

44

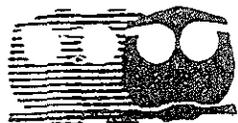


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ELABORACION DE UN COMPLEMENTO
ALIMENTICIO LIQUIDO UTILIZANDO PROTEINAS
AISLADAS DEL AJONJOLI.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
NORMA GABRIELA LOPEZ ALCANTARA



20-7-2001



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

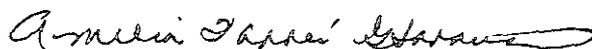
Jurado asignado

Presidente	Ing. Federico Galdeano Bienzobas
Vocal	Dra. Amanda Gálvez Mariscal
Secretario	Dra. Amelia Farrés González Saravia
1er. Suplente	M. en C. Lucía Cornejo Barrera
2do. Suplente	M. en C. Ismael Bustos Jaimes

Trabajo que se desarrolló en el:

DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA,
LAB. 312 CONJUNTO "E" FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Asesora de la tesis



Dra. Amelia Farrés González Saravia

Supervisora Técnica



M. en C. Idalia María Antonieta Flores Argüello

Sustentante



Norma Gabriela López Alcántara

AGRADECIMIENTOS

A todos los maestros que a lo largo de mi vida me han aportado grandes y útiles enseñanzas, su ejemplo me ha impulsado y ha estimulado en mí el deseo de estudiar y mejorar día con día.

A la Universidad Nacional Autónoma De México mi alma mater, porque en ella me he desarrollado como persona y profesionista y porque durante mi estancia en sus aulas conocí personas extraordinarias que me brindaron su amistad y con las cuales pasé momentos inolvidables.

La realización de este proyecto fue posible gracias a la colaboración de todo el equipo de doctoras y estudiantes del laboratorio 312 del conjunto E de la facultad de química. A todos ellos mi más sincero reconocimiento por su profesionalismo y calidad humana. Quiero agradecer en forma especial:

A la Doctora Amelia Farrés, mi más profundo agradecimiento por aceptarme en su equipo de estudiantes, por todos los consejos y el apoyo que recibí de ella para la realización del presente trabajo y porque siempre nos hace sentir como en casa.

A la M. en C. Idalia Flores primero que nada por haberme brindado siempre su amistad y sus consejos en toda materia, así como por su disposición y apoyo constantes durante toda la parte experimental del proyecto y por sus comentarios y observaciones al documento escrito.

A la Doctora Amanda Gálvez por los comentarios y consejos oportunos que me ayudaron a mejorar como profesionista, así como por el apoyo y amistad que siempre me brindó durante la realización y revisión del presente trabajo.

A la Doctora Maricarmen Quirasco por su disposición de ayuda y participación y por sus consejos y observaciones siempre precisas.

A mis compañeros del laboratorio por su compañerismo y su apoyo durante la realización de las pruebas sensoriales necesarias para mi trabajo de tesis.

También creo necesario agradecer a todas las personas que laboran en el Laboratorio De Inmunología Del Edificio De Investigación de la Facultad de Medicina en el Hospital General, en especial a la Dra. Cecilia Jiménez por habernos abierto las puertas de

su laboratorio para iniciar la parte experimental del proyecto, así como por todas sus amabilidades que nos hicieron sentir bienvenidos.

A la empresa Dipasa S.A de C.V. por la donación del aislado proteico de ajonjolí Sesaprot®, que constituye la materia prima principal del presente trabajo.

Por último, un sincero agradecimiento a todas las personas, que representando a diferentes empresas apoyaron la realización de mi proyecto de tesis por medio de la donación de diversas materias primas:

Ing. Raúl Benavides, de la empresa ADM PROTEIN SPECIALTIES, representada en México por la empresa DIMAT S.A. de C.V. por la donación del aislado de soya Ardex F

Dr. Mendoza de MORCHEMIE por la donación del sorbato de potasio.

Ing. Ana María Neaves Fernández de Arancia Corn Products, S.A. de C.V. por la donación de maltodextrina.

Srita. Ariadna Díaz de Nutriquim, S.A de C.V. por la donación de BHA.

A la empresa BASF S.A de C. V. por la donación de la mezcla de vitaminas y minerales

Ing Marcela Godínez de Hércules México S.A de C.V. por la donación de carragenina.

DEDICATORIA

A la persona que hizo que todo fuera posible para mí, porque con nada podría pagarte todo lo que me has dado, empezando por la vida misma, además de todo el amor, el apoyo y la confianza que siempre hemos compartido. Con tu ejemplo me has enseñado que cada día se puede ser una mejor persona, mujer, madre y profesionista, con todo mi amor para tí MAMÁ.

Por todo el amor y las enseñanzas que me diste, que me han impulsado y que se quedarán conmigo por siempre, por tu gran calidez y capacidad de amor y por ser el mejor padre para mí, con todo mi cariño y reconocimiento para mi Papá Raúl.

Por toda la ternura y el cariño de madre, por la confianza, el apoyo y los momentos maravillosos que vivimos y por enseñarme cosas útiles para la vida que no se enseñan en la escuela, con mucho amor y admiración para mi Mamá Mela

A mi hermano, Carlos Raúl

Con mucho cariño por todas las cosas que compartimos y aprendemos juntos y porque sé que seguiremos juntos siempre.

A mis tíos: Raúl, Teresa, Ernesto y Alejandra

Porque han sido para mí ejemplo de muchas cualidades humanas y porque cada uno a su manera me ha brindado su apoyo y cariño. Los quiero mucho.

A Patricia, Georgina, Sergio y Alfredo, mis otros tíos,

Porque siempre han tenido para mí una palabra de aliento y me han prestado su atención y su tiempo. Muchas Gracias.

A mis primos Oswaldo, Juan, Octavio, Raúl, Moisés, Sergio, Selene, Yuriko y Carmen y a mi sobrinita Stephanie

Porque son parte importante de mi familia y de mi vida y por los agradables y divertidos momentos que hemos vivido juntos.

Con mucho amor a una persona muy especial

Victor

Por el amor, el respeto, y la confianza que compartimos, así como por las palabras de aliento y apoyo que solo tú sabes darme.

Para la persona que, con su amistad y su forma de ser, me enseñó a disfrutar de todo lo que la vida nos ofrece (y de lo que no también) y porque sé que es y siempre será mi mejor amigo con cariño para Julio Esteban

A la familia Guzmán y a mis abuelos Librado y Alicia

Por todas sus amabilidades y porque me abrieron las puertas de su hogar y su familia, Gracias.

A los amigos con los que pasé momentos importantes y que compartieron conmigo parte de su vida

Cynthia, Miriam, Juan Carlos y Lilia,

Porque de cada uno de ellos obtuve siempre una palabra de amistad y estímulos para seguir adelante aún en los momentos más difíciles.

Para la Fam. Adame Sánchez y la Fam. Sánchez

Por brindarme su amistad y apoyo incondicional

Para kara

Por ser mi compañera en mis desvelos de trabajo

Por haberme permitido venir al mundo y experimentar tanto tristeza como alegría, así como conocer tanta gente valiosa a lo largo de mi vida y disfrutar de la compañía de cada una de ellas,
Gracias, SEÑOR.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.	
INTRODUCCIÓN.	1
JUSTIFICACIÓN.	2
1.0 MARCO TEÓRICO.	4
1.1. GENERALIDADES ACERCA DEL AJONJOLÍ.	4
1.2. AISLADOS PROTEICOS Y SU UTILIZACIÓN.	5
1.2.1. Propiedades funcionales de las proteínas.	7
1.2.1.1. Definición y clasificación de las propiedades funcionales.	7
1.2.1.2. Solubilidad.	8
1.2.1.3. Absorción de agua.	9
1.2.1.4. Absorción de aceite.	9
1.2.1.5. Propiedades emulsificantes.	9
1.2.2. Calidad nutrimental de las proteínas.	10
1.3. NECESIDADES PROTEICAS DE LA POBLACIÓN.	12
1.3.1. Necesidades proteicas de grupos vulnerables de la población.	13
1.3.1.1. Ancianos.	13
1.3.1.2. Embarazo y lactancia.	15
1.3.1.3. Personas convalescientes.	15
1.3.1.4. Desnutrición energético-proteínica.	18
1.4. DEFICIENCIA DE LACTASA E INTOLERANCIA A LA LACTOSA EN EL PACIENTE HOSPITALIZADO.	19
1.5. FORMULAS PARA COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS	20
1.5.1. Composición nutrimental.	21
1.5.1.1. Carbohidratos.	21
1.5.1.2. Proteínas.	22
1.5.1.3. Características físicas de las proteínas.	23
1.5.1.4. Lípidos.	23
1.5.1.5. Vitaminas y minerales.	24
1.5.2. Aditivos.	26
1.5.2.1. Conservador.	27
1.5.2.2. Antioxidante.	28
1.5.2.3. Aditivos de sabor.	30
1.5.2.4. Hidrocoloides.	31
2.0. OBJETIVO GENERAL.	32
2.1. OBJETIVOS PARTICULARES.	32
3.0. METODOLOGÍA.	33
3.1. MUESTRAS ANALIZADAS.	34
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS AISLADOS PROTEICOS.	36
3.2.1. Determinación de pH	36
3.2.2. Análisis proximal	36
3.2.3. Análisis microbiológico	36
3.2.4. Distribución del tamaño de partículas del aislado proteico SP.	37
3.2.5. Determinación de las propiedades funcionales	37
3.2.5.1. Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (WAC)	37
3.2.5.2. Determinación de la Capacidad de Absorción de Aceite (FAC)	37
3.2.5.3. Solubilidad en función del pH.	38
3.2.5.4. Determinación del índice de actividad emulsificante (IAE).	38
3.2.5.5. Determinación de la estabilidad de la emulsión.	39
3.2.5.6. Determinación de la capacidad de humectación.	39
3.2.6. Determinación de las propiedades nutrimentales del aislado proteico de ajonjolí SP	40
3.2.6.1. Análisis de aminoácidos al aislado proteico SP.	40

3.2.6.2.	Cálculo del "score" (índice)químico para las proteínas del aislado proteico de ajonjolí SP	40
3.2.6.3.	Lisina disponible.	40
3.2.6.4.	Digestibilidad in vitro.	41
3.3	ELECCIÓN DEL PRODUCTO A ELABORAR CON AMBOS AISLADOS PROTEICOS.	41
3.3.1.	Productos a elegir.	41
3.3.2.	Estudio de mercado de los productos lácteos.	42
3.3.3.	Método de evaluación de proyectos.	42
3.4.	FORMULACIÓN DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO	42
3.4.1.	Formulación propuesta para el complemento alimenticio líquido.	42
3.4.2.	Pruebas a efectuar para obtener la formulación final.	44
3.4.2.1.	Determinación del tipo de maltodextrina a agregar.	45
3.4.2.2.	Determinación de la cantidad de azúcar y maltodextrina a utilizar	45
3.4.2.3.	Determinación del tipo y cantidad de estabilizante a emplear.	45
3.4.2.4.	Determinación de osmolalidad.	46
3.4.2.5.	Determinación de estabilidad de emulsión (cualitativa).	46
3.4.3	Formulación preliminar	47
3.4.3.1	Análisis sensorial a la formulación preliminar.	47
3.4.4.	Formulación final	48
3.4.4.1.	Costo de la formulación final	49
3.5.	PROCESO DE ELABORACIÓN	49
3.5.1.	Preparación de la mezcla	51
3.5.2.	Mezcla de materiales hidrosolubles	51
3.5.3.	Mezcla de materiales liposolubles	51
3.5.4.	Mezcla final	51
3.5.5.	Homogenización de la mezcla para obtener la emulsión.	52
3.5.6.	Envasado	52
3.5.7.	Pasteurización y almacenamiento	52
3.6.	CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO.	52
3.6.1.	Análisis proximal del producto	53
3.6.2.	Análisis microbiológico del producto.	53
3.6.3.	Determinación de pH	53
3.6.4.	Determinación de osmolalidad.	53
3.6.5.	Determinación cualitativa de estabilidad de emulsión.	53
3.6.6.	Análisis sensorial.	54
4.0.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	56
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AISLADOS PROTEICOS.	56
4.1.1.	Determinación de pH.	56
4.1.2.	Análisis proximal	56
4.1.3.	Análisis microbiológico de los aislados proteicos	57
4.1.4.	Distribución del tamaño de partículas del aislado proteico SP.	58
4.1.5.	Determinación de las propiedades funcionales	59
4.1.6.	Determinación de propiedades nutrimentales del aislado proteico de ajonjolí SP	61
4.1.6.1.	Perfil de aminoácidos e índice químico	61
4.1.6.2.	Lisina disponible.	64
4.1.6.3.	Digestibilidad in vitro.	64
4.2.	ELECCIÓN DEL PRODUCTO A ELABORAR CON AMBOS AISLADOS PROTEICOS.	65
4.2.1.	Estudio de mercado	65
4.3.	FORMULACIÓN DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO	69
4.3.1.	Pruebas a efectuar para obtener la formulación final.	69
4.3.1.1.	Determinación del tipo de maltodextrina a agregar.	69
4.3.1.2.	Determinación de la cantidad de azúcar y maltodextrina.	70
4.3.1.3.	Determinación del tipo y cantidad de estabilizante a emplear.	70

4.3.1.3.1.	Carragenina.	70
4.3.1.3.1.	Mezcla de gomas xantana y guar (Stabilizer XC-8444).	71
4.3.2.	Formulación preliminar	73
4.3.2.1.	Análisis sensorial a la formulación preliminar.	73
4.3.3.	Formulación final.	75
4.3.3.1.	Costo del complemento alimenticio líquido	75
4.4.	CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO.	76
4.4.1.	Análisis proximal realizado al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP.	76
4.4.2.	Aporte energético del producto final.	77
4.4.3.	Análisis microbiológico realizado al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP.	78
4.4.4	Determinación de osmolalidad. pH y estabilidad de emulsión (cualitativa) al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF.	79
4.4.5	Análisis sensorial a los productos finales obtenidos con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF	80
4.4.5.1	Prueba de comparación por pares.	80
4.4.5.2.	Prueba de aceptación y nivel de agrado.	81
5.0.	CONCLUSIONES	83
6.0.	RECOMENDACIONES	83
7.0.	APÉNDICES	86
8.0.	BIBLIOGRAFÍA	90

RESUMEN

En el mercado nacional e internacional se ha incrementado el uso de los aislados proteicos, principalmente de soya, para impartir diversas propiedades funcionales a productos como queso, salchichas y otros.

El ajonjolí, una oleaginosa que se produce en México, puede ofrecer una alternativa a la industria en forma de un aislado proteico Sesaprot (SP)[®] obtenido a partir de la harina de ajonjolí, la cual es rica en proteínas (45%-50%) y se produce en grandes cantidades después del proceso de extracción del aceite (Robies, R. 1991).

En el presente trabajo se elaboró un complemento alimenticio líquido destinado a la población general, utilizando el aislado proteico SP como fuente proteica. Las propiedades del aislado se compararon contra el aislado de soya Ardex F (AF) mientras que el producto obtenido se comparó con complementos alimenticios ya disponibles en el mercado.

Los aislados SP y AF mostraron diferencias en sus propiedades funcionales, ya que AF posee en mayor capacidad de absorción de agua y aceite, mientras que SP presenta mejor humectabilidad. Por otro lado, SP muestra mayor solubilidad a pH ácido, mientras que AF es más soluble a pH básicos. Por último, el aislado SP mostró mayor capacidad emulsificante, tanto en pH ácido como neutro, mientras que la estabilidad de emulsión es mejor a pH neutro para ambos aislados.

El aislado SP puede utilizarse en bebidas debido a su humectabilidad y su solubilidad, así como por sus propiedades emulsificantes. Puede utilizarse este aislado como fuente única de proteína en productos para adultos, pero no en productos para niños, en cuyo caso sería necesario agregar otra fuente de proteína o bien adicionar con lisina libre a dicho producto.

El producto final obtenido posee características de osmolalidad, pH y estabilidad de la emulsión similares a las que presentan otros productos comerciales de su tipo. Por otro lado, la apariencia de los productos es homogénea y tersa, semejante a un licuado sabor chocolate.

Según una prueba sensorial de aceptación efectuada, los consumidores aceptaron el producto elaborado con ajonjolí y el comercial (Complan), pero no el elaborado con soya y del mismo se proyectó que de cada cien personas que probaran el complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí SP, solo uno de ellos lo rechazaría. Se realizó además una prueba sensorial de nivel de agrado, según la cual, de cien consumidores que probaran los productos, noventa y nueve de ellos preferirían el complemento elaborado con ajonjolí a los otros dos, pero no tendrán preferencia entre el

complemento elaborado con soya y el comercial. Estos resultados indican que el aislado proteico SP puede representar una alternativa a la utilización de soya en la elaboración de complementos alimenticios líquidos, y potencialmente en otros productos alimenticios emulsificados.

INTRODUCCIÓN.

Las proteínas se utilizan tradicionalmente en la elaboración de productos alimenticios por su valor nutrimental y por sus propiedades funcionales. Su funcionalidad representa el conjunto de propiedades con incidencia tanto tecnológica como organoléptica sobre el producto final. Los factores que determinarán si una proteína será utilizada en una aplicación específica en un alimento son sus propiedades funcionales, su disponibilidad y su costo (Gnanasambandam y Zayas, 1992).

El déficit en proteínas alimentarias es, por desgracia, muy alto para algunos segmentos de la población del globo y puede agravarse más en el futuro a medida que la población mundial sigue creciendo. La producción de proteínas alimentarias en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de la población mundial presenta grandes problemas, especialmente por resultar más cara que la de carbohidratos o lípidos.

La ONU, en la resolución 50/109 de su Asamblea General en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, llevada a cabo del 13 al 17 de noviembre de 1996, considera que, a pesar de los avances logrados en la disponibilidad mundial de alimentos, 800 millones de personas padecen de desnutrición crónica y alrededor de 200 millones de niños menores de 5 años sufren desnutrición proteico calórica. Manifiesta que existe la urgente necesidad de alcanzar, al más alto nivel político, el consenso y los compromisos mundiales necesarios a fin de erradicar el hambre y la desnutrición y lograr la seguridad alimentaria para todos mediante la adopción de políticas y planes de acción concertados que deberán ejecutar los gobiernos, las instituciones internacionales y todos los sectores de la sociedad civil (Resolución 50/109. ONU, 1995).

