transmitidos por los alimentos. Los organismos que pierden su viabilidad, es debido al tipo de refrigeración empleado, de la naturaleza y composición del alimento en cuestión, duración del tiempo de almacenamiento en refrigeración, y otros factores, como puede ser la propia temperatura de refrigeración. (Jay, 1985)

### **3.10. Antimicrobianos**

#### **3.10.1. Introducción**

El principal objetivo del procesamiento de alimentos es proveer bienestar al ser humano por medio de alimentos seguros, nutricionalmente adecuados y cubrir las expectativas de sabor, aroma, apariencia y mayor comodidad (Karel, 1996). Es por esto el deseo de la sociedad moderna de consumir alimentos frescos, por lo que ha

incrementado la popularidad de los alimentos “mínimamente o parcialmente procesados”.

Este tipo de alimentos siguen los pasos mínimos de preparación, tratando de cambiar lo menos posible las cualidades de “alimento fresco” en la medida que sea posible, pero al mismo tiempo haciéndolo un alimento seguro y con una vida de anaquel suficiente para su transporte hasta el consumidor (Alzamora et al., 1998). Otras tendencias del mercado de alimentos se muestran en la tabla 14.

La mayoría de estas nuevas tendencias tienen implicaciones microbiológicas importantes dado que los cambios que tienen que realizarse conducen a que los factores de conservación sean aplicados de manera menos severa o en menor concentración. Por lo tanto la estabilidad y la seguridad de estos alimentos podrían verse disminuida en términos de vida útil de anaquel y en la producción de alimentos con mayor riesgo para la salud y cada vez más dependientes de una acertada formulación, procesamiento, distribución y almacenamiento (Gould, 1996).

**Tabla 15. Tendencias de los consumidores que tienen impacto directo en tecnología y conservación de alimentos (Welti, 1998).**

<b>Tendencias naturales</b>	<b>Características</b>
Convenientes	Fácil de almacenar con vida útil satisfactoria
De alta calidad	Calentamiento menos intenso y daño mínimo por congelación
De procesos menos severos	Uso de antimicrobianos naturales, timol, carvacrol, eugenol, etc.
Con menos aditivos artificiales	Uso de congelación
Más frescos	

Más naturales	Con menos grasas saturadas y menos cantidad de azúcares
Más saludables	
Más seguros libres de contaminantes	

La velocidad de deterioro microbiológico en alimentos no solo depende de los microorganismos presentes, sino también de la composición química del producto y del tipo de carga inicial. Los antimicroorganismos utilizados en alimentos actúan principalmente inhibiendo y/o disminuyendo el crecimiento de los microorganismos, aunque algunos pueden también inactivarlos (Gould, 1991; Gould, 1996).

### 3.10.2 Efecto de la adición de antimicrobianos

Los antimicrobianos o conservadores pueden tener al menos tres tipos de acción sobre el microorganismo:

- i. Inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o de la pared celular.
- ii. Daño a la integridad de las membranas.
- iii. Interferencia con la gran variedad de procesos metabólicos esenciales.

Consecuentemente algunos agentes antimicrobianos pueden afectar a muchos tipos de microorganismos, mientras que otros muestran un espectro de acción inhibitor mas reducido. Del mismo modo algunos antimicrobianos pueden ser directamente microbicidas, mientras que otros actúan como microbiostáticos. Con todo, este ultimo mecanismo también acarrea la muerte celular, excepto en el caso de las esporas de *Bacillaceae* (Mossel, 1982).

### 3.10.3 Factores que afectan el crecimiento de los microorganismos

Los factores que pueden acelerar el crecimiento o supervivencia de microorganismos deteriorativos, pueden ser físicos, químicos o microbiológicos, los cuales dependen de la naturaleza del microorganismo que este presente. Los factores han sido categorizados en diferentes grupos como son:

- **Factores intrínsecos:** son las propiedades físicas y la composición propia de los alimentos así como algunas propiedades biológicas del mismo. Por ejemplo actividad de agua, pH.

- **Factores de proceso:** son deliberadamente aplicados en alimentos para preservarlos. Son principalmente físicos, tratamiento térmico de efectos letales variables sobre los diferentes microorganismos o químico, con repercusión en la composición química del alimento.

- **Factores extrínsecos** o propios del ambiente donde se conserva o almacena el alimento: temperatura, humedad y tensión del oxígeno.

- **Factores implícitos:** son las relaciones de dependencia entre los microorganismos, los antagonismos o sinergismos que se establezcan en la selección inicial resultante de los factores 1 a 3 antes mencionados

Los conservadores son compuestos usados para retardar o prevenir el deterioro fisicoquímico o microbiológico de los alimentos, los cuales pueden deteriorarse a través de cambios adversos causados por la presencia de enzimas, oxígeno, luz; pérdida de humedad; o, más importante, la acción de microorganismos.