Para satisfacer la demanda creciente de proteínas alimentarias es necesario encontrar nuevas fuentes de este nutrimento, ya sean convencionales (animales y vegetales) o no convencionales (microorganismos, algas, etc.), particularmente las últimas, debido a las limitaciones existentes en cuanto a tierra cultivable y energía disponible (Kinsella, 1976).

Es importante llevar a cabo la determinación sistemática de las propiedades funcionales y nutrimentales de las nuevas fuentes de proteína y de concentrados y aislados proteicos, ya que esto nos permite evaluar y ayudar a predecir el comportamiento de los mismos en sistemas específicos.

En el presente trabajo se efectuó la caracterización de las propiedades funcionales y nutrimentales de un aislado proteico de ajonjolí, comparándolo con los aislados comerciales disponibles elaborados a partir de soya y utilizándolo en la elaboración de una bebida tipo lácteo con una utilidad potencial como complemento alimenticio.

JUSTIFICACIÓN

Los avances recientes en la investigación biomédica han revelado algunas de las complejas relaciones entre la nutrición y las enfermedades. Por ejemplo, se ha encontrado suficiente evidencia científica que demuestra que una dieta rica en proteína vegetal puede disminuir el nivel de colesterol en la sangre y posiblemente prevenir la aparición de aterosclerosis, enfermedad que es común sobre todo en países como Estados Unidos, y en los sectores de la población de nivel económico medio y alto de nuestro país. En respuesta a estos descubrimientos se ha dado un cambio en forma gradual en cuanto al consumo de proteínas y se observa una tendencia a consumir menos proteína animal y mayor cantidad de proteína vegetal o microbiana, a fin de evitar enfermedades cardiovasculares (Goldberg, 1994).

Por otra parte, para un adulto es fácil mantener una buena salud siempre que satisfaga su apetito y que su alimentación sea variada. Sin embargo, existen ciertos grupos de la población, llamados grupos vulnerables, cuya dieta requiere mucha más atención y que tienen necesidades mayores de proteínas. Entre ellos se encuentran los lactantes, los niños pequeños, las mujeres embarazadas y en lactancia y los convalecientes (Fisher, 1993). Debido a lo anterior, se incrementa la necesidad mundial de nuevos productos, así como de nuevos procesos tecnológicos para su manufactura. El complemento alimenticio líquido objeto del presente trabajo podría tener una aplicación potencial en la alimentación de estos grupos.

Actualmente, se buscan proteínas de menor costo para la industria alimentaria, ya que éstas, en forma de aislados o concentrados, son ingredientes necesarios en muchos procesos de producción de alimentos, en los que desempeñan funciones específicas. Las nuevas proteínas deben poseer características nutritivas, funcionales y sensoriales adecuadas a los productos en los que se aplican. Los factores que determinarán si una proteína será utilizada en una aplicación específica en un alimento son sus propiedades funcionales, su disponibilidad y su costo (Kinsella, 1976; Gnanasambandam, y Zayas. 1992).

A fin de ampliar la disponibilidad de proteínas, se han estudiado como fuentes alternas a las de origen animal, los cereales, leguminosas, microorganismos, algas y oleaginosas (Burrows, 1972; Bird, 1979) y más recientemente se han estudiado el plasma bovino (Gnanasambandam y Zayas, 1992) así como el residuo de la leche de soya (okara) (Peterson, 1999).

La soya es una de las leguminosas mejor estudiadas y de ella se obtienen diferentes productos proteicos, como hidrolizados, concentrados y aislados, que deben importarse en este país, los cuales se utilizan en muy diversos productos en el mercado como helados,

queso, salchichas y otros. Entre las oleaginosas se encuentra el ajonjolí, que se produce en México y cuyas proteínas podrían ofrecer una alternativa a la industria, ya que durante el proceso de extracción del aceite se obtiene una pasta que contiene 45%-50% de proteína (Robles, 1991), la cual se seca y se muele para dar lugar a la harina de ajonjolí, que es rica en proteínas y se utiliza en alimentación animal. Esta harina se produce en altas cantidades y puede representar una alternativa económica interesante para obtener otro producto de alto valor agregado como es un aislado proteico.

Por otro lado, actualmente la preocupación por el riesgo potencial derivado del consumo de alimentos transgénicos se ha incrementado. Alrededor de un 50% de los cultivos de soya en el mundo son de variedades transgénicas (ISAA, 2000) mientras que, por el contrario, no se realiza manipulación genética alguna en el ajonjolí, por lo que en este sentido las proteínas aisladas del ajonjolí ofrecen una alternativa en la sustitución de las proteínas aisladas de la soya.

1.0. MARCO TEÓRICO.

1.1. GENERALIDADES ACERCA DEL AJONJOLÍ.

El ajonjolí (*Sesamun indicum*) originario de Africa es una planta anual eréctil de 0.5 a 2.5 metros de alto que madura entre 70 y 150 días. El fruto consiste en una vaina elíptica consistente entre dos y cuatro cámaras de las que cada una contiene 20 semillas aproximadamente. La semilla de ajonjolí tiene de 2.5-3.0 mm de longitud y cerca de 1.5 mm de ancho. Las semillas de ajonjolí van desde un color blanco hasta el negro, con una superficie lisa o ligeramente jaspeada (Ramos Martínez, 1992).

Desde el punto de vista de su composición química, la semilla de ajonjolí está comprendida dentro de las especies oleaginosas. La almendra contiene aceite, sustancias proteicas y sustancias extractivas no nitrogenadas, sobre todo hidratos de carbono solubles (Justice 1979; Robles, 1991). La composición de la semilla depende mucho de la variedad (Weiss, 1983). Sin embargo, en términos generales y de acuerdo con análisis químicos realizados en diferentes localidades se tienen valores promedio (Potrero Andrade, 1997; Ramos Martínez, 1992), los cuales se muestran en la tabla 1.1.1.

Tabla 1.1.1. Composición general de la semilla de ajonjolí

Componente	%
Aceite	50
Proteínas	25
Carbohidratos	11
Cenizas	5
Fibra	4
Humedad	5

Las semillas de ajonjolí son usadas para producir aceite y harina. Cuando a las semillas se les elimina la cutícula se emplean para comerse directamente, en el horneado de panes y para la fabricación de dulces. En México se usa para la preparación de algunos alimentos, dulces, galletas y confitería en general. En Africa, el ajonjolí es empleado para hacer sopas y confitería (Robbelen y col. 1989).

El aceite de ajonjolí es muy apreciado en general debido a que tiene un sabor agradable y, además es de los aceites más fácilmente digeribles en la alimentación humana (Potrero Andrade, 1997; Ramos Martínez., 1992). También se utiliza para la elaboración de margarinas, como ingrediente para la industria farmacéutica, en la fabricación de jabones cosméticos y en la industria de pinturas por tener una buena estabilidad. Por sus propiedades sinérgicas se utiliza como activador en la preparación de insecticidas piretroides (Velásquez, 1982; Elorza, 1987). La pasta que se produce durante la extracción del aceite es

muy usada para la alimentación de ganado, aves y otros animales. Esta contiene alrededor de 45-50% de proteína (Robles, 1991), además de un 10%-20% de aceite y el resto de carbohidratos (Elorza, 1987).

Se encontró que la semilla de ajonjolí, así como el aceite obtenido de ésta, representan menos del 1% de los casos de alergia debido a alimentos (Kanny y Moneret, 1995), por lo que su alergenicidad potencial no es un obstáculo para su utilización en consumo humano.

Los estados de mayor producción de ajonjolí en nuestro país son: Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Chiapas (Ramos Martínez, 1992). En el período 1990-1995 México ocupó el doceavo lugar como productor a nivel mundial participando con 28, 856 toneladas promedio anuales, lo que representó el 1.3% de la producción mundial. México ocupó el sexto lugar como exportador para el período mencionado con una participación a nivel mundial de 4.4%, aportando 21,968 toneladas promedio anuales. Los principales mercados de consumo son los Estados Unidos, Australia, Países Bajos e Israel.

1.2. AISLADOS PROTEICOS Y SU UTILIZACIÓN.

Un aislado proteico se define como la porción principalmente proteica, obtenida de granos limpios, sanos y de alta calidad por medio de la remoción de los componentes no proteicos, que debe contener aproximadamente un 90% de proteína ($\%N \times 6.5$) en base seca (Smith y Circle, 1972).

Aunque se han separado y estudiado fracciones proteicas de diferentes fuentes, tales como el plasma sanguíneo bovino y huevo blanco (Poutier, 1995), el okara (residuo de la leche de soya) (Peterson 1999), el ajonjolí (Rajendran y Prakash, 1988), y la semilla de algodón (Allen 1974), actualmente existen en el mercado principalmente aislados proteicos de soya. En la tabla 1.2.1. se muestran dos diferentes tipos de aislados, así como la forma en que se obtienen.

Los aislados proteicos se utilizan frecuentemente en productos cárnicos para mejorar la calidad y tolerancia al cocimiento, así como realzar su sabor. Son también comúnmente usados en productos horneados, para mejorar su calidad nutricional. En la tabla 1.2.2. se muestran los usos de diferentes productos de soya, entre ellos los aislados proteicos.

Tabla 1.2.1. Preparación de diferentes tipos de aislados proteicos de soya

Tipo	Preparación
Aislado de Proteína de Soya (isoelectricos)	La proteína se extrae de las hojuelas desgrasadas de soya, con agua o con un medio alcalino, en un pH de 8 a 9, posteriormente se centrifuga para eliminar el residuo fibroso insoluble; se ajusta el extracto resultante hasta un pH de 4.5, en el que la mayor parte de la proteína se precipita como cuajada, se separa la cuajada de los oligosacáridos solubles, mediante centrifugación, se realizan posteriormente diversos lavados y después se seca por aspersion para obtener un aislado "isoelectrico".
Aislado de Proteína de Soya (Neutralizados)	Por lo general, se neutraliza el aislado (proteínatos de Na o de K) para hacer el aislado mas soluble y funcional. Aproximadamente un tercio del peso inicial de la hojuela se recupera en forma de aislado.

Fuente: Productos de Proteína de Soya. Soy Protein Council, 1987.

Tabla 1.2.2. Usos importantes de los Productos de Proteína de Soya.

Producto	Aislado de Proteína de Soya	Concentrado de Proteína de Soya	Harina de Soya (sémolas)	Proteína texturizada de Soya
Sustitutos de la leche	X	X	X	
Panes	X	X	X	
Cereales para desayuno	X	X	X	
Galletas, bisquitos, pastas secas, bocadillos, etc.			X	
Donas	X		X	
Pastas para sopa	X	X	X	
Productos de Tipo Lácteo	X			
Polvos para bebidas	X			
Quesos	X			
Blanqueadores de café	X			
Postres congelados	X			
Fórmulas infantiles	X	X	X	
Sustitutos de la leche para cachorros	X	X	X	
Productos emulsificados de carne salchichón, salchichas	X	X		
Embutidos diversos	X	X		
Albóndigas	X	X	X	X
Hamburguesas	X	X	X	X
Almuerzos escolares y militares	X	X		X
Productos del mar				X
Carne de Músculo Entero				
Análogos	X			X
Jamón	X			
Alimentos de origen marino (surimi)	X	X		X
Estofados	X	X		X
Alimentos dietéticos	X	X	X	

Fuente: Productos de Proteína de Soya. Soy Protein Council, 1987

1.2.1. Propiedades funcionales de las proteínas.

Los aislados proteicos deben poseer propiedades intrínsecas satisfactorias (e.g. nutrimentales), y no aportar olores, colores ni sabores (o resabios) extraños a los productos en los que se aplican. Además deben poseer propiedades funcionales como la solubilidad, capacidad de gelificación, de espumado, de emulsificación, estabilidad al calor., etc., que los haga compatibles con los productos a los que se adicionan (Cheftel, 1989).

En la tabla 1.2.1.1. se muestran las propiedades funcionales así como el tipo de acción que llevan a cabo y que son deseables en diferentes sistemas alimenticios, tales como bebidas y embutidos entre otros.

Tabla 1 2.1.1. Propiedades funcionales de las proteínas alimentarias que intervienen en los diversos alimentos

Propiedad Funcional	Mecanismo	Sistemas Alimenticios
Solubilidad	Hidrofilia de la proteína, dependiente del pH	Bebidas
Absorción de agua y aglutinación	Hidratación iónica y puentes de hidrógeno	Carnes, embutidos, pasteles, panes.
Viscosidad	Retención de agua. Dependiente del tamaño y forma hidrodinámica de las proteínas	Sopa, aderezos.
Gelificación	Formación de una matriz proteínica y solidificación	Productos lácteos, quesos.
Cohesión - adhesión	La proteína actúa como material adhesivo por medio de interacciones iónicas e hidrofóbicas y por puentes de hidrógeno	Carne, salchichas, pasta productos horneados.
Absorción de grasa	Interacciones hidrofóbicas entre las grasas y la proteína	Productos de panadería bajos en grasa
Emulsificación	Formación y estabilización de las emulsiones de grasa, formación de películas en interfases.	Salchichas, sopa, pasteles, aderezos.
Formación de Espuma	Absorción en interfases y formación de películas.	Betunes para pastel, mousses, helados, postres.

Tomado de Damodaran y Paraf, 1997. Food Proteins and their applications. Ed. Mercel Dekker, Inc. 1997.

1.2.1.1. Definición y clasificación de las propiedades funcionales

El término "propiedades funcionales" se define como: "aquellas propiedades físicas y químicas que afectan el comportamiento de las proteínas en un sistema alimentario durante su procesamiento, almacenaje, preparación y consumo" (Damodaran y Paraf, 1997).

Las propiedades funcionales de las proteínas alimenticias pueden clasificarse en tres grupos principales (Cheftel, 1989 ; Flores, 1997):

- Propiedades de hidratación (dependiente de las interacciones proteína-agua). Incluyen propiedades tales como absorción y retención de agua, succulencia,

hinchado, adhesión, dispersabilidad, solubilidad y viscosidad (considerada con frecuencia como una propiedad hidrodinámica).

- Propiedades dependientes de las interacciones proteína-proteína, tales como la precipitación, gelificación y formación de otras estructuras diferentes (fibras y pastas proteicas, por ejemplo).
- Propiedades superficiales. Se refieren a la tensión superficial de emulsificación y características espumantes de las proteínas.

Estos grupos *no* son totalmente independientes. Por ejemplo, la gelificación *no* solamente implica las interacciones proteína-proteína, sino también las interacciones proteína-agua. La viscosidad y la solubilidad dependen tanto de las interacciones proteína-agua como proteína-proteína.

Para poder aplicar el aislado proteico de ajonjolí en una bebida como la que se pretende elaborar en el presente trabajo éste debe poseer algunas propiedades funcionales básicas, tales como propiedades de hidratación (absorción de agua, solubilidad), así como propiedades superficiales (emulsificación y espumado), que se explican con mayor detalle a continuación.

1.2.1.2. Solubilidad

La solubilidad de una proteína es la manifestación termodinámica del equilibrio entre interacciones proteína-proteína y proteína-solvente (Damodaran y Paraf, 1997). La solubilización ocurre por la dispersión de las moléculas de proteínas en el solvente. Se relaciona con cambios en las interacciones de los residuos hidrofóbicos e hidrofílicos sobre la superficie de la proteína con el solvente. Se presentan interacciones altas por puentes de H, interacciones dipolo-dipolo e interacciones iónicas (Zayas, 1994). La solubilidad depende principalmente del pH, concentración proteica, fuerza iónica, así como la carga neta de la proteína. La mayoría de las proteínas presenta la mínima solubilidad a su pH isoeléctrico. La solubilidad de la mayoría de las proteínas se ve afectada también por la desnaturalización por calor, debido a la alteración del balance de las interacciones proteína-proteína y proteína-solvente (Damodaran y Paraf, 1997). No obstante, los tratamientos térmicos son indispensables para alcanzar otros objetivos, tales co

emulsificación y gelificación se ven afectadas por la solubilidad de las proteínas (Damodaran y Paraf, 1997).

1.2.1.3. Absorción de agua.

La composición y conformación de las proteínas tienen efectos importantes sobre las interacciones de las mismas con el agua. Estas interacciones pueden dividirse en dos categorías. La primera de ellas es la capacidad de absorción de agua, en la cual el agua se liga a la molécula de proteína, de forma que ya no queda disponible como solvente. La segunda es la capacidad de retención de agua, en la que el agua se encuentra atrapada o retenida dentro de una matriz proteica. Mientras que la absorción de agua es dependiente de las propiedades fisicoquímicas (tipo de aminoácidos y el pH), la capacidad de retención de agua se ve afectada por la estructura y el tamaño de poro de la matriz proteica (Hall, 1996).

1.2.1.4. Absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite de una proteína es muy importante para su aplicación en productos como extensores en productos embutidos y sustitutos de carne, principalmente porque mediante esta propiedad funcional se mejora la retención de sabor así como la palatabilidad de los productos alimenticios. El mecanismo por el cual se lleva a cabo la absorción parece ser la retención física del aceite en un estado sólido, semisólido o fluido (Cheftel, 1989). Las interacciones de la proteína con el aceite dependen en gran medida de la composición y conformación de la misma (Hall, 1996).

1.2.1.5. Propiedades emulsificantes

Una de las propiedades funcionales primarias para muchos sistemas alimentarios es la capacidad de las proteínas para formar emulsiones. Las emulsiones son dispersiones o suspensiones de dos líquidos no miscibles, aunque la estructura de la mayoría de las emulsiones alimentarias es mucho más complejo (Damodaran y Paraf, 1997). Las emulsiones alimentarias pueden ser del tipo aceite en agua como la leche, o bien agua en aceite, como la margarina y la mantequilla. Este tipo de productos son inestables a menos que se encuentre presente una sustancia anfifílica en la interfase entre las fases que forman la emulsión. Las proteínas son moléculas anfifílicas y difieren significativamente en las propiedades de superficie que presenta cada una (Fennema, 1996).

Las propiedades de las emulsiones estabilizadas por proteínas se ven afectadas por diversos factores. Estos incluyen factores intrínsecos, como el pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de surfactantes de bajo peso molecular, azúcares, volumen de la fase oleosa, tipo de proteína y el punto de fusión del aceite usado. Existen también factores extrínsecos tales como el tipo y diseño del equipo así como la intensidad del aporte energético (Fennema, 1996).

Aunque la solubilidad es importante para la capacidad de emulsificación, no se requiere que la proteína posea un 100% de solubilidad. Mientras que las proteínas altamente insolubles no actúan bien como emulsificantes, no existe una relación confiable entre la solubilidad y las propiedades emulsificantes de una proteína en el rango de 25-80% de solubilidad (Fennema, 1996).

1.2.2. Calidad nutrimental de las proteínas.

La calidad, el valor o equilibrio de una proteína alimenticia depende de la naturaleza y cantidades de aminoácidos que contiene, así como de su digestibilidad. Una proteína equilibrada o de alta calidad contiene los aminoácidos indispensables en proporciones correspondientes a las necesidades humanas (FAO/WHO/ONU) y una digestibilidad comparable o mejor que la del huevo o la leche. Las proteínas de origen animal y vegetal generalmente contienen cantidades adecuadas o más que adecuadas de histidina, leucina, isoleucina, fenilalanina+tirosina y valina. Estos aminoácidos no son los limitantes en los alimentos usualmente. Con mayor frecuencia son lisina, treonina, triptofano y los aminoácidos sulfurados los limitantes en los alimentos. La calidad nutritiva de una proteína deficiente en un aminoácido esencial puede ser mejorada por medio de una mezcla con otra proteína rica en ese aminoácido esencial, o bien se puede suplementar la proteína con aminoácidos esenciales libres (Fennema, 1996).

Se puede determinar la calidad de la proteína usándola como alimento en condiciones experimentales específicas y determinando cuánta se usa para sintetizar proteína corporal. Los tejidos pueden seleccionar los aminoácidos que les sean útiles; el resto se oxida para suministrar energía, pero, en lo que se refiere a síntesis de proteínas éstas se desperdician. Por tanto el porcentaje que se retiene en el organismo para la síntesis de tejido nuevo es una medida de la utilidad de la proteína que contiene la dieta. Este porcentaje se denomina "valor biológico". Solamente las proteínas del huevo y de la leche humana tienen un valor biológico de 100, lo que significa que, en condiciones experimentales específicas, el 100% de la proteína ingerida se utiliza para la síntesis de tejidos. Sin embargo, los métodos biológicos son costosos y consumen mucho tiempo (Fisher, 1993).

Para obtener rápidamente el conocimiento acerca del valor nutritivo de una proteína, se puede determinar su contenido de aminoácidos y comparar el mismo con la cantidad de cada uno de los aminoácidos esenciales de un patrón de referencia. El patrón ideal de aminoácidos esenciales en proteínas para niños en edad preescolar se presenta en la tabla 1.2.3.2. Cada aminoácido esencial en una proteína a prueba tiene un índice químico, que se define como (Fennema, 1996):

$$I.Q. = \frac{\text{mg aminoácido / g de proteína a prueba}}{\text{mg del mismo aminoácido / g de proteína del patrón de referencia}} \times 100$$

En una proteína a prueba el aminoácido esencial que muestre el menor índice químico es el aminoácido limitante primario. El índice de este aminoácido limitante provee entonces, el índice químico para la proteína a prueba. como ya se mencionó, la lisina, treonina triptofano y los aminoácidos sulfurados son, por lo común, los limitantes en las proteínas alimentarias. Por lo tanto, los índices químicos de estos aminoácidos son tomados en cuenta comúnmente para evaluar el valor nutritivo de las proteínas (Fennema, 1996).

Sin embargo, el método del índice químico tiene algunas desventajas. No distingue entre los L y los D-aminoácidos y ya que solo los aminoácidos L son utilizables para los seres humanos, el índice químico puede, por lo tanto sobreestimar el valor nutritivo de una proteína. También es incapaz de predecir los efectos negativos de altas concentraciones de

Tabla.1.2.3.2. Patrones sugeridos de requerimiento de aminoácidos (FAO/WHO/ONU) para proteínas en humanos.

AMINOÁCIDO (mgaa/ g proteína)	PATRON SUGERIDO (FAO/WHO/ONU)		
	Niños preescolares ^a	Niños escolares	Adultos
Histidina	(19)	(19)	16
Isoleucina	28	28	13
Leucina	66	44	19
Lisina	68	44	16
Metionina+cistina	25	22	17
Fenilalanina+tirosina	63	22	19
Treonina	34	28	9
Triptofano	11	9	50
Valina	35	25	13

Tomado de FAO/WHO/ONU (1985). Energy and Protein Requirements, Report of a Joint FAO/WHO/ONU. Expert Consultation. World Health Organization Technical Rep. Ser. 724, WHO, Geneva.

a= Requerimiento de a.a. dividido por el nivel seguro de proteína de referencia /kg. Para los adultos, el nivel seguro tomado fue de 0.75 g/kg, para niños (10-12 años) 0.99 g/kg, niños (2-5 años), 1.10g /kg (se eligió este rango debido a que coincide con el rango de edad de los sujetos de los que se derivaron los datos de a.a. . El patrón de requerimiento de a.a. de niños entre 1 y 2 años puede ser tomado como intermedio entre el de los infantes y los niños preescolares.

()= valores interpolados de las curvas de requerimiento vs. edad.

un aminoácido esencial sobre la biodisponibilidad de otros aminoácidos esenciales y, por último, no toma en cuenta el efecto de factores antinutricionales que podrían estar presentes en la dieta. Sin embargo, descubrimientos recientes indican que el índice químico, cuando se corrige con la digestibilidad de la proteína, correlaciona bien con los ensayos biológicos para esas proteínas que tienen un valor biológico cercano al 40%. Por el contrario, cuando el valor biológico es menor de 40% la correlación es pobre (Fennema, 1996).

La digestibilidad de una proteína se define como la proporción de nitrógeno que se absorbe después de la ingestión de un alimento. Aunque el contenido de aminoácidos esenciales en un alimento es el primer indicador de su calidad nutricional, ésta también depende de qué tanto estos aminoácidos son utilizados en el cuerpo. Los factores que pueden afectar la digestibilidad de las proteínas son los siguientes (Fennema, 1996):

- Conformación de la proteína. La hidrólisis de la proteína por las proteasas se ve afectada por la estructura de la proteína.
- Factores antinutricionales. La mayoría de los aislados y concentrados proteicos vegetales contienen inhibidores de tripsina y quimotripsina y lectinas. También pueden presentarse otros factores como los taninos y el fitato. Los taninos por ejemplo, reaccionan con el grupo ϵ -amino de los residuos de lisina y disminuyen su biodisponibilidad.
- Interacciones de las proteínas con polisacáridos y fibra también reducen la velocidad y la hidrólisis ya no es tan completa.
- Proceso. Cuando las proteínas se ven sometidas a tratamientos químicos severos se puede ver afectada la digestibilidad de la lisina debido a la reacción de azúcares reductores con el grupo ϵ -amino.

1.3. NECESIDADES PROTEICAS DE LA POBLACIÓN.

La función principal de las proteínas presentes en los alimentos es aportar el nitrógeno y los aminoácidos necesarios para la síntesis de las proteínas corporales y las demás sustancias nitrogenadas. Las necesidades proteicas se ven afectadas por el aporte calórico y si éste es insuficiente, una parte de las proteínas alimenticias de la dieta se utilizan para producir energía. En la tabla 1.3.1. se muestra la ingestión diaria de proteínas, vitaminas y minerales para adultos y niños recomendada por el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", así como la recomendada por el National Research Council para adolescentes.

Tabla 1.3.1. Ingestión diaria recomendada de proteínas, vitaminas y minerales para diferentes grupos de la población.

Nutrientes	Adultos	1-3 años	11-18 años	Embarazo	Lactancia
Proteína (g)	75	20	50-68	65	75
Vit. A (µg eq. de retinol)	1000	400	800-1000	6000	8000
Vitamina E (mg)	10	6	8-10	30	30
Vitamina C (mg)	60	40	50-60	70	95
Tiamina (mg)	1.5	0.7	1.1-1.4	1.5	1.6
Riboflavina (mg)	1.8	0.8	1.3-1.7	1.7	1.8
Niacina (mg equivalentes)	15-20	9	15-18	17	20
Vitamina B6 (mg)	1.6-2.0	1.0	1.8-2.0	2.2	2.2
Folacina (µg)	200	50	150	400	300
Vitamina B12 (µg)	2.0	0.7	2.0	2.2	2.6
Calcio (mg)	1200	800	1200	1200	1200
Fósforo (mg)	1200	800	1200	1200	1200
Hierro (mg)	15-20	15	15	24	15
Magnesio (mg)	300-350	80	400	300	400
Zinc (mg)	15	10	15	15	19
Yodo (µg)	150	70	150	200	200

Fuente: Tablas del valor nutricional de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica. INNSZ, Instituto de Cancerología. 1996.

1.3.1. Necesidades proteicas de grupos vulnerables de la población.

Las necesidades proteicas aumentan durante la vejez, el crecimiento (crianza, embarazo) y la lactancia. Las heridas, quemaduras, infecciones, ataques parasitarios, malnutrición anterior y otros factores, también pueden aumentar las necesidades proteicas. Los segmentos de la población que se ven afectados por estos factores reciben el nombre de grupos vulnerables (Cheftel, 1989; Fisher, 1993).

1.3.1.1. Ancianos.

Por lo general con el envejecimiento se pierde talla y por ende superficie corporal. Todo esto se acompaña de una reducción significativa en la masa metabólicamente activa. Por supuesto, tales modificaciones repercuten en el consumo energético basal, y las variaciones que ocurren en los hábitos de vida con el paso del tiempo, como la tendencia acentuada al sedentarismo, contribuyen a reducir el consumo energético por actividad, disminuyendo ambos, en condiciones normales, a la par de la ingestión (Casanueva, 1995).

Estudios realizados en diferentes países, coinciden en señalar que el consumo energético disminuye con la edad. El decremento es de dos mil 700 a dos mil 100 kilocalorías de la energía requerida, de los 30 a los 80 años de edad, donde el 30% se debe

a la disminución de la actividad metabólica basal y el resto a la reducción de los requerimientos por actividad (Casanueva, 1995).

Conjuntamente con esta necesidad fisiológica reducida tiene lugar a menudo una disminución de la ingesta de alimentos a causa de malas dentaduras, trastornos digestivos, constipación, prejuicios frente a ciertos alimentos, pobreza y, en muchos casos, apatía. Lo anterior significa que si siguen comiendo el mismo tipo de alimentos que en su juventud (lo que a veces incluye más alimentos feculentos y azucarados), solo consumen dos terceras partes de proteínas, vitaminas y minerales aunque sus necesidades de estos nutrimentos no son menores que antes (Bender, 1977; Fisher, 1993). Si bien es evidente que el consumo de muchos nutrimentos se reduce con la edad, el problema estriba en determinar si tal hecho conduce a una deficiencia, ya sea florida o subclínica. Al parecer así sucede, pues al menos en Inglaterra el 6% de los individuos de entre 70 y 80 años de edad están desnutridos y tal porcentaje se duplica cuando se rebasan los 80 años de edad. En México, estudios realizados en los servicios geriátricos de diversos hospitales, muestran que el diagnóstico más frecuente es el de desnutrición (Casanueva, 1995).

En cuanto al consumo proteínico, hay evidencia preliminar que permite suponer que el anciano conserva un balance nitrogenado negativo cuando recibe 0.8 gramos de proteínas por kilogramo de peso, que es la cifra habitualmente recomendada. Esto parece obedecer al hecho de que el consumo de energía, que se sabe afecta la utilización de las proteínas, se reduce en forma progresiva al envejecer. Además los ancianos son más susceptibles a presentar enfermedades crónicas que provocan un balance nitrogenado negativo por fiebre y anorexia. Todo esto sugiere la necesidad de un mayor aporte de proteínas en la senectud, que se recomienda sea del 12% al 14% del aporte energético total (Casanueva, 1995).

Por otra parte, la alta prevalencia de enfermedad gastrointestinal en este grupo de edad predispone a deficiencias nutricias asociadas. Como ejemplos puede citarse la anodoncia, que modifica los hábitos dietéticos a favor de un consumo excesivo de hidratos de carbono; la proliferación bacteriana y la consiguiente esteatorrea y mala absorción, así como el frecuente empleo de medicamentos para el tratamiento de enfermedades inintercurrentes, que interfieren con la absorción o la utilización de los nutrimentos.

En consecuencia, los ancianos necesitan alimentos de valor nutritivo concentrado y prefieren los alimentos fáciles de preparar y comer, especialmente si tienen buen sabor, y como pueden tener mal apetito, no se recomiendan en su dieta muchos dulces ni pasteles, que principalmente son fuentes calóricas y proporcionan cantidades sin importancia de otros nutrientes. Cuando los ancianos compran sus propios alimentos, conviene aconsejarles adquirir alimentos proteínicos más baratos y sugerirles recetas sencillas (Fisher, 1993).

El estado nutricional de los ancianos es importante, ya que se ha encontrado que independientemente de los factores no nutricionales, que pueden afectarles, una desnutrición en este tipo de pacientes incrementa el riesgo de mortalidad tanto en el período hospitalario como en el posthospitalario (Sullivan, Walls y Lipschitz, 1991).

1.3.1.2. Embarazo y lactancia.

Es evidente que la futura madre tiene necesidades dietéticas especiales. Tiene que consumir tanto las suficientes proteínas y minerales requeridos para formar el cuerpo del bebé como las vitaminas que también le son necesarias (Fisher, 1993).

Según los estudios ya clásicos de Hyttern y Leitch, el costo energético de los 280 días de gestación es cercano a las 70 mil kilocalorías, Esta estimación considera los requerimientos para el desarrollo del feto y la placenta, así como para los cambios. De acuerdo con ese cálculo, durante el embarazo la mujer requiere cada día de un aporte adicional de energía de 250 kilocalorías. Esto, en el entendido de que consume una dieta adecuada y suficiente (Casanueva, 1995).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un aporte energético adicional de 150 kilocalorías por día durante el primer trimestre de la gestación, y de 350 kilocalorías diarias a lo largo de los meses posteriores (Casanueva, 1995)..

Durante la lactancia, las necesidades de la madre son aún mayores, ya que ahora tiene que alimentar a un bebé mucho más grande. En la tabla 1.3.1. se muestran los niveles de ingestión que se recomiendan durante el embarazo y la lactancia. Las proteínas y los alimentos ricos en vitaminas y calcio son de gran importancia en su dieta. Es interesante señalar que el contenido nutritivo de la leche materna no cambia mucho con las deficiencias dietéticas. Es la madre misma la que resulta afectada si éstas se presentan, pues los nutrientes deficitarios se compensan con lo que tiene almacenado en su organismo.

1.3.1.3. Personas convalescientes.

Cuando el organismo sufre daños como fracturas óseas, quemaduras o choques quirúrgicos, se pierde gran cantidad de proteínas. No sólo se trata de la pérdida evidente como, por ejemplo, en una quemadura, sino que a consecuencia de este daño, el organismo descompone grandes cantidades de tejido proteínico. Su proteína se oxida y el cuerpo la pierde. El choque quirúrgico inherente a una apendicectomía puede provocar la pérdida de 150 a 230 g de proteína, un fémur fracturado puede causar una pérdida de 800g de proteína, las quemaduras graves hacen perder más de 1000 g y las infecciones pueden dar como

resultado pérdidas similares de acuerdo con su gravedad. Estas pérdidas pueden llegar al 10 % del contenido total de proteínas en el cuerpo (Fisher, 1993).

La convalecencia implica la reposición de esta proteína. Por ello, la dieta ha de ser rica en proteínas, no sólo en cantidad, sino también en calidad, ya que esta necesidad coincide con un período en que el apetito del paciente puede ser malo, la que agrava el problema de nutrición con riesgos serios al estado general del paciente (Fisher, 1993). Debido a lo anterior es importante complementar la alimentación de los pacientes con alimentos de fácil ingestión y absorción para evitar que presenten problemas de desnutrición.

En los hospitales la desnutrición es un problema de salud, pero ha cambiado la forma de evaluarla y atenderla, pues ya no se considera como una enfermedad específica, sino que por el contrario, se juzga que todos los pacientes, niños y adultos, de un hospital están en riesgo de padecerla (Casanueva, 1995). Se ha encontrado que la desnutrición es frecuente en pacientes con enfermedades gastrointestinales y algunas otras al momento de su admisión hospitalaria. La severidad de la desnutrición en estos pacientes puede ser utilizada para predecir la aparición de complicaciones durante su estancia en el hospital, aunque la asociación entre la desnutrición y las complicaciones no ha sido explicada por completo (Naber, 1997)

Entre los pacientes con mayor riesgo de padecer desnutrición están los que se hospitalizan por períodos largos (generalmente dos semanas o más), los que han sufrido traumatismos graves, los que se han sometido a cirugía, los que padecen de enfermedades crónicas y aquellos que han tenido una dieta deficiente por períodos prolongados. En estos pacientes la desnutrición por sí misma afecta su estado de salud, ya que afecta su recuperación, prolonga la convalecencia y aumenta el riesgo de que se presenten complicaciones (Weinsier, 1979; Bistran, Mc Cowen y Chan, 1999).