Los conservadores usados para prevenir los cambios causados por oxígeno, luz y enzimas incluyen los agentes para prevenir la rancidez, los compuestos antioxidantes y los compuestos antioscurecimiento. La categoría de conservadores utilizados para prevenir o retardar el deterioro microbiano de los alimentos son conocidos como antimicrobianos (Giese, 1994).

El más tradicional antimicrobiano utilizado para la preservación de alimentos es la sal o cloruro de sodio, que ha sido utilizado en carnes y otros alimentos por siglos. Tradicionalmente se han utilizado otros antimicrobianos como lo es el azúcar y el humo de madera. Muchos de los compuestos sintéticamente producidos y usados como aditivos antimicrobianos también están presentes como compuestos naturales de ciertos alimentos.

Azúcares como la glucosa, jarabes y otros productos que son usados en alimentos para endulzar, como saborizante o como materia fermentable también pueden ejercer actividad antimicrobiana. Los antimicrobianos pueden ejercer actividad indirecta al servir como sustratos en fermentación de alimentos y por producción de ácidos y otros agentes en alimentos (Foegeding, 1991).

#### **3.10.4 Selección de agentes antimicrobianos.**

El uso y selección de un antimicrobiano depende de una serie de factores que deben ser considerados y evaluados como:

1. El antimicrobiano y las propiedades químicas del compuesto tales como solubilidad y constante de disociación
2. La seguridad del compuesto en los niveles sugeridos.
3. Las propiedades y composición del alimento como el pH, contenido de grasa, proteína y actividad de agua
4. El tipo y los niveles iniciales de los microorganismos en el producto
5. El costo del antimicrobiano
6. La seguridad de que el antimicrobiano no afectara la calidad del producto.

Con todos estos factores a considerar se puede necesitar más de un antimicrobiano (Branen, 1993; Banwart, 1993).

### 3.10.5 Clasificación de los antimicrobianos

Actualmente los conservadores se clasifican en tradicionales y naturales. Se consideran como “conservadores tradicionales”, a aquellas sustancias químicas incluidas dentro de la normativa vigente. Y los “conservadores naturales”, se definen como sustancias que se obtiene o se derivan de materiales o procesos biológicos y cuya inocuidad se atribuye a que cuando se ingieren son degradados por el organismo. Esta clasificación de los conservadores se atribuye a la percepción de los consumidores de lo natural como “bueno/beneficioso” y de lo químico como “malo/riesgoso”

### 3.10.6 Conservadores químicos

Davidson (1996), define a los antimicrobianos químicos o sintéticos como compuestos químicos añadidos o presentes en alimentos. Estos incluyen a varios ácidos orgánicos, parabenos, sulfitos y sorbatos. Éstos últimos son altamente utilizados en alimentos debido a sus características que los hacen aptos para su aplicación en alimentos. Los compuestos químicos son capaces de actuar como conservadores de alimentos, pero en los productos alimenticios solo está permitido su uso en concentraciones relativamente pequeñas.

Algunos antimicrobianos sintetizados químicamente reconocidos como GRAS son:

- i. Ácido propiónico y propianatos (mohos)
- ii. Ácido sórbico y sorbatos (mohos)
- iii. Ácido benzoico y benzoatos (mohos y levaduras)
- iv. Parabenos (mohos, levaduras y bacterias)



- v. Diacetato de sodio (mohos)
- vi. Nisina (bacterias, ácido lácticas, Clostridia)
- vii. Nitrito de sodio (Clostridia)
- viii. Etil-formato (mohos y levaduras)

**Tabla 16. Conservadores químicos GRAS (Santiesteban, 2002).**

<b>Conservadores</b>	<b>Tolerancia máxima (ppm)</b>	<b>Organismos afectados</b>	<b>Alimentos</b>
Ac. Propiónico/propionatos	3000	Mohos	Productos de panadería, algunos quesos
Ac. Sórbico/sorbatos	2000	Mohos	Quesos, jarabes, aderezos y gelatinas
Ac. Benzoico/benzoatos	1000	Levaduras y mohos	Mandarinas, jugo de frutas, sidra de manzana, jugo de tomate
Parabenos	1000	Levaduras y mohos	Productos de panadería, bebidas refrescantes, encurtidos, aderezos
Sulfitos	200-300	Insectos y m.o.	Melazas y frutas secas (no debe usarse en productos ricos en tiamina, como en carnes)
Óxidos de etileno y propileno	700	Levaduras, moho y parásitos	Espicias y frutas

Nisina	10,000	Bacterias lácticas y clostridios	Lácteos, quesos, carnes enlatadas, cerveza
Nitrito sódico	120	Clostridios	Carnes curadas
Ac. Dehidroacético	65	Insectos	Pesticida en fresas y calabazas
Formiato de etilo	15-200	Levaduras, insectos y mohos	Frutas secas