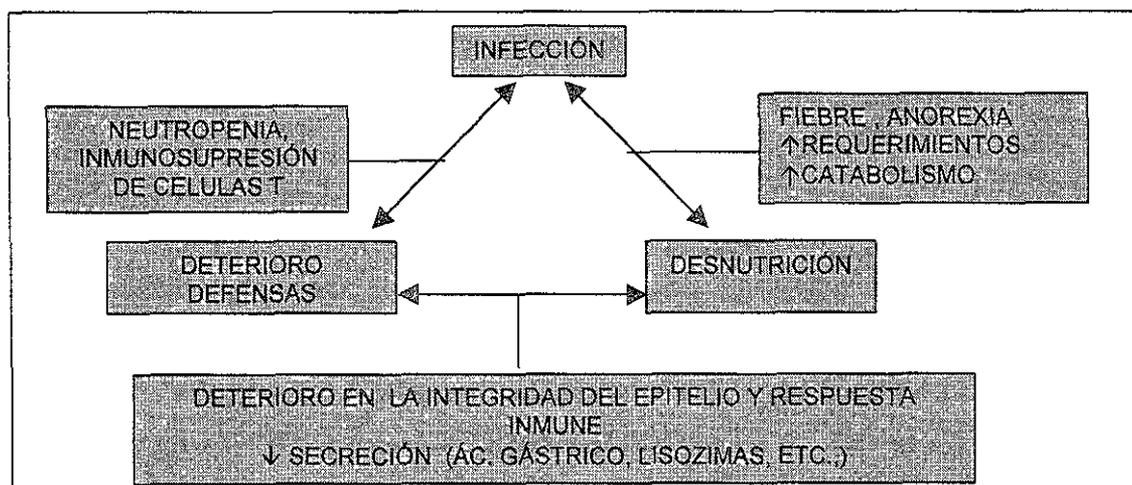
Se ha encontrado que existe una gran prevalencia de desnutrición energético proteica en pacientes con fallas renales crónicas que se encuentran bajo tratamiento con diálisis. Esto representa un serio problema en potencia debido a que los índices de desnutrición energético-proteica son poderosos predictores de la mortalidad en este tipo de pacientes. Algunos estudios sugieren que la adición de aminoácidos y energía en la alimentación de estos pacientes se asocia con una reducción en su mortalidad; sin embargo, es difícil mejorar la ingesta de nutrientes debido a que se presenta anorexia. Así, para combatir la desnutrición, se utilizan complementos alimenticios, alimentación por sonda y alimentación parenteral intradiálisis, aún cuando esta última se ha probado poco (Kopple, 1997).

Existen dos mecanismos para el desarrollo de la desnutrición energético-proteica: la subalimentación, que se refiere a una ingesta inadecuada de proteínas y energía, y la respuesta sistémica inflamatoria (RSI), siendo este último el más común. La RSI produce

anorexia, lo que limita la ingesta de nutrimentos y reduce la eficiencia de la utilización de proteína. De esta forma la ingestión diaria recomendada de proteínas es insuficiente para mantener la proteína corporal en presencia de una RSI. A pesar de esto no se debe descartar la posibilidad de utilizar la terapia nutricional, porque esta puede ser muy efectiva en la reversión de la desnutrición energético proteica en las etapas iniciales de la misma, así como en la fase temprana de la RSI, por medio de proporcionar una ingesta adecuada de energía y proteína (Bistran, Mc Cowen y Chan, 1999).

Todos los sistemas de defensa contra las infecciones del organismo resultan afectados notablemente por la desnutrición (McLean, 1979; Keusch, 1986), por lo que el organismo es más susceptible a padecer enfermedades infecciosas. La presencia de infecciones, a su vez empeora el estado de nutrición del paciente. En la figura 1.3.1.3.1 se describe esta interacción compleja entre desnutrición, infección y las defensas del organismo, así como alguno de los mecanismos involucrados.

Figura 1.3.1.3.1. Triángulo que muestra la interacción compleja entre desnutrición, infección y las defensas del organismo.



Pese a que la forma primaria de la desnutrición aún no se ha erradicado, cada vez se atienden más pacientes con desnutrición secundaria a procesos infecciosos agudos como sepsis o a problemas crónicos como la diarrea persistente, el SIDA, los males hemodinámicos, las cardiopatías congénitas, las neumopatías, la enfermedad renal avanzada y muchos tipos de cáncer. Estas formas de desnutrición, al igual que las ocasionadas por carencia de alimentos, se ven agravadas por el sinergismo entre desnutrición e infección y tienen como sustrato metabólico el desequilibrio entre el mayor gasto de nutrimentos y la necesidad no satisfecha de los mismos. La condición nutricia

resultante es uno de los factores que determinan la recuperación de la salud o su mayor deterioro (Casanueva, 1995; Bistran, Mc Cowen y Chan, 1999).

1.3.1.4. Desnutrición energético-proteínica.

La desnutrición energético-proteínica (DEP) es una condición patológica ocasionada por la carencia de múltiples nutrimentos, derivada de un desequilibrio provocado por un aporte insuficiente y un gasto excesivo, o la combinación de ambos. La insuficiencia en el aporte se puede deber a alteraciones en la ingestión o en la absorción de los nutrimentos, en tanto que el gasto excesivo puede producirse por condiciones estresantes que aumentan los requerimientos de energía, como las infecciones, la cirugía o los traumatismos. Cuando la desnutrición se debe a una disminución brusca en el consumo de alimentos, se presenta un cuadro clínico bien caracterizado que se conoce con el nombre de Kwashiorkor. En cambio, si la desnutrición se deriva de un aporte insuficiente que ocurre en forma crónica, el cuadro clínico se denomina marasmo (Casanueva, 1995).

En el Kwashiorkor el déficit de proteínas en la dieta se acompaña de un aporte energético adecuado o por arriba de los niveles recomendados de acuerdo a la edad del niño. En tal circunstancia la deficiencia en proteínas adquiere mayor relevancia y en consecuencia se consumen las reservas orgánicas y el crecimiento somático disminuye su tasa de incremento (Vega Franco, L., 1991). Es un padecimiento que consume y reduce a los niños a piel y huesos aunque estén hinchados por el edema (retención de líquido en los tejidos). En estas condiciones, son muy sensibles a las infecciones y pueden morir por enfermedades tales como sarampión y tosferina, que son muy graves aún en los niños bien alimentados. Este problema se da comúnmente en países subdesarrollados, cuando el destete del niño es indispensable debido al nacimiento de un nuevo bebé. Entonces el niño recibe la dieta de los adultos, a veces privada de los pocos alimentos de origen animal disponibles y basada en trigo o maíz, lo que provoca la desnutrición debido a que el niño no es capaz de consumir la suficiente cantidad de estos cereales para satisfacer sus necesidades de proteína (Weinsier, 1989).

En el marasmo el aporte deficiente de proteínas y energía para cubrir las necesidades de un organismo en una fase expansiva de crecimiento es habitualmente la regla; el destete temprano y la ocurrencia de procesos infecciosos recurrentes, disminuyen lentamente las reservas en proteínas y energía y se reduce la velocidad de crecimiento corporal (Vega Franco, 1991). En la tabla 1.3.1.4.1 se muestran las características de ambos tipos de desnutrición energético-proteica.

Tabla 1.3.1.4.1. Comparación de los dos tipos de desnutrición: marasmático y Kwashiorkor.

Enfermedad	Etiología	Periodo de desarrollo	Indicadores clínicos	Tasa de mortalidad
Marasmo	↓ Ingestión de energía	Meses	Delgadez excesiva Peso <80% del normal Pliegue tricóptico <3mm Circunferencia del brazo <15 cm.	Baja (si no se consideran las defunciones causadas por la enfermedad primaria)
Kwashiorkor	↓ Ingestión de proteína durante el estado de estrés	Semanas	Sin signos aparentes de desnutrición Edema	Alta

Adaptado de Weinsier y cols. (Weinsier, 1989).

Aunque en la práctica clínica estas dos formas de desnutrición representan los extremos, en la mayoría de los casos los pacientes presentan una combinación de ambas. La desnutrición del tipo Kwashiorkor tiende a ser más aguda, mientras que el marasmo es el resultado de un proceso gradual de emaciación que pasa por varias etapas, desde la deficiencia de peso hasta la desnutrición leve, moderada o severa.

1.4. DEFICIENCIA DE LACTASA E INTOLERANCIA A LA LACTOSA.

Para absorber la lactosa (carbohidrato que contiene la leche y los productos lácteos), el organismo necesita hidrolizarla en sus componentes monosacáridos, que son la glucosa y la galactosa. Esta hidrólisis se realiza por medio de la β -galactosidasa (lactasa), enzima que se encuentra en la membrana intestinal de todos los mamíferos. La lactasa se produce normalmente en cantidad suficiente para digerir la lactosa durante las primeras etapas de la vida, cuando los mamíferos se alimentan exclusivamente de leche; más tarde los niveles de lactasa en la mucosa intestinal comienzan a disminuir y llegan a ser muy bajos en los adultos (Rosensweig, 1970). Este patrón, que es común a la mayoría de los mamíferos, se presenta también en el hombre, con excepción de algunos grupos étnicos que se consideran herederos de una mutación por la cual mantienen niveles elevados de lactasa aún en la edad adulta.

La deficiencia de lactasa está determinada genéticamente y se conoce como deficiencia primaria de lactasa. Existen estudios (Lisker, 1978; Rosado, 1984) que demuestran que aproximadamente el 50% de la población adulta en México presenta esta deficiencia. En estos individuos la capacidad para digerir la lactosa es limitada.

Además de la deficiencia primaria de lactasa, un gran número de pacientes hospitalizados presentan deficiencia secundaria de lactasa, que se asocia con su enfermedad y con su estado de nutrición (Rosado, 1988). Lo anterior se explica porque la lactasa es la enzima intestinal más sensible y cualquier estado patológico que afecte la mucosa intestinal disminuye los niveles de esa enzima y, en consecuencia, su capacidad para digerir y tolerar la lactosa. En un estudio realizado en hospitales de México (Rosado, 1989) se observó que los pacientes hospitalizados, especialmente aquéllos que sufrían alguna forma de desnutrición, excretaban grandes cantidades de hidrógeno cuando consumen leche, tanto por vía oral como por sonda. La excreción de hidrógeno obedecía a que los pacientes presentaban deficiencia de lactasa, por lo cual la lactosa que no se absorbía se fermentaba en el colon, con los consiguientes síntomas de intolerancia gastrointestinal, como diarrea, vómito, flatulencia y cólico abdominal. Ni estos síntomas, ni la excreción de hidrógeno se presentaron cuando se administró a los pacientes una fórmula sin lactosa. Un estudio reciente recomienda el uso de leche baja en lactosa para el tratamiento del Kwashiorkor (Brewster, 1997).

1.5. FORMULAS PARA COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS.

La formulación de este tipo de productos se establece de acuerdo a múltiples factores, tales como el aspecto nutrimental de la bebida y el tiempo de vida de anaquel del producto. Es importante establecer los ingredientes y determinar que nutrientes aportarán estos para poder obtener una fórmula equilibrada desde el punto de vista nutrimental y con características físicas adecuadas para su consumo

El tipo y la cantidad de cada nutriente son determinantes para el grado de absorción y tolerancia de la fórmula así como sus características físicas, tales como la osmolalidad. La osmolalidad es función del número y tamaño de las moléculas y las partículas iónicas presentes en un volumen dado. Se puede medir la osmolalidad por medio de la determinación del grado de depresión de la temperatura de congelación causado por un soluto disuelto por kilogramo de agua. Las bebidas que poseen una alta osmolalidad pueden provocar retención gástrica, náusea, vómito, diarrea severa y deshidratación, por lo tanto es importante tomar en cuenta esta característica física al diseñar la fórmula (Rombeau y Caldwell, 1990).

1.5.1.Composición nutrimental.

1.5.1.1.Carbohidratos.

Con la excepción de la lactosa, los carbohidratos constituyen el componente de más fácil digestión y absorción en las fórmulas de alimentación enteral en la actualidad. En estas formulaciones, las dos principales diferencias observables en cuanto a la fuente de carbohidratos son la forma y la concentración en la que éstos se presentan y que se muestran en las tablas 1.5.1.1.1. y 1.5.1.1.2.

La forma del carbohidrato, desde el almidón hasta la glucosa simple, contribuye a las características de osmolalidad, dulzura y digestibilidad. Generalmente, las moléculas de carbohidrato más largas proporcionan una menor presión osmótica, así como menor grado de dulzura y requieren mayor digestión en comparación con las moléculas más cortas de carbohidrato (Rombeau y Caldwell, 1990).

Tabla 1.5.1.1.1. Fuentes comunes de carbohidratos en fórmulas para alimentación enteral comerciales.

Fuentes	Almidón (Polisacáridos)	Polímeros De Glucosa	Disacáridos	Monosacáridos
Ejemplos	Sólidos hidrolizados de cereales Puré de chícharo o zanahorias Almidón modificado Almidón de tapioca	Oligosacáridos Maltodextrinas Jarabe de maíz Sólidos de jarabe de maíz.	Sacarosa Lactosa Maltosa	Glucosa (dextrosa) Fructosa

Tomado de Rombeau. Caldwell, Enteral And Tube Feeding. 1990.

Tabla 1.5.1.1.2. Categorización de las formas de carbohidrato presentes en las fórmulas para alimentación enteral.

Tipo de carbohidrato	Numero de unidades de sacárido	Ejemplo
Monosacáridos	1	Glucosa (fructosa, galactosa)
Disacáridos	2	Sacarosa (glucosa-fructosa) Lactosa (glucosa-galactosa) Maltosa (glucosa-glucosa)
Oligosacáridos	2-10	Maltotriosa Oligosacáridos de glucosa Maltodextrinas
Polisacáridos	10	Almidón
Homosacáridos (solo un tipo de unidades de monosacárido)		Glucógeno Celulosa

Tomado de Rombeau. Caldwell, Enteral And Tube Feeding. 1990.

La maltodextrina (polímeros de glucosa), obtenida por medio de una hidrólisis limitada del almidón que rinde altos porcentajes de polisacáridos y oligosacáridos de cadena media ofrece varias ventajas para su utilización. En primer lugar se tiene el hecho de que su peso

molecular aproximado es de 1000 g/mol lo que los hace más solubles que el almidón, además de que contribuyen cinco veces menos que la glucosa pura (peso molecular de 180 g/mol) a la osmolalidad de la fórmula. En segundo lugar, los polímeros de glucosa son rápidamente hidrolizados en el intestino por las mismas enzimas pancreáticas que hidrolizan las moléculas de almidón. Se ha demostrado en ratas que esos polímeros son absorbidos tan rápidamente como la glucosa, además de que la osmolalidad luminal es menor que la que proporcionan soluciones de glucosa del mismo peso. Es decir, se pueden administrar concentraciones mayores de calorías en forma de polímeros de glucosa con menores efectos colaterales que los atribuidos a la glucosa en concentración hipertónica. Por último, la intolerancia a los polímeros de glucosa es muy rara, además de que éstos mejoran la absorción de calcio, magnesio y zinc en el yeyuno (Rombeau y Caldwell, 1990).

Otra fuente de carbohidratos que se puede emplear en una formulación con la finalidad de impartir una mayor nota dulce es la sacarosa, aunque debe emplearse en cantidad mucho menor que los polisacáridos y los polímeros de glucosa, tomando en cuenta que la presencia o adición de disacáridos a la fórmula incrementa la osmolalidad debido a que son moléculas de mucho menor tamaño comparadas con los polímeros de glucosa.

1.5.1.2. Proteínas.

El contenido de proteínas es crítico en las fórmulas enterales, debido a que la proteína es requerida para el mantenimiento de la masa celular corporal y para muchas funciones corporales. Cerca de la mitad del peso seco de la célula animal es proteína. Los componentes estructurales de la célula, los anticuerpos, las enzimas y muchas hormonas son proteínas.

Para establecer las formulaciones para alimentación enteral es importante conocer la fuente de la que proceden (en este caso, del ajonjolí), su calidad nutrimental (la que se trató en el marco teórico del presente trabajo), así como la forma en la que se encuentran (proteínas intactas, proteínas hidrolizadas o aminoácidos libres). En la tabla 1.5.1.2.1. se muestran las fuentes de proteína comunes para las fórmulas comerciales.

Tabla 1.5.1.2.1. Fuentes de proteína más comunes para las fórmulas enterales comerciales.

Fuente	Proteína Intacta	Proteínas Hidrolizadas	Cristales De Aminoácidos
Ejemplos	Sólidos de huevo blanco Aislados de proteína de soya Aislados de caseína Lactoalbúmina Suero Leche en polvo sin grasa Caseinatos de sodio y calcio	Caseína Colágeno Hidrolizados proteicos de suero, soya o carne.	L-aminoácidos

Tomado de Rombeau. Caldwell, *Enteral And Tube Feeding*. 1990.

1.5.1.3. Características físicas de las proteínas.

Las proteínas disponibles en las fórmulas nutricionales pueden ser divididos en tres categorías principales, dependiendo del grado de digestión requerida (Rombeau y Caldwell, 1990):

- **Proteínas intactas.** Son proteínas completas en la forma original en la que se encuentran en la mayoría de los alimentos. Los aislados proteicos son proteínas no hidrolizadas, pero que han sido separadas de su fuente original. Estas proteínas no contribuyen apreciablemente a la osmolalidad de las fórmulas pero requieren niveles normales de enzimas pancreáticas para lograr su total digestión y obtener péptidos pequeños y aminoácidos libres antes de que puedan ser absorbidas por el tracto gastrointestinal.
- **Proteínas hidrolizadas.** Son fuentes de proteínas que han sido hidrolizadas enzimáticamente a péptidos más pequeños y aminoácidos libres. Los dipéptidos, tripéptidos y aminoácidos libres son absorbidos directamente al torrente sanguíneo; sin embargo, los péptidos más largos deben sufrir una hidrólisis antes de que su absorción pueda ocurrir. Cabe resaltar que entre menor sea el tamaño de las moléculas de proteína, éstas contribuyen en mayor grado a aumentar la osmolalidad de las fórmulas.
- **Aminoácidos puros cristalizados.** No requieren digestión en el tracto gastrointestinal y su absorción se lleva a cabo por mecanismos de transporte activo. Debido a su tamaño, estas partículas contribuyen significativamente a la osmolalidad de la fórmula y pueden tener efectos adversos sobre el sabor.

1.5.1.4. Lípidos.

Las principales fuentes de lípidos en las fórmulas estándar son grasas procedentes de leche en las fórmulas basadas en lactosa, así como los aceites de maíz, soya y girasol, los triglicéridos de cadena media, lecitina así como monoglicéridos y diglicéridos. La principal

función de la grasa en una fórmula es proveer una fuente de energía concentrada ya que aporta 9 Kcal /g de grasa.

Debido a que la grasa es insoluble en agua, su digestión y absorción en el cuerpo humano resultan ser procesos complejos. Antes de que la absorción pueda ocurrir la digestión de los lípidos requiere la acción de los ácidos biliares y las enzimas pancreáticas. Una vez que han sido absorbidos los ácidos grasos libres y monoglicéridos son reesterificados para obtener triglicéridos y fosfolípidos, los que, a su vez, son transportados al torrente sanguíneo por medio de la circulación linfática. La interrupción en cualquier punto de este proceso, ya sea debido a una insuficiencia pancreática o de ácidos biliares, gastroenteritis, infecciones bacterianas o una inadecuada área superficial de absorción puede resultar en una mala digestión o mala absorción de los lípidos (Rombeau y Caldwell, 1990).

Una ingesta adecuada de grasa es importante debido a que la grasa provee, además de energía, los ácidos grasos esenciales para el organismo y sirven como acarreadores para las vitaminas liposolubles. Por otro lado, los lípidos también realzan el sabor y la palatabilidad de la fórmula, sin incrementar la osmolalidad de la misma. Los aceites vegetales son fuentes ricas de ácidos grasos esenciales, por lo que las fórmulas enterales comerciales los utilizan a fin de proveer de éstos a sus consumidores (Rombeau y Caldwell, 1990). En la tabla 1.5.1.4.1. se pueden observar los contenidos de ácido linoleico (ácido graso esencial) en los aceites vegetales comúnmente utilizados.

Tabla 1.5.1.4.1. Contenido de ácido linoleico en aceites vegetales de uso común.

Acete	Ácido linoleico (g/100g)
Acete de maiz	58
Acete de ajonjolí	74.1
Acete de soya parcialmente hidrogenado	39.4
Acete de soya sin hidrogenación	51
Acete de girasol	65.7

Tomado de Rombeau., Caldwell, Enteral And Tube Feeding. 1990.

1.5.1.5. Vitaminas y minerales.

Existen trece vitaminas generalmente reconocidas. Estas se encuentran clasificadas comúnmente en hidrosolubles y liposolubles o bien como "grupos", en el caso del complejo B, aunque no se encuentran químicamente relacionadas entre sí. Debido a lo anterior, existen diferencias en cuanto a su estabilidad en alimentos, por lo que esto debe ser tomado en cuenta cuando se considera su adición a un producto alimenticio.

Cuando se pretende adicionar vitaminas a un alimento debe pensarse primero en el propósito con el que se hace esto. Pueden agregarse vitaminas para restauración, enriquecimiento (vitaminización), estandarización o fortificación de un producto. La restauración es un término utilizado cuando las vitaminas y otros nutrientes perdidos durante el proceso son restituidos en cantidades comparables. La estandarización describe la adición de vitaminas a un alimento para compensar las desviaciones naturales de la composición original (Multon, 1988). La fortificación se refiere a la adición de vitaminas a alimentos para darles un perfil nutricional específico, con el fin de promoverlo como sustituto de un producto tradicional (Ottaway, 1993). Una vez que se ha decidido la cantidad de cada vitamina requerida, deben tomarse en cuenta otros factores, tales como la forma y el paso del proceso en que deben ser añadidas y la sobredosis necesaria de cada vitamina para compensar las pérdidas durante la manufactura y el posterior almacenamiento de los productos. Así, cuando se agregan dos o más vitaminas a un alimento, en el mismo proceso, es cada vez más común la utilización de mezclas de vitaminas específicas, conocida como premezcla. Las ventajas del uso de premezclas incluyen (Ottaway, 1993):

- La adición de las vitaminas requeridas como un solo ingrediente
- Los procedimientos de análisis, producción y control de calidad se simplifican, lo que se refleja en ahorro en tiempo y dinero.
- Los niveles de inventario se reducen.

Por otro lado, la estabilidad de las vitaminas en un sistema alimenticio depende de muchos factores, tales como (Ottaway, 1993):

- Temperatura
- Humedad
- Oxígeno presente
- Luz
- Presencia de iones metálicos
- Presencia de agentes oxidantes y reductores
- Combinaciones de los factores anteriores.

Al pensar en el tipo de envase para la bebida se deben tomar en cuenta estos factores para proteger a las vitaminas existentes en la misma y así impedir que se pierdan vitaminas, como la riboflavina (B_2), que son muy lábiles a la acción de la luz UV por lo que se recomienda utilizar en su envasado materiales que ofrezcan una barrera contra la misma, como en el caso del tetrapack o botellas color ámbar.

Los minerales se agregan comúnmente a los alimentos junto con las vitaminas, en forma de premezclas. Las pérdidas de minerales durante el proceso son muy pequeñas o

inexistentes, por lo que las sobredosis que se requieren son insignificantes. Sin embargo, la adición de minerales a alimentos puede, ocasionalmente, causar problemas en la estabilidad, sabor, color y olor de los mismos. En el caso de productos secos, tales como sopas instantáneas o salsas, se tienen pocos problemas de estabilidad. Por el contrario, en el caso de los productos de alta humedad, tales como frutas y bebidas, los minerales pueden afectar severamente la estabilidad de las vitaminas y los lípidos (Smith, 1991).

1.5.2. Aditivos.

Todos los alimentos pasan necesariamente por una fase de almacenamiento, ya se trate de una materia prima (entre la recolección y la transformación) o de un producto terminado (entre las fases de fabricación y de consumo). Por evidentes razones higiénicas y económicas conviene evitar toda alteración del producto durante estos períodos de almacenamiento a fin de conservar sus principales cualidades (Multon, 1988).

Un cierto número de aditivos alimentarios juegan un importante papel en la medida en que su uso se inserta en la gama de los procedimientos utilizables para evitar las alteraciones. La industria química suministra un gran número de nuevos aditivos que son hoy ampliamente utilizados,

La definición de aditivo alimentario según el Codex Alimentarius se presenta a continuación(Multon, 1988):

“Se entiende por aditivo alimentario toda sustancia que no se consume normalmente, aunque tenga carácter alimenticio y que no sea usada normalmente como ingrediente característico de un alimento; tenga o no tenga valor nutritivo se añade intencionalmente a un alimento con un fin tecnológico u organoléptico, en cualquier fase de la fabricación, de la transformación, del tratamiento, del acondicionamiento, del envasado, del transporte o del almacenamiento el referido alimento y que pueda afectar (directa o indirectamente) su incorporación o la de sus derivados en el alimento o pueda afectar de otra manera las características de dicho alimento. La expresión no se aplica ni a los contaminantes ni a las sustancias añadidas a los alimentos con el objeto de mantener o mejorar sus propiedades nutritivas”.

Hace falta señalar además que el término aditivo no se aplica más que a las sustancias utilizadas en pequeñas dosis, en principio menos del 1%.

1.5.2.1. Conservador.

La conservación de un alimento consiste en mantener el mayor tiempo posible el nivel inicial de calidad del alimento, luchando contra un conjunto de mecanismos de alteración, cuya naturaleza depende de la existencia de una o más causas de alteración, intrínsecas o extrínsecas a los productos, de orden biológico o físico-químico. Es por consiguiente la composición de un alimento la que determina el riesgo.

Es importante mencionar que la conservación química tiene como objetivos:

- Asegurar la inocuidad del alimento debido a la inhibición del desarrollo de los microorganismos patógenos eventualmente presentes (*Salmonella*, *Clostridium*, diversos mohos) y de la producción de toxinas.
- Asegurar la estabilidad organoléptica del alimento que resulta de la inhibición de los microorganismos de alteración.

Dentro de la variedad de conservadores existentes, el sorbato de potasio ofrece varias ventajas. La actividad antimicrobiana del sorbato es afectada por factores de formulación, ambientales y de proceso, tales como ingredientes, pH, concentración, actividad acuosa, temperatura, envasado, flora microbiana y aditivos presentes en el producto. La acción del sorbato aumenta conforme el pH del alimento disminuye, aunque a diferencia de otros conservadores este tiene la ventaja de ser efectivo a valores de pH tan altos como 6.5 (Varnam y Sutherland, 1994) (Davidson y col. 1993), lo que permite su utilización en alimentos con valor de pH alto, en los cuales el propionato y el benzoato podrían no ser efectivos. La inhibición del crecimiento microbiano por el sorbato es más efectivo a bajas temperaturas de almacenamiento, por lo que se utiliza en alimentos refrigerados (Davidson y col. 1993).

En la tabla 1.5.2.1.1. se muestran las aplicaciones más comunes del sorbato en alimentos, así como los niveles de uso del mismo en cada tipo de productos.

Tabla 1.5.2.1.1. Aplicaciones comunes de los sorbatos como agentes antimicrobiológicos.

Productos	Nivel de uso (%)
Productos lácteos: quesos, crema agria, yogurt	0.05-0.30
Productos de panadería: pasteles, donas, pies	0.03-0.3
Bebidas: vinos, bebidas carbonatadas y no carbonatadas, bebidas frutales, y bajas en calorías	0.02-0.1
Emulsiones: mayonesa, margarina, aderezos para ensalada	0.0-0.10

Tomado de Davidson y col. 1993.

Es necesario tomar en cuenta que la cantidad de sorbato en la fase acuosa del alimento puede disminuir debido a la presencia de cantidades altas de grasa (50%) en el producto, así como la sacarosa, la glucosa y el cloruro de sodio. Por lo anterior es importante observar buenas prácticas de manufactura durante el proceso de elaboración de los productos además de la utilización del sorbato, ya que éste no puede ser utilizado como un sustituto de prácticas adecuadas de sanitización e higiene. La cantidad de sorbato agregado al producto también puede influir sobre el mismo, ya que a concentraciones de 0.1% pueden detectarse cambios en el sabor de algunos alimentos y a concentraciones mayores pueden presentarse alteraciones marcadas en el sabor de los mismos, lo que afecta su aceptación por el consumidor (Davidson, y col. 1993).

1.5.2.2. Antioxidante.

La degradación oxidativa de los lípidos de nuestros alimentos presenta varios inconvenientes. El enranciamiento causa problemas en el plano organoléptico debido al sabor y olor desagradables resultantes. La destrucción de vitaminas liposolubles y la degradación de los ácidos grasos esenciales y poliinsaturados que pudiera contener el alimento causa problemas desde el punto de vista nutricional. Por último, plantea un problema de seguridad alimentaria, ya que los productos resultantes de la simple oxidación de las materias grasas (productos volátiles, peróxidos, oxiácidos) o de la oxidación unida a la degradación térmica en el curso de su calentamiento (monómeros cíclicos, polímeros) no están desprovistos de toxicidad (Multon, 1988).

El deterioro de las grasas y aceites alimenticios ocurre en primera instancia por medio de dos reacciones químicas: la hidrólisis y la oxidación. La hidrólisis ocurre cuando en procesos que involucran altas temperaturas de procesamiento, como durante el freído de alimentos con alto contenido de agua, dando lugar a formación de glicerol, mono y diglicéridos y ácidos grasos libres y puede ser controlada mediante la utilización de ingredientes de alta calidad y buenas prácticas de manufactura (Smith, 1991).

Los procesos de degradación oxidativa de los aceites y las grasas se desencadenan a nivel de los dobles enlaces en las moléculas de triglicéridos debido a la deslocalización de los electrones que los constituyen dando lugar a la formación de radicales libres (Multon, 1988). La autooxidación es una reacción en cadena de radicales libres que incluye las siguientes etapas (Wong, 1995):

- **Iniciación.** Consiste en la sustracción homolítica de un hidrógeno en presencia de un iniciador, para formar un radical alquilo centrado en un carbono

- Propagación. El radical alquilo libre reacciona con el oxígeno para formar un radical peroxilo que a su vez reacciona con un lípido insaturado para formar un hidroperóxido y un nuevo radical libre. Este último puede reaccionar con el oxígeno para formar un radical peroxilo y así sucesivamente.
- Terminación. La reacción en cadena puede terminar por formación de productos que no sean radicales.

Existen dos vías esenciales para conseguir la supresión o el retraso de la autooxidación de los lípidos (Multon, 1988). La primera consiste en intentar suprimir todos los factores favorables a la propagación de las reacciones de oxidación, que se enumeran a continuación (Smith, 1991):

- Calor. Un incremento de temperatura de 10° C puede provocar que la velocidad de la reacción aumente al doble.
- Luz. La luz ultravioleta es un poderoso iniciador y catalizador de la oxidación
- Metales pesados. Los metales disueltos como el hierro y el cobre, presentes en partes por millón (ppm) actúan como catalizadores para la oxidación.
- Grado de instauración del aceite.
- Pigmentos presentes. Algunos residuos de pigmentos encontrados en aceites vegetales (eg. la clorofila o la hemoglobina) que promueven la oxidación debido a su contenido de iones metálicos.
- Disponibilidad de oxígeno.

La segunda vía consiste en la utilización de antioxidantes. Estos funcionan interfiriendo en la formación de los radicales libres que inician y propagan la oxidación. La estructura fenólica de la mayoría de los antioxidantes grado alimentario los lleva a formar radicales libres de baja energía a través de híbridos de resonancia. Es importante conocer lo anterior para tomar en cuenta aspectos importantes para la utilización de antioxidantes, tales como (Smith, 1991):

- Los antioxidantes no son secuestradores de oxígeno.
- Deben ser añadidos a los productos alimenticios lo más pronto posible dentro del proceso para obtener un máximo beneficio.
- Los antioxidantes no pueden recuperar la calidad de un aceite o grasa oxidado

Entre los diferentes antioxidantes a utilizar, el BHA es una opción para su utilización en bebidas no alcohólicas. El BHA es una mezcla de dos isómeros, el 3-terbutil-4-hidroxianisol y el 2-terbutil-4-hidroxianisol, siendo mejor como oxidante el primero de ellos, por lo que el BHA comercial generalmente contiene al menos un 90% de éste isómero. El BHA se presenta comercialmente como un sólido blanco en forma de hojuelas que posee

alta solubilidad en grasas y aceites y es insoluble en agua además de ser un compuesto volátil. Por otra parte, dado que resiste los procesos térmicos (como el freído y el horneado), puede impartir estabilidad al producto terminado. A continuación se muestran las cantidades permitidas para la adición de BHA en diferentes productos alimenticios.

Tabla. 1.5.2.21. Límites de adición de BHA en diferentes alimentos según la Food and Drug Administration (FDA), USA.

Aplicación	Límite (% en peso)
Uso general	0.02
Bebidas y postres de mezclas secas	0.0002
Mezclas secas para bebidas y postres	0.009
Bebidas no alcohólicas	0.02
Margarina	0.02
Gránulos de papa	0.001

Tomado de Smith, Food Additive User's Handbook 1991..

Por último, la combinación del hidroxianisol butilado (BHA) con el sorbato de potasio empleado en la bebida incrementa la actividad antimicrobiana de este último, además de ofrecer la ventaja de la inhibición simultánea del crecimiento microbiano y el desarrollo de la rancidez (Smith, 1991).

1.5.2.3. Aditivos de sabor.

El gusto (sabor) es una combinación de sensaciones químicas percibidas por las papilas gustativas de la lengua. Cuatro son las sensaciones gustativas básicas: ácida, salina, dulce y amarga. La mayoría de las sustancias no tienen un sabor único, sino que producen una sensación compleja en la que participan más de una de las cuatro sensaciones básicas. El sabor ácido es debido únicamente a los iones hidrógeno: los ácidos, las sales ácidas y otras sustancias que liberan iones hidrógeno en contacto con el agua tienen sabor ácido. El sabor salado se debe a las sales solubles de bajo peso molecular. La mayoría de las sales de elevado peso molecular son más amargas que salinas. Los compuestos amargos requieren un grupo polar (electrofilico o nucleofílico) y un grupo hidrófobo. Las relaciones de estructura-actividad de los compuestos con sabor amargo no se han podido establecer firmemente. En las plantas existen gran número de sustancias amargas que se pueden clasificar principalmente como alcaloides y glicósidos (Wong, 1995).

Lo anterior es importante para establecer un sistema de sabor que permita su aceptación cuando se trabaja con productos obtenidos a partir de plantas, como es el caso del aislado proteico de ajonjolí.

Por sabor se entiende la sensación producida cuando se ingiere un alimento que se percibe principalmente por los sentidos del gusto y el olfato. En ciertos casos, el sabor también significa la suma de las características de la sustancia que produce la sensación. Durante el procesado se potencia el sabor de los alimentos, que resultan más apetecibles. El consumo de muchas sustancias alimenticias puede resultar poco atractivo si no se suplementan intencionadamente con sustancias saborizantes. El uso de éstos añade variedad a la dieta así como valor funcional y económico a los productos alimenticios. La aplicación de la tecnología del sabor depende principalmente de la identificación de los compuestos sensorialmente activos responsables del sabor natural. La mayoría de los compuestos saborizantes sintéticos son sustancias químicas que imitan los constituyentes clave del sabor de los productos naturales (Wong, 1995).

1.5.2.4. Hidrocoloides.

Los hidrocoloides son polímeros solubles en agua que pueden servir como estabilizantes en emulsiones alimentarias. Lo anterior puede lograrse por medio de tres mecanismos básicos (Friberg y Larson, 1997):

- Modificación de la viscosidad,
- Factores estéricos,
- Interacciones electrostáticas.

Pueden ser clasificados de acuerdo a su origen, método de aislamiento por el que fue obtenido, función, textura, termorreversibilidad, tiempo de gelificación, o carga. En la tabla 1.5.2.4.1. se muestran algunos hidrocoloides, así como sus características y su utilización.

Tabla 1.5.2.4.1. Diferentes tipos de hidrocoloides utilizados en la industria alimentaria.

HIDROCOLOIDE	FUNCIÓN	CARGA	VISCOSIDAD EN SOLUCIÓN	APLICACIONES
CMC	Agente estabilizante y gelificante	—	Alta	Helados, bebidas en polvo y jarabes
Goma xantana	Agente estabilizante y gelificante	—	Alta a menos de 100° C	Bebidas de frutas, queso crema y aderezos
Goma guar	Espesante	0	Alta en frío y baja en caliente	Helados, queso cottage
Carragenina	Agente estabilizante y gelificante	—	Baja	Helados, leche con chocolate

2.0. OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar un complemento alimenticio líquido utilizando proteínas aisladas del ajonjolí (Sesamum indicum)

2.1. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Caracterizar dos aislados proteicos: el aislado proteico de ajonjolí Sesaprot® (SP) que se encuentra en fase experimental y un producto experimental y un aislado de soya (Ardex F®), que es un producto comercial para comparar sus propiedades funcionales y nutrimentales.
- Establecer la formulación y las condiciones de proceso adecuadas para que el complemento alimenticio líquido posea las características nutrimentales, sensoriales y fisicoquímicas deseables para este tipo de productos.
- Evaluar el producto obtenido desde el punto de vista químico, fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

METODOLOGÍA

3.0. METODOLOGÍA.

De acuerdo con los objetivos propuestos anteriormente, las etapas del desarrollo del proyecto son las siguientes:

1. Caracterizar el aislado proteico de ajonjolí SESAPROT® y de un aislado comercial de soya ARDEXF®.
2. Elegir el producto alimenticio a elaborar.
3. Proponer una Formulación.
4. Establecer el proceso adecuado para la obtención del producto.
5. Llevar a cabo pruebas variando ingredientes (ver 3.4.2.), y realizar determinaciones físicas y sensoriales a los productos obtenidos para llegar a la formulación final del complemento alimenticio.
6. Caracterizar el producto obtenido por medio de la realización de los análisis proximal, microbiológico y fisicoquímico, así como su evaluación sensorial.