De los cuales los más empleados en la conservación de alimentos son:

- **Sorbatos**: el ácido sórbico y el sorbato de potasio son las formas más populares que se utilizan, se emplean concentraciones menores del 0.3% para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras. La aplicación de los sorbatos es en quesos, bebidas, jarabes, jugo de frutas, vinos, ensaladas, etc. (Velasco, 1995)
- **Benzoatos**: el benzoato de sodio, es conocido también como benzoato de sosa. Adicionalmente los benzoatos se encuentran de manera natural en las setas o champiñones, la canela, el clavo de olor y en algunos productos lácteos (debido a la fermentación bacteriana). El ácido benzoico y los benzoatos son usados como conservantes en los productos ácidos, ya que actúan en contra de las levaduras y las bacterias, más no de los hongos (poco efectivos). Así mismo son ineficaces en productos cuyo pH tiene un valor superior a 5 (ligeramente ácido o neutro). Las altas concentraciones resultan en un sabor agrio, lo cual limita su aplicación. Entre el grupo de los diversos compuestos, los benzoatos son normalmente preferidos debido a su mejor solubilidad. Por ser un conservante bactericida y fungicida, es comúnmente utilizado en: quesos, bebidas carbónicas, ensaladas de fruta, jugos, mermeladas, jaleas, caviar, caramelos, etc.

### 3.10.7 Ácido sórbico

El ácido sórbico, es una cadena recta larga de ácido monocarboxilado  $\beta$ -insaturado. El ácido sórbico y sus sales (potasio, calcio y sodio) son importantes en alimentos porque son altamente solubles en agua especialmente la sal de potasio (58.2 g en 100 ml de agua a 20°C), la cual es la más usada. Su aplicación puede ser a través de adición directa, inmersión, spreado o aplicado en el material de empaque (Giese, 1994)

En EUA, el sorbato es una de las sustancias GRAS y su uso es requerido por cualquier producto alimenticio en el cual se permita el uso de conservadores (Liewen et. al 1985).

### 3.10.8 Actividad antimicrobiana

Los sorbatos son más eficaces principalmente frente a mohos y levaduras aunque se ha demostrado su eficacia sobre el crecimiento de *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella sp.* La resistencia de las bacterias ácido lácticas al sorbato, especialmente a pH 4.5 o a valores superiores permite su uso funguicida en alimentos que presentan fermentaciones lácticas (Tabla 14).

**Tabla 17. Microorganismos inhibidos por el ácido sórbico (Sofos y Busta, 1983).**

Levaduras	Mohos
<i>Brettanomyces</i>	<i>Alternaria</i>
<i>Candida</i>	<i>Ascochyto</i>
<i>Cryptococcus</i>	<i>Aspergillus</i>
<i>Saccharomyces</i>	<i>Byssochlamys</i>
<i>Torulaspota</i>	<i>Botrytis</i>

<i>Torulopsis</i>	<i>Cephalosporium</i>
<i>Zygosaccharomyces</i>	<i>Fusarium</i>

### 3.10.9 Mezclas de antimicrobianos

La necesidad de buscar nuevas mezclas de antimicrobianos que tengan acción sinérgica surge porque, por muchos años, se han utilizado altas concentraciones de estos compuestos sin hacer combinaciones, lo que ha provocado que muchos consumidores, principalmente en los países industrializados donde se comen estos productos, haya cada vez más personas que sufren de alguna alergia o incluso de un malestar crónico como el cáncer.

Gracias a estas búsquedas se han encontrado nuevos agentes y combinaciones que no tienen efectos colaterales y que mantienen las características sensoriales del producto fresco (Welti-Chanes, 1995).

Con la evolución de la ciencia de los alimentos han surgido muchos químicos con actividad antimicrobiana. El agente antimicrobiano del que se tiene el registro más antiguo es la sal de mesa, la cual se sigue utilizando en la actualidad para conservar productos cárnicos.

En el siglo XX se dieron grandes avances en la conservación de alimentos por medio de agentes químicos. Fue entonces cuando empezaron las revisiones de daños a la salud que cada agente podría causar (López-Malo, 2000).

Hoy en día la industria de alimentos utiliza en todo el mundo una gran cantidad de antimicrobianos. Estos difieren según el país, ya que su uso está restringido por las leyes alimentarias de cada nación.

La producción de antimicrobianos genera una fuente de ingresos económicos importante a nivel mundial. Tan sólo en los Estados Unidos en 1991 se consumieron 37.5 millones de kilogramos de conservadores, y esta cifra ha aumentado año con año

desde entonces. Se estima que a nivel mundial, el consumo de antimicrobianos aumenta 4.1% anualmente, siendo los más utilizados los sorbatos, los propionatos y los benzoatos (Davidson, 1996).