Estas etapas se encuentran explicadas en la figura 3.1. Por otro lado, la metodología empleada en cada etapa se presenta a continuación.

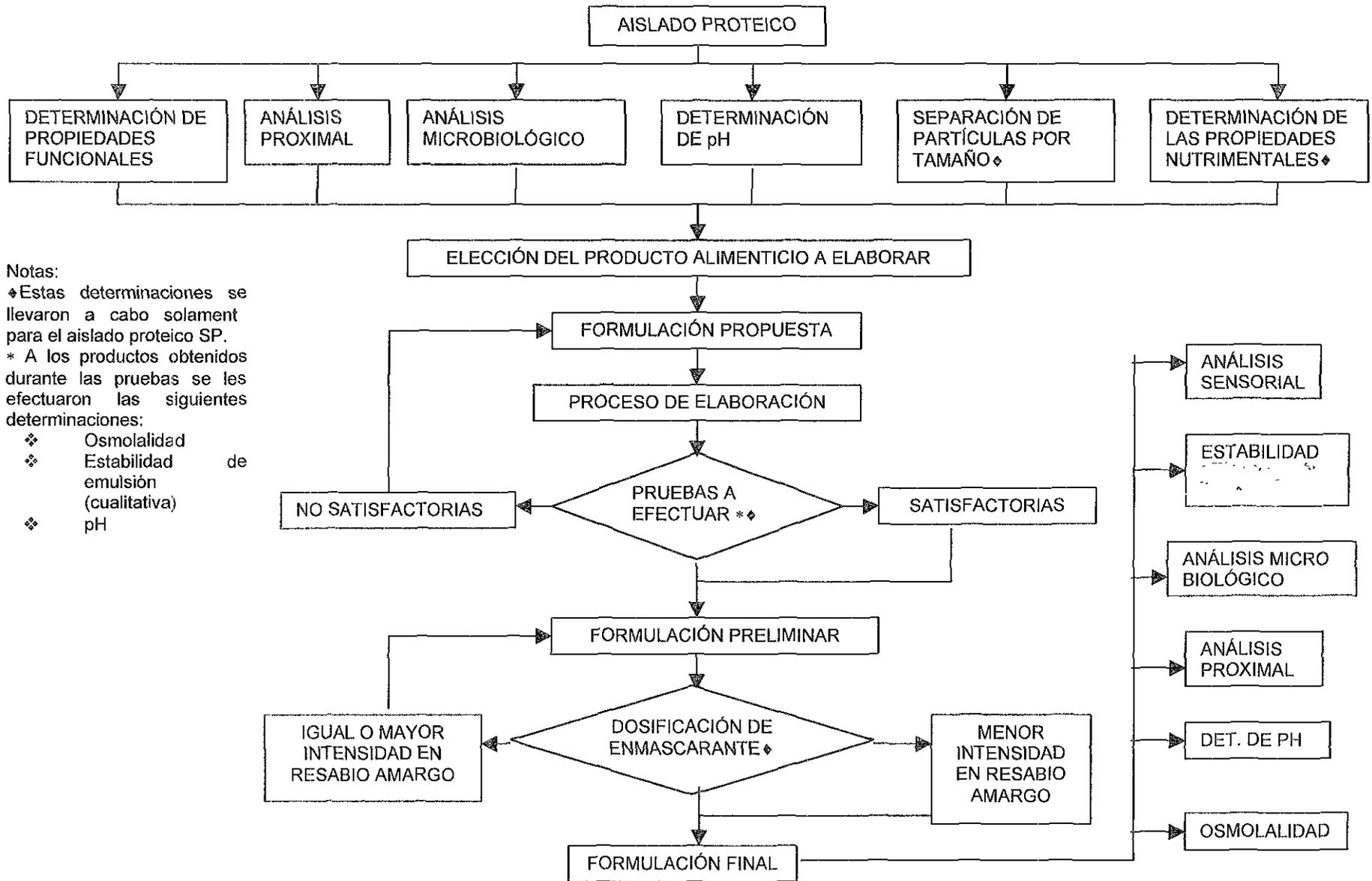
3.1.MUESTRAS ANALIZADAS.

Se utilizó el aislado proteico de ajonjolí SESAPROT® (SP), donación de la compañía Distribuidora de Productos Agrícolas S.A de C.V., localizada en Cortázar, Guanajuato. El aislado proteico SESAPROT® (SP) se encuentra en etapa de pruebas y ha mostrado propiedades funcionales interesantes. En el presente trabajo se pretende corroborar lo observado en cuanto a sus propiedades funcionales así como probar su aplicación en un sistema alimenticio

Se empleó un aislado proteico comercial de soya, que es un producto comercial para comparar con el aislado proteico de ajonjolí. El proveedor fue ADM PROTEIN SPECIALTIES. En México, su representante de ventas es la empresa DIMAT S.A. de C.V. Este aislado proteico de soya, Ardex F® (AF) posee baja viscosidad así como capacidad emulsificante y de estabilización de emulsiones. Se recomienda utilizarlo en salsas, alimentos para bebés, margarinas y confitería.

Ambos aislados se almacenaron en recipientes de 10Kg de capacidad, herméticos y no translúcidos, a fin de evitar reacciones de oxidación a una temperatura aproximada de 4°C durante el estudio.

Figura 3.1. Organigrama para la elaboración de un complemento alimenticio líquido utilizando un aislado proteico de ajonjolí (SP) y un aislado proteico de soya (AF) como control.



3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS AISLADOS PROTEICOS.

3.2.1. Determinación de pH

Se pesó la cantidad de aislado necesaria para preparar una solución al 10% (p/v) y se utilizó como solvente agua destilada con el pH ajustado a 7. Se agitó la suspensión durante 30 min con un agitador magnético y una placa agitadora marca Corning modelo PC-353, a temperatura ambiente y su valor de pH se registró con un potenciómetro Beckman Φ 50 (AOAC, 1984). La determinación se realizó por triplicado.

3.2.2. Análisis proximal

El análisis proximal del aislado proteico SP se llevó a cabo en los laboratorios AQL. El análisis proximal del aislado proteico AF se realizó en el laboratorio 312 del Conjunto E de la Facultad de Química. De acuerdo a los métodos establecidos por el AOAC (1988) se realizaron las determinaciones de humedad, cenizas, proteína, lípidos y fibra cruda.

3.2.3. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de los aislados se llevó a cabo siguiendo los métodos descritos en el Manual De Técnicas De Laboratorio De Microbiología De Alimentos (Wacher, 1996). de acuerdo con las normas mexicanas establecidas para ello y se tomó la muestra de forma aleatoria. Se tomaron las muestras de forma aleatoria.

Se prepararon los siguientes medios para cada grupo microbiano:

- Agar cuenta en placa (ACP) para los microorganismo mesófilos aerobios.
- Agar papa dextrosa (PDA) acidificado con ácido tartárico para hongos y levaduras
- Caldo lauril sulfato para la prueba presuntiva y caldo bilis-verde brillante para la prueba confirmativa de la presencia de microorganismos coliformes. Se ponen 9 mL de caldo en cada tubo

Posteriormente se procedió a la inoculación de estos medios con la muestra en un ambiente aséptico. En el caso de la determinación de mesófilos aerobios y de hongos y levaduras, de cada dilución se inoculan 0.1 mL de muestra en la superficie del agar y se extiende el inóculo utilizando una varilla de vidrio estéril. Esta prueba se realiza por triplicado.

La incubación de los medios inoculados se llevó a cabo en una incubadora de modelo E71 de Aparatos de Laboratorio B.G. a 37 ± 3 °C / 24 a 48 horas, para los coliformes y para los mesófilos aerobios, mientras que la incubación para hongos y levaduras se llevó a cabo en una incubadora Precision® 25 ± 3 °C/1 semana.

3.2.4. Distribución del tamaño de partícula del aislado proteico SP.

Se hicieron pasar 50 g de aislado a través de las siguientes mallas: 600 μ m, 450 μ m, 300 μ m, 250 μ m, 180 μ m, 150 μ m, 125 μ m, 106 μ m, 75 μ m, 63 μ m, 38 μ m. Las fracciones retenidas en cada tamiz se pesaron en una balanza Sartorius 1207 MP2 y se calculó el porcentaje de sólidos considerando como 100% los 50g de aislado iniciales.

3.2.5. Determinación de las propiedades funcionales

3.2.5.1. Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (WAC) (Quinn y Paton, 1979).

Se determinó la capacidad de absorción de agua al colocar 3g del aislado proteico en tubos de plástico cónicos Nalgene, con graduación mínima de 15 mL. Al primer tubo se le añadieron 4 mL, al segundo 5 mL y al tercero 6 mL de agua. Los tubos se centrifugaron a 1000 g. durante 10 minutos en una centrífuga clínica (Modelo Solbat C-300) y se registró el volumen total de agua agregada al tubo que presenta menisco de agua y el volumen total de agua agregada al tubo que no lo presenta. La capacidad de absorción de agua se expresó en mL de agua absorbida / g de muestra.

3.2.5.2. Determinación de la Capacidad de Absorción de aceite (FAC) (Sosulski y col. 1976).

Se determinó la capacidad de absorción de grasa al colocar 3g del aislado proteico en tubos de plástico cónicos Nalgene, con graduación mínima de 15 mL. Al primer tubo se le añadió 1 mL, al segundo 2 mL y al tercero 3 mL de aceite de maíz. Los tubos se centrifugaron a 1000 g durante 10 minutos en una centrífuga clínica (Modelo Solbat C-300) y se registró el volumen total de aceite agregado al tubo que presenta menisco de aceite y el volumen total de aceite agregado al tubo que no lo presenta. La capacidad de absorción de aceite se expresó en mL de aceite absorbido/g de muestra.

3.2.5.3. Solubilidad en función del pH (Popineau y col., 1988).

Se preparó una suspensión del aislado proteico con un nivel de proteína de 1% (p/v) en un volumen de 50 mL de agua destilada y se ajustó a diferentes valores de pH, desde 2 hasta 10, con HCl 1N (Merk) y NaOH 1N (Baker), con agitación continua con agitador magnético y una placa agitadora. El valor de pH se registró con un potenciómetro Beckman Φ 50. Se pusieron las suspensiones en una placa de agitación durante media hora para después volver a ajustar el pH en los casos en los que fue necesario. Se volvieron a poner las suspensiones en la placa de agitación durante media hora más; posteriormente se registró el valor de pH y se procedió a determinar la solubilidad de las proteínas en el sobrenadante por la técnica de Lowry –SDS modificada (Peterson, 1977) tras centrifugar la suspensión a 10,000 rpm /30 min. a 4°C en una centrífuga Beckman J2-MC.

3.2.5.4. Determinación del índice de actividad emulsificante (IAE) (Pearce y Kinsella, 1978).

Se prepararon suspensiones del aislado proteico de ajonjolí en que se varió la concentración de proteína desde 0.1% hasta 5% (p/v), a pH 4 y pH 7.

El índice de actividad emulsificante se determinó tras mezclar tres partes de la suspensión de aislado proteico con una parte de aceite. La emulsión se realizó con agitación mecánica intensa en un homogenizador Janke & Kunkel Ultraturrax T25 a 20500 rpm durante 2 min. La emulsión preparada se diluyó en una solución de SDS 0.1%-NaCl 0.1M pH7 y la turbidez de esta dilución se leyó a 500 nm en el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo LambdaBio.

El índice de actividad emulsificante se calculó de la siguiente manera:

$$IAE = 2T D/\Phi C \quad (\text{en m}^2/\text{g})$$

Donde:

T= turbidez 2.303 D.O/l

D.O= densidad óptica que se multiplica por el factor de dilución de la emulsión

l= longitud de la celda en m (0.01 m).

D= factor de dilución

Φ = fracción volumétrica de la fase apolar dispersa (en este caso, es de 0.25 debido a que la cantidad de aceite que se adiciona para la prueba representa una cuarta parte del total de la emulsión formada).

C= concentración de la solución de proteína, en (g/m³).

3.2.5.5. Determinación de la estabilidad de emulsión (Dagorn-Scaviner y col., 1987).

Se midió la resistencia de una emulsión a la coalescencia ante una fuerza centrífuga midiendo el volumen de la fase de aceite que se separa (V_s). Se prepararon emulsiones con diferentes concentraciones de proteína de la suspensión del aislado proteico en un rango de 0.1% a 5% de proteína en un pH de 4 y 7. Se mezclaron tres partes de una suspensión del aislado con una parte de aceite y se realizaron las emulsiones en un homogenizador a 20,500 r.p.m. durante 2 min. Las emulsiones se vaciaron a tubos cónicos graduados y se centrifugaron a 1000g durante 10 min.

La cuantificación se realizó con la siguiente fórmula:

$$RC = \frac{V_s}{V_i} \cdot 100$$

Donde:

RC= resistencia a la coalescencia (%)

V_s = fase de aceite separado (mL)

V_i = volumen inicial de aceite en la emulsión

3.2.5.6. Determinación de la capacidad de humectación.

Esta determinación se realizó de acuerdo al método de Balmaceda (1984). Se colocaron 80 mL de agua destilada en un vaso de precipitados de 100 ml conteniendo un agitador magnético. Se agregaron 2 gramos de aislado proteico después de pasarlo a través de un tamiz de malla 600 μ m, sin agitar el agua (polvo vs sólido). Inmediatamente se observa la conducta de la muestra en polvo sobre la superficie del agua. Después de media hora se agitó la muestra lo suficientemente rápido para formar un vortex y se mantuvo la agitación por un minuto.

Se califica el grado de humectabilidad de acuerdo a lo siguiente:

- Excelente. El polvo se humecta tan pronto como entra en contacto con el agua, aun sin agitar después de la media hora la muestra está completamente dispersa. Ejemplo: harina de soya Cargill.
- Buena. El polvo se humecta ligeramente al contacto con el agua, después de media hora la muestra está húmeda y el polvo se va hacia el fondo del recipiente. La agitación magnética dispersa la muestra.
- Regular. El polvo se humecta muy ligeramente al contacto con el agua, tiende a formar grumos que permanecen en la superficie, después de la media hora la muestra está todavía en la superficie, aunque algo de la muestra se dispersa. La

agitación ayuda a la dispersión pero al parar se observan todavía grumos. Ejemplo: caseína, Promine D y Soya Central.

- Pobre. El polvo no se humecta al contacto con el agua, se forman grumos. Después de media hora la solución esta ligeramente turbia pero la mayoría de la muestra permanece como grumos en la superficie. Al agitar la muestra no se dispersa y al parar la mayoría flota como grumos. Ejemplo: caseinato de sodio.

3.2.6. Determinación de las propiedades nutrimentales del aislado proteico de ajonjolí SP.

3.2.6.1. Análisis de aminoácidos del aislado proteico SP

El análisis de aminoácidos del aislado proteico SP del aislado proteico ultrafiltrado de ajonjolí se realizó por cromatografía en el Laboratorios Silliker, de Texas.

3.2.6.2. Cálculo del “score” (índice) químico para las proteínas del aislado proteico de ajonjolí SP.

Esta se realizó utilizando los resultados del análisis de aminoácidos del aislado proteico SP y comparando el mismo con la cantidad de cada uno de los aminoácidos esenciales de un patrón de referencia, de acuerdo con lo visto anteriormente (ver 1.2.2.) El patrón ideal de aminoácidos indispensables en proteínas para niños en edad preescolar se presenta en la tabla 1.2.3.2.

Se calculó el índice químico (I.Q.) de los a.a. esenciales como:

$$I.Q. = \frac{\text{mg aminoácido /g de proteína a prueba}}{\text{mg del mismo aminoácido /g de proteína del patrón de referencia}} \times 100$$

3.2.6.2. Lisina disponible (Kakade y Liener,1969).

Este método está basado en el sugerido por Carpenter (1960), y mide la lisina que reacciona con el 1-fluorodinitrobenzenceno formando complejos con el grupo epsilon amino de la lisina.

Para la curva patrón se pesaron 0.02 g del reactivo DNP-lisina (Sigma) y se disolvieron en 10 mL de una solución de HCl 1.0 N valorada, esta solución presenta una concentración de 2 µg/mL y a partir de esta se realizan diluciones seriadas para construir la curva la cual va de 0 a 105 mg/mL. Estas diluciones se leyeron en un espectro Perkin Elmer Lambda Bio a una longitud de onda de 435 nm y las absorbancias obtenidas se interpolaron en la curva patrón.

3.2.6.3. Digestibilidad in vitro.

La digestibilidad de proteínas se determinó utilizando una técnica multienzimática de acuerdo con el método desarrollado por Hsu y col. (1977).

Se preparó una suspensión del aislado proteico con 6.25 mg de proteína por mL. En agua destilada. El pH se ajustó a 8 con HCL 0.1 N y/o Na OH 0.1 N. Se llevó a una temperatura de 37°C y con agitación continua se le agregaron 5 mL de una solución multienzimática (1.6 mg de tripsina, 3.1 mg de quimotripsina y 1.3 mg de peptidasa /mL de la marca Sigma). Inmediatamente se registró el descenso del pH cada minuto durante 10 min.

El valor de pH registrado a los 10 min. de reacción se sustituye en la siguiente ecuación y así se calcula la digestibilidad in vitro.

$$Y = 210.46 - 18.10X_1$$

Donde X_1 = al valor de pH a los 10 min.

3.3. ELECCIÓN DEL PRODUCTO A ELABORAR CON AMBOS AISLADOS PROTEICOS.

3.3.1. Productos a elegir.

El producto a elaborar se eligió entre tres productos propuestos con base en las características funcionales que presentaron el aislado proteico de ajonjolí S y el aislado de soya AF. Los productos propuestos fueron:

- Helado
- Yogurt
- Complemento alimenticio líquido.

Por otra parte se pretende ofrecer el aislado proteico de ajonjolí SP como una alternativa a otros aislados proteicos vegetales y a la utilización de leche, con lo cual se

puede disminuir el costo de los productos y ayudar a evitar los problemas de intolerancia a la lactosa, para obtener un sustituto de productos lácteos.

3.3.2. Estudio de mercado de los productos lácteos.

Como una herramienta para elegir entre estos tres productos a elaborar se llevó a cabo un estudio de mercado. Este se llevó a cabo en diferentes tiendas de autoservicio, tales como Wal-Mart, Carrefour, Comercial Mexicana, Sanborns y Farmacia El Fénix.

Se recabó información acerca de las marcas existentes de cada producto, los diferentes sabores existentes y las presentaciones en las que se comercializan, así como su precio.

3.3.3. Método de evaluación de proyectos.

Se utilizó un método de evaluación de proyectos intuitivo, muy rápido y sencillo (Burón y García, 1990), para elegir el producto a elaborar entre los proyectos propuestos (helado, yogurt y complemento alimenticio líquido). Este método se basa en asignar calificaciones en una serie de rubros que incluyen: la mercadotecnia (originalidad), el estado del mercado (competencia, demanda, dimensiones del mercado), el aspecto financiero (costos de materia prima, publicidad, comparación con otros productos en el mercado), así como el equipo a utilizar para la elaboración de cada producto. Para poder asignar las calificaciones se llevó a cabo un estudio de mercado (ver 3.3.2.). Se le asignó una calificación a cada rubro que puede ir desde +2 hasta -2, para al final sumar todas las calificaciones y obtener la calificación final para cada producto.

Finalmente, como resultado de esta evaluación se decidió elaborar el complemento alimenticio líquido (ver resultados en 4.2.)

3.4. FORMULACIÓN DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO.

3.4.1. Formulación propuesta para el complemento alimenticio líquido

Para determinar la cantidad a agregar de los ingredientes que aportan energía, se llevó a cabo la cuantificación teórica de las calorías aportadas por los nutrientes contenidos en cada ingrediente.

Los ingredientes del complemento que aportan energía en forma de carbohidratos, proteínas y grasas son los siguientes:

- Aislado proteico de ajonjolí
- Aceite de maíz
- Cocoa
- Azúcar
- Maltodextrina.

Dado que se conocía la composición proximal de cada uno de estos ingredientes, se tomó en cuenta la recomendación de nutrimentos para México (INNSZ, 1996) que establece una distribución energética en la dieta como sigue:

- Hidratos de carbono 60%-70% de la energía total,
- Lípidos 20%-25%
- Proteínas 10%-14%

En la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 se estipula que la porción de las bebidas no alcohólicas debe ser de 240 mL, por lo que la información nutrimental de la bebida se propone con base en esta ración.

En la tabla 3.4.1.1 se muestra la fórmula propuesta para la elaboración del complemento alimenticio líquido.

Tabla 3.4.1.1. Formulación propuesta para la elaboración de un complemento alimenticio líquido.

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
AISLADO PROTEICO	3.86
ACEITE DE MAÍZ	2.32
COCOA	1.5
AZÚCAR	5.0
MALTODEXTRINA	11.0
VAINILLINA	0.2
ESTABILIZANTE	---
SORBATO DE POTASIO	0.1
BHA	0.02
MEZCLA DE VITAMINAS Y MINERALES	0.01
AGUA	85.00

En el presente producto se utilizó sorbato de potasio como conservador, debido a que se esperaba que el pH de la bebida tuviera un valor cercano a la neutralidad ya que esto sucede con las bebidas tipo malteada (ver 4.4.4.) y el sorbato de potasio, como ya se mencionó (ver 1.5.2.1), presenta la ventaja de ser efectivo a valores de pH tan altos como 6.5, a diferencia de otros conservadores como el propionato y el benzoato. Además el

sorbato es altamente soluble en agua. Aunque la acción inhibitoria primaria del sorbato es contra hongos y levaduras, también puede inhibir el crecimiento de bacterias, tanto Gram positivas como Gram negativas, catalasa positivas y negativas, aeróbicas y anaeróbicas, y mesofílicas y psicrotrópicas, así como patógenas y no patógenas. También puede ayudar a la destrucción de esporas por calentamiento e inhibir la recuperación y crecimiento de los microorganismos dañados por el tratamiento térmico (Davidson y col. 1993). Tomando en consideración la composición y el sabor de la bebida, el tratamiento térmico (ver 3.5.7) y las buenas prácticas de manufactura durante su elaboración y por último, las condiciones de almacenamiento a que se verá sometida, se decide agregar un 0.1% de sorbato de potasio a la formulación. El antioxidante utilizado es el hidroxianisol butilado (BHA),

El sabor de la bebida elaborada es de chocolate, por lo que se decidió agregar cocoa y no un saborizante artificial sabor chocolate, ya que se prefiere utilizar el compuesto saborizante natural, aprovechando que éste mismo puede impartir el color típico de éstas bebidas al producto, con lo que se evita la necesidad de utilizar un colorante.

Además se utiliza vainilla en una pequeña cantidad (0.2%), para impartir olor y sabor agradables a la bebida, así como potenciar el sabor a chocolate (Park, 1977).

3.4.2. Pruebas a efectuar para obtener la formulación final.

Tomando como base la formulación propuesta (utilizando únicamente el aislado proteico de ajonjolí SP como fuente de proteína), así como el proceso de elaboración descrito en el apartado 3.5. se llevaron a cabo diferentes pruebas para conseguir que el producto obtenido cumpliera con las características ideales, con la finalidad de llegar a la formulación final del complemento alimenticio líquido.

Para lograr esto se llevó a cabo la determinación de pH, osmolaridad y estabilidad de los complementos alimenticios obtenidos en cada prueba. La metodología seguida para cada una de estas pruebas físicas se explican en los apartados 3.2.1., 3.4.2.4. y 3.4.2.5.

3.4.2.1. Determinación del tipo de maltodextrina a agregar.

En la formulación de esta bebida se decidió emplear maltodextrina como parte de la fuente de carbohidratos. Se llevaron a cabo pruebas para determinar el grado (tamaño de

la cadena de glucosas) de la maltodextrina que proporcionara la menor osmolalidad en la bebida. Se ensayaron desde Amidex 10, hasta Amidex 40 de la marca Arancia.

3.4.2.2. Determinación de la cantidad de azúcar y maltodextrina a utilizar.

Debido a que se detectó que la cantidad de azúcar agregada era insuficiente para proporcionar un sabor dulce agradable al producto y dado que la maltodextrina elegida proporciona al mismo una baja osmolalidad (ver 4.3.1.), se procedió a aumentar la cantidad a agregar de azúcar para obtener un sabor dulce agradable mientras que se disminuyó la cantidad de maltodextrina a agregar, para así mantener fija la cantidad de carbohidratos en la fórmula y no afectar su balance nutrimental. Al mismo tiempo, se procuró no aumentar la osmolalidad del producto a más de 500 mOsm/kg H₂O para evitar molestias (e.g. diarrea y náusea) que podrían presentarse si la osmolalidad del producto es muy alta.

Para elegir la cantidad de azúcar y maltodextrina a agregar en la formulación se llevaron a cabo las pruebas que se muestran en la tabla 3.4.2.2.1.

Tabla 3.4.2.2.1. Cantidades de maltodextrina y azúcar ensayadas para llegar a la formulación final del complemento alimenticio líquido.

MALTODEXTRINA (%)	AZÚCAR (%)
11.0	5.0
10.0	7.0
7.0	9.0

3.4.2.3. Determinación del tipo y cantidad de estabilizante a emplear.

Se probaron dos opciones para mejorar la estabilidad del producto ya que se presenta un problema de precipitación de la cocoa, muy frecuente en este tipo de bebidas, que causa un aspecto desagradable, ya que la emulsión con la cocoa precipitada tiene color amarillo claro, con un aspecto tipo "suero" y esto podría provocar en el consumidor la impresión de que el producto se encuentra en mal estado.

Tomando en cuenta lo anterior, para lograr que la bebida sea estable, es decir, que su aspecto sea homogéneo, y que éste no sufra modificaciones durante el período de almacenamiento, se decidió ensayar dos diferentes hidrocoloides a diferentes concentraciones:

- Carragenina λ (Genulacta k-100 de Química Hércules). Forma complejos estables con la proteína láctea, a través de interacciones electrostáticas entre los aniones sulfato y las numerosas cargas positivas localizadas en la superficie de las micelas de caseína. A concentraciones tan bajas como 0.01% a 0.04%, forman un gel débil, de comportamiento tixotrópico, propiedad de la que se hace uso para suspender el cacao, cuando se fabrican leches chocolatadas (Wong, 1995). Se ensayó una adición de 0.02 a 0.08%.
- Una mezcla comercial de gomas xantana y guar (*Stabilizer XC-8444* de AMCO). Debido al aumento en la viscosidad de la bebida, así como la interacción de ambas gomas, este estabilizante puede ser capaz de impedir la precipitación de la cocoa. Se ensayó una adición de de 0.01 a 0.07%.

3.4.2.4. Determinación de osmolalidad.

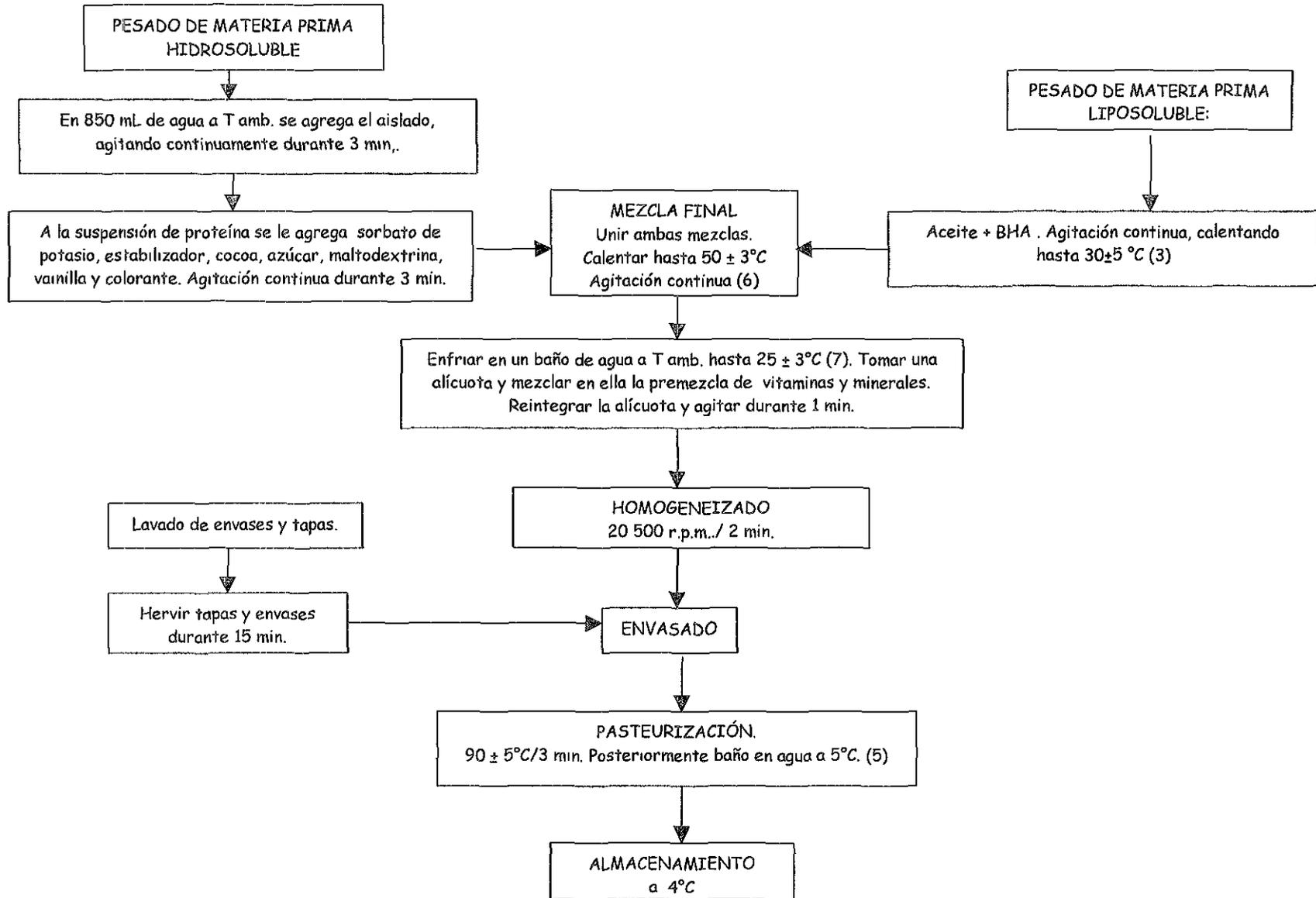
Se utilizó un osmómetro Osmette 2007 de Precision Systems Inc. La medición se basa en el abatimiento del punto de congelación de la solución debido a los solutos presentes en la misma. Es necesario calibrar previamente el equipo utilizando soluciones estándar similares a las esperadas para la muestra analizada (100 y 500 m Osm /Kg H₂O de Precision Systems Inc). La medición se realizó poniendo 2 mL de la bebida en cada tubo de la forma más exacta posible.

3.4.2.5. Determinación de estabilidad del complemento alimenticio líquido .

Esta determinación se llevó a cabo poniendo 50 mL del complemento alimenticio líquido en una probeta y guardando la misma en el refrigerador (a 40°C) procurando que no tuviera movimientos bruscos, y observando periódicamente la separación de la cocoa, la grasa y el suero del resto de la emulsión. En el caso de las bebidas embotelladas la observación se llevaba a cabo directamente en la botella almacenada en refrigeración.

Los resultados de esta determinación se reportaron como separación de agua (%), ya que no se observó separación de grasa ver (4.3.1.1.). El término, separación de agua, en este caso se refiere al volumen de agua (junto con la emulsión) que se separa de la cocoa precipitada en un volumen definido (50 mL) de la bebida en las condiciones arriba mencionadas. En la figura 3.4.2.5. se muestra la forma en que se cuantificó el volumen

Figura 3.5.1. Diagrama de flujo del proceso y condiciones de elaboración de un litro del complemento alimenticio líquido a nivel laboratorio.



3.5.1. Preparación de la mezcla

3.5.2. Mezcla de materiales hidrosolubles.

Para la fase acuosa este paso implica simplemente disolver las cantidades pesadas de los materiales hidrosolubles en el agua hasta obtener una solución. Se llevó a cabo lo siguiente:

- Se pesó el agua y el resto de los materiales por separado.
- Se procedió a la disolución de los materiales en el siguiente orden: aislado proteico, sorbato de potasio, estabilizador, cocoa, azúcar, maltodextrina, vainilla y colorante, agitando lentamente en un agitador magnético Corning modelo PC-353.

3.5.3. Mezcla de materiales liposolubles.

Los materiales liposolubles son: aceite de maíz, BHA.

- Se pesaron los materiales por separado.
- Se mezclaron y disolvieron a una temperatura aproximada de 30°C, agitando lentamente en agitador magnético Corning modelo PC-353.

3.5.4. Mezcla final.

Se unieron las mezclas liposoluble e hidrosoluble y se llevaron a una temperatura aproximada de 50°C. Se agitó constantemente para lograr una incorporación completa de las fases.

Posteriormente se dejó enfriar hasta aproximadamente a 25°C, se tomó una alícuota de la mezcla y se disolvió ahí la premezcla de vitaminas y minerales. Después se reincorporó la alícuota con vitaminas a la mezcla total. De esta forma se evitaron las reacciones de oxidación de los lípidos, que podrían haberse favorecido por la presencia de los metales de la premezcla de vitaminas y minerales y por la temperatura a la que se llevó la mezcla.

3.5.5. Homogenización de la mezcla para obtener la emulsión.

Este es el paso más importante del proceso. La homogenización se llevó a cabo durante 2 minutos a una velocidad de 20,500 rpm. en un homogenizador Janke & Kunkel Ultraturrax T25.

3.5.6. Envasado.

El envasado del complemento alimenticio líquido se llevó a cabo en envases de vidrio grueso de 250 mL de capacidad, los cuales fueron lavados y sometidos a ebullición en agua junto con sus tapas durante 15 minutos antes de utilizarse.

La temperatura del complemento alimenticio líquido al momento del envasado fue de poco menos de 30°C, con lo que se buscó evitar que el envase se rompiera o fracturara por shock térmico durante la pasteurización.

El espacio libre dentro de los envases llenos fue de menos del 6% de la capacidad del recipiente lleno hasta el borde, con lo que se evitó la creación de una presión excesiva durante el tratamiento térmico.

3.5.7. Pasteurización y almacenamiento.

Al complemento alimenticio líquido envasado se le aplicó un tratamiento térmico de 3 min. a 90°C, posteriormente se cerró herméticamente la tapa y se sumergió en agua a aprox. 30 °C, a fin de que se enfriaran y se produjera vacío en el interior del envase.

Por último, el producto debidamente envasado y a temperatura ambiente se almacenó en refrigeración a 4°C aprox.

3.6. CARACTERIZACIÓN DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO.

Se realizaron pruebas al complemento alimenticio líquido obtenido para comprobar que poseía las características esperadas desde el punto de vista químico, fisicoquímico, sensorial e higiénico, así como tener una idea de la vida útil del producto tomando en cuenta su apariencia y el crecimiento de microorganismos, lo que afecta su calidad sensorial e higiénica.

3.6.1. Análisis proximal

Aunque se estimó el contenido teórico de nutrimentos en la bebida tomando en cuenta la composición de los ingredientes que la integran, es importante efectuar el análisis proximal del producto para conocer su composición y así poder declarar el contenido nutrimental real de la bebida. Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones, de acuerdo a los métodos establecidos por el AOAC (1988):

Determinación de humedad, contenido de cenizas, azúcares totales por el método de fenol-sulfúrico, proteína cruda por el método de Kjeldahl, y grasa por el método de Gerber.