### **3.10.10 Selección de antimicrobianos para el uso de alimentos**

Para hacer una selección óptima de un antimicrobiano que se utilizará en un producto alimenticio, es necesario tomar en cuenta diferentes factores, entre los que se encuentran la naturaleza del alimento, el tipo de procesamiento al que va a ser expuesto y las condiciones de almacenado (Kabara, 1993).

La selección de agentes antimicrobianos adecuados es por lo general complicada, debido a la complejidad de los sistemas alimenticios, la variedad de factores que influyen en su conservación y las diferentes propiedades químicas de los agentes. (Sofos et al., 1998).

Se ha comprobado que el contenido de grasa, proteínas y sal, así como el pH y la temperatura afectan la actividad antimicrobiana de muchos compuestos (Nychas, 1995). El principal problema en la selección de un antimicrobiano, es encontrar uno que no afecte adversamente la calidad sensorial y la seguridad de los productos, además de que sea inerte y estable durante el tiempo esperado (Beuchat y Golden, 1989).

Otro reto es el hecho de que los productos sintéticos son generalmente menos aceptados que los antimicrobianos de origen natural, por lo que las industrias procesadoras prefieren etiquetar sus productos con una lista de ingredientes exclusivamente “naturales” (Sofos et al., 1998).

### **3.10.11 Modo de acción**

El efecto de ataque de los antimicrobianos dentro de una célula se lleva a cabo en partes y/o funciones importantes para la sobrevivencia de la célula. Puede llevarse a cabo en la pared celular, membrana celular, en la síntesis de proteínas, en su genética

y en la síntesis de enzimas. Esto puede causar daños irreparables a una célula. (Davidson y Branen, 1993).

Según Eklund (1989) los antimicrobianos tienen varios sitios de ataque dentro de una célula, y según la concentración puede causar inhibición o inactivación de los microorganismos.

De varios de los antimicrobianos no se conoce aún su modo de acción, pero al actuar de forma diferente, las combinaciones de éstos pueden llevar a mejores resultados (Davidson y Branen, 1993).

### **3.10.12 Métodos para evaluar la actividad de agentes antimicrobianos**

Existen muchos métodos que se utilizan para evaluar la efectividad de los agentes antimicrobianos. También existen reportes escritos de la actividad de muchos compuestos y extractos de fuentes naturales, sin embargo estos datos pueden no ser tan efectivos debido a que existen muchos factores que pueden interferir en la reacción que puede dar un microorganismo (la naturaleza del mismo, la temperatura, el pH, la actividad de agua, los nutrientes disponibles). Para hacer las pruebas, el número inicial de células o esporas debe ser constante para obtener resultados reproducibles. Para las pruebas de actividad de los agentes de origen natural, el medio de cultivo, el agente o extracto y el microorganismo pueden afectar gravemente los resultados (Davidson y Parish, 1989; Zaika, 1988).

### **3.10.13 Evaluación del efecto cuando se combinan agentes antimicrobianos**

Es necesario realizar evaluaciones de mezclas de agentes antimicrobianos debido a que un microorganismo puede ser resistente a la inhibición y/o eliminación por dosis convencionales de un solo agente antimicrobiano, pero al exponerlo a una mezcla de estos aditivos se puede aumentar la actividad antimicrobiana. Algunas de las razones por las que se hacen estas mezclas para la inhibición de microorganismos son (Eliopoulos y Moellering, 1991):

- i. La probabilidad de que algunas colonias desarrollen resistencia a algunos antimicrobianos cuando se usan de forma individual, pero que no lo puedan desarrollar cuando se utilicen mezclas.
- ii. El límite de la concentración permitida de ciertos agentes, debido a que en altas dosis tienen efectos tóxicos.
- iii. En el caso de la medicina se usan combinaciones porque existen infecciones en las que más de un microorganismo está presente. En estos casos se emplean agentes que tengan acción contra los principales patógenos.
- iv. El sinergismo que se ha encontrado en algunos estudios con diferentes microorganismos.

Mezclar agentes antimicrobianos puede dar tres tipos de resultados posibles:

Si la combinación resulta funcionar mejor que cada químico por separado, se habla de un sinergismo, si la combinación funciona de forma igual a la que lo harían individualmente, se habla de un efecto aditivo, y si la mezcla resulta funcionar menos que cada ingrediente por separado, es decir, que un ingrediente de la mezcla inhiba al otro, se habla de un antagonismo (Davidson y Parish, 1989).

Lo más importante al evaluar mezclas de antimicrobianos, según Berenbaum et al. (1983), es determinar si la combinación es sinérgica o no, haciendo a un lado los

valores de la concentración mínima inhibitoria de cada agente. El valor de la concentración mínima inhibitoria debe ser menor o como máximo igual a las concentraciones máximas permitidas.