3.6.2. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se llevó a cabo tanto para determinar la calidad microbiológica del producto terminado como para tener una idea acerca del tiempo de vida de anaquel del producto. Se efectuó al producto terminado de la misma forma que a la materia prima, pero se modificaron las diluciones, que en este caso fueron: la bebida sin diluir (10^0), y las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} . Se decidió hacer menos diluciones porque se esperaba que el tratamiento térmico disminuyera la cuenta existente de microorganismos en el producto terminado.

3.6.3. Determinación de pH, osmolalidad y estabilidad del complemento alimenticio líquido.

La determinación de pH se llevó a cabo de la forma en que se encuentra descrita en el apartado 3.2.1. La determinación de osmolalidad se describe en el apartado 3.4.2.4. Por último, la determinación de la estabilidad del complemento alimenticio líquido se encuentra en el apartado 3.4.2.5.

3.6.4. Análisis sensorial.

Se decidió comparar los complementos alimenticios líquidos obtenidos a partir de la formulación final utilizando tanto el aislado SP como el AF por medio de una prueba de comparación por pares, a fin de establecer si existía diferencia significativa o no entre las

formulaciones que contienen diferentes aislados proteicos (soya y ajonjolí). Se trabajó con dos niveles de significancia, el 5% y el 1%. Las condiciones de prueba fueron las mismas que las descritas en el apartado 3.4.3.1.

En esta prueba, la probabilidad de escoger la respuesta correcta sólo por casualidad es del 50%, por lo que cada juez llevó a cabo tres repeticiones de la prueba para que el análisis tuviera validez estadística.

Por otro lado también se evaluaron los complementos alimenticios líquidos obtenidos utilizando el aislado SP y el aislado AF, así como un producto comercial (Complan) en cuanto a la aceptación y al nivel de agrado que causan. Para lo anterior se aplicó una prueba de aceptación y otra de nivel de agrado, utilizando para esta última una escala estructurada (ver apéndice 1).

La prueba de aceptación y nivel de agrado se realizó en las instalaciones de la Facultad de Química, contando con la participación de 80 jueces consumidores, en su mayoría estudiantes, que probaron las muestras de los complementos alimenticios en la misma cantidad y en vasos idénticos a los utilizados para las otras pruebas sensoriales debidamente rotulados con claves (ver 3.4.3.1). El área de preparación de muestras se encontraba aislada del área de prueba, para evitar interferencias en el estudio.

RESULTADOS

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AISLADO PROTEICO DE AJONJOLÍ SESAPROT® (SP) Y DEL AISLADO PROTEICO DE SOYA ARDEX F® (AF)

4.1.1. Determinación de pH.

En la tabla 4.1.1.1. se muestran los valores de pH obtenidos tanto para el aislado proteico de ajonjolí Sesaprot (SP) como para el aislado proteico de soya comercial ArdexF (AF) que se utiliza como referencia. Se observa que el pH del aislado SP es ligeramente mayor que el del aislado AF, lo que probablemente se debe al diferente proceso de extracción utilizado para la obtención de cada uno. Por otra parte, si a partir del proceso se obtuvo un aislado muy básico o ácido, fue necesario llevar a cabo una neutralización de los mismos para llegar a su pH actual y por lo tanto, las variaciones en cuanto a pH de los aislados son esperables.

Tabla 4.1.1.1. Valores de pH para los aislados proteicos de soya y ajonjolí.

Aislado proteico	pH
AF	6.76 ± 0.03
SP	7.03 ± 0.01

El valor de pH es promedio de tres determinaciones.

4.1.2. Análisis proximal

En la tabla 4.1.2.1. se muestra el resultado en base húmeda del análisis proximal efectuado a los aislados proteicos. Conocer la composición proximal del aislado, en particular el contenido en proteína del mismo fue fundamental para poder proponer la cantidad a utilizar en la formulación de la bebida. Por otro lado, también se observa que existen diferencias entre los datos de contenido proteico proporcionados por el fabricante del aislado AF y los obtenidos en el laboratorio para el mismo aislado, lo que es importante desde el punto de vista de que la definición de aislado proteico establece que el mismo debe contener alrededor de 90% de proteína para poder ser llamado así, requisito que no cumple el aislado AF, según lo encontrado en el laboratorio.

Tabla 4.1.2.1. Composición proximal de los aislados proteicos de ajonjolí y soya.

Componente	SP	AF	
	(%) ¹	(%) ²	(%) ³
Humedad	2.95	6.50	7.86±0.38
Proteína	90.20	90.0	79.36±1.64
Lípidos	0.38	1	5.0±0.00
Cenizas	3.87	5.0	2.98±0.1
Fibra Cruda	0.12	n.p.	n.d.
Carbohidratos Por Diferencia	2.48	n.p.	4.19
Carbohidratos Solubles Totales	0.00	n.p.	0.61
Total	100	102.5	100.00

- 1) Determinación realizada en AQL.
- 2) Datos proporcionados por el fabricante.
- 3) Determinación realizada en lab. UNAM.
- 4) n.p.= no proporcionado por el fabricante
- 5) n.d.= no determinada

4.1.3. Análisis microbiológico.

Se llevó a cabo el estudio para las muestras de aislado proteico de ajonjolí SP y para el aislado comercial de soya AF. Los resultados se resumen en la tabla 4.1.3.1. en la que se incluyen los límites permisibles para diferentes tipos de harina, según la NOM-147-SSA1-1996. Se tomó en cuenta la norma para estos productos porque puede proporcionar una idea acerca de los límites permisibles para los aislados proteicos, ya que no existe una norma mexicana para estos productos en nuestro país.

Se puede observar que ambos aislados proteicos se encuentran dentro de los límites permisibles para los tres grupos microbiológicos indicadores, por lo que puede afirmarse que la calidad microbiológica de ambos aislados es buena y pueden utilizarse para la elaboración de un producto alimenticio, aunque el aislado AF presenta mayor cantidad de hongos y levaduras que el SP e incluso rebasa los límites para casi todas las harinas, excepto por la de maíz, lo que pudiera deberse a las condiciones de almacenamiento en que se encontraba el aislado AF antes de su donación para el presente trabajo, las cuales posiblemente favorecieron la reproducción de estos microorganismos.

Tabla 4.1.3.1. Resultados del análisis microbiológico efectuado a los aislados AF y SP.

MUESTRA	Mesófilos aerobios (UFC/g de alim.)	Hongos y Levaduras (UFC/g de alim.)	Número más probable de Coliformes totales (NMPCT/g alimento)
SP	1000	200	< 30
AF	1000	600	< 30
HARINA DE MAÍZ	100.000	1000	100
HARINA DE ARROZ	100.000	100	200
HARINA DE TRIGO	50.000	300	150
HARINA DE CENTENO	100.000	200	100

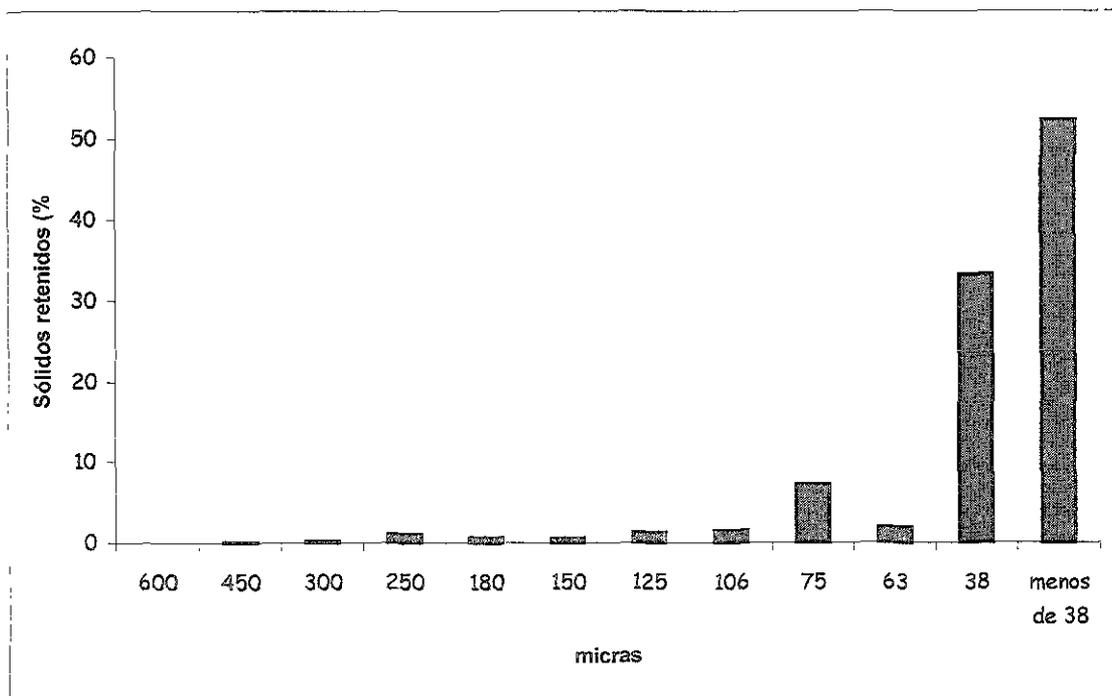
La cuantificación se llevó a cabo por triplicado para ambos aislados.

Se tomaron los métodos de la FDA Bacteriological Analytical Manual 8 th Edition 1995 y los métodos descritos en el Manual de Técnicas de laboratorio de Microbiología de Alimentos por Wachter R.C. 1996

4.1.4. Distribución del tamaño de partícula del aislado proteico SP.

Los resultados se muestran en la Fig.4.1.4.1. (ver Apéndice 2). Como se observa, el 87.5% de las partículas que conforman el aislado proteico tienen un tamaño menor de 75 μm (tamiz de malla 200), por lo que es conveniente hacer pasar el aislado a través del tamiz de malla 200, y elaborar el producto utilizando esta fracción del aislado. De esta forma se descarta el 12.5% del aislado proteico ya que por su tamaño, estas partículas podrían provocar una sensación arenosa en el producto a elaborar.

Gráfica 4.1.4.1. Distribución del tamaño de partícula del aislado SP.



La determinación se llevó a cabo por triplicado.

4.1.5. Determinación de las propiedades funcionales

Como ya se explicó anteriormente (ver apartado 1.2.1.), es importante conocer las propiedades funcionales del aislado para poder proponer su utilización en diferentes productos alimenticios.

En la tabla 4.1.5.1. se muestran los resultados de la determinación de las propiedades funcionales de los aislados SP y AF.

El aislado de AF supera al SP en cuanto a su capacidad de absorción de agua y aceite. Esto es lógico ya que, de acuerdo con el análisis proximal efectuado a los aislados, AF presenta casi el doble de contenido de carbohidratos que el SP y, según lo reportado por Quinn y Paton (1979), los aislados que presentan una alta capacidad de absorción de agua generalmente presentan una alta concentración de carbohidratos. Por otra parte, el aislado SP presenta buena humectabilidad mientras que, al contrario de lo que se esperaba, AF presenta mala humectabilidad. La diferencia en la humectabilidad de los aislados se debe a sus diferencias en cuanto a los aminoácidos que los constituyen. Esta característica es importante para la posible aplicación de un aislado, sobre todo en el caso de bebidas. En la determinación de la solubilidad, se observa que SP es más soluble que AF a pH ácido, aunque no sucede esto a pH neutro y básico. SP posee, en general mayor actividad emulsificante que el aislado AF, bajo condiciones ácidas y básicas. Por otro lado, es posible observar que a ambos valores de pH la estabilidad de la emulsión del aislado proteico SP aumenta conforme la concentración de proteína es mayor, hasta llegar a la concentración de 1%, en la que se alcanza el 100%.

La alta solubilidad a pH ácido del aislado proteico de ajonjolí SP hace factible su utilización en bebidas, en alimentos infantiles líquidos y en alimentos ácidos como los jugos o productos de frutas.

En general, los resultados de las pruebas de propiedades emulsificantes, muestran que el aislado proteico SP puede tener aplicación como agente emulsificante, sobre todo en emulsiones alimentarias cuyo pH sea cercano a la neutralidad, ya que en comparación con el aislado comercial de soya AF, ofrece una mayor estabilidad de la emulsión y posee un buen valor de índice de capacidad emulsificante. A pH=4, también puede utilizarse el aislado SP como agente emulsificante, sólo que se requeriría una mayor concentración del mismo para lograr resultados similares a los obtenidos a pH=7.

Tabla 4.1.5.1. Propiedades funcionales para el aislado de ajonjolí SP y el de soya AF. Cuadro comparativo

DETERMINACION	CALIFICACION	
	Ardex F	SP
Humectabilidad	Mala	Buena
Capacidad de Absorción de agua (mL H ₂ O/100 g prot.)	600	25-30
Capacidad de Absorción de aceite (mL aceite/100 g prot.)	130	55-60
Solubilidad vs pH (g prot. Sol./100 g prot.)		
PH 2	51.81	155-160
PH 4	18.21	230-235
PH 6	40.37	20-25
PH 8	64.56	30-35
PH 10	65.25	65-70
IAE (Indice de actividad emulsificante) a pH 4.0 (m ² /g prot.)		
Conc. proteina (%)		
0.1	15.06	410-415
0.5	2.85	410-415
1.0	2.36	270-275
5.0	1.52	375-380
IAE a pH 7.0(m ² /g prot.)		
Conc. proteina (%)		
0.1	53.29	135-140
0.5	30.92	120-125
1.0	26.54	110-115
5.0	7.88	130-135
Estabilidad emulsión (%) a pH 4.0		
Conc. proteina (%)		
0.1	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0
1.0	0.0	85-90
5.0	89.14	10-15
Estabilidad emulsión (%) a pH 7.0		
Conc. proteina (%)		
0.1	72.78	120-125
0.5	100	95-100
1.0	100	100
5.0	100	100

Para AF se presentan los resultados de las pruebas en las unidades pertinentes para cada una, mientras que para SP se presentan los resultados en forma de un rango de porcentaje con respecto a los resultados de AF, tomando estos como un 100%. Así, para AF se observa una capacidad de absorción de agua de 600 mL/100g de aislado, mientras que SP posee sólo del 25 al 30% de esta capacidad.

4.1.6. Determinación de propiedades nutrimentales del aislado proteico de ajonjolí SP.

4.1.6.1. Análisis de aminoácidos e índice químico.

En la tabla. 4.1.6.1. se muestran los resultados del análisis de aminoácidos del aislado proteico de ajonjolí SP. En la misma se muestra también el perfil de aminoácidos del ajonjolí entero proporcionado por la FAO. Se observa que, en general, el contenido de aminoácidos es similar para el ajonjolí entero y para el aislado proteico SP, aunque en algunos casos éste es menor en el caso del aislado. Lo anterior puede deberse a que no se extrajo toda la proteína contenida en el grano de ajonjolí mediante el proceso utilizado para la obtención del aislado SP.

Tabla. 4.1.6.1.1. Resultados del análisis de aminoácidos del aislado proteico de ajonjolí SP y perfil de aminoácidos del ajonjolí entero (FAO)

AMINOÁCIDO (mg aa/ g proteína)	AJONJOLI FAO *	SP**
Ac. Aspartico	96.9	91.3
Ac. Glutámico	229.2	202.7
Alanina	53.3	34.5
Arginina	142.9	120.0
Cistina	21.3	14.5
Fenilalanina	52.3	52.3
Glicina	57.6	56.3
Histidina	28.9	23.5
Isoleucina	42.7	29.8
Leucina	79.2	62.6
Lisina	32.3	20.0
Metionina	33.3	30.7
Prolina	43.6	71.8
Serina	54.9	69.0
Tirosina	36.8	28.8
Treonina	42.1	21.6
Triptofano	---	28.1
Valina	54.0	39.3
Metionina+cistina	54.6	45.2
Fenilalanina+tirosina	89.2	81.1

*Datos obtenidos de la FAO.

**Resultados del análisis de aminoácidos llevado a cabo en el Laboratorio Silliker de Texas

A continuación se muestra la tabla 4.1.6.1.2., en la que se observa el contenido de aminoácidos esenciales del aislado proteico SP, comparándolo con los patrones sugeridos de requerimiento de aminoácidos (FAO/WHO/ONU, 1985). Los aminoácidos

limitantes del aislado proteico SP son la lisina (primario), la leucina y la treonina (secundarios).

Tabla. 4.1.6.1.2. Comparación de los patrones sugeridos de requerimiento de aminoácidos (FAO/WHO/ONU) con la composición del aislado proteico de ajonjolí SP.

AMINOACIDO (mgaa/ g proteína)	PATRON SUGERIDO (FAO/WHO/ONU)*			Aislado proteico de ajonjolí SP
	Niños preescolares ^a	Niños escolares	Adultos	
Histidina	(19)	(19)	16	23.5
Isoleucina	28	28	13	29.8
Leucina	66	44	19	62.6
Lisina	58	44	16	20.0
Metionina+cistina	25	22	17	45.2
Fenilalanina+tirosina	63	22	19	81.1
Treonina	34	28	9	21.6
Triptofano	11	9	50	28.1
Valina	35	25	13	39.3

*FAO/WHO/ONU (1985). Energy and Protein Requirements, Report of a Joint FAO/WHO/ONU . Expert Consultation. World Health Organization Technical Rep. Ser. 724, WHO, Geneva.

a= Requerimiento de a.a. dividido por el nivel seguro de proteína de referencia /kg. Para los adultos, el nivel seguro tomado fue de 0.75 g/kg, para niños (10-12 años) 0.99 g/kg, niños (2-5 años), 1.10g /kg (se eligió este rango debido a que coincide con el rango de edad de los sujetos de los que se derivaron los datos de a.a. . El patrón de requerimiento de a.a. de niños entre 1 y 2 años puede ser tomado como intermedio entre el de los infantes y los niños preescolares.

()= valores interpolados de las curvas de requerimiento vs. edad.

En la tabla 4.1.6.1.3. se muestra el índice químico para el aislado proteico SP, tomando en cuenta los aminoácidos limitantes del mismo y los patrones sugeridos de requerimiento de aminoácidos (FAO/WHO/ONU, 1985). Se observa que el aislado SP de hecho rebasa los requerimientos para adultos, aunque para niños escolares no cubre por completo los requerimientos de Lisina y Treonina y para niños preescolares cubre casi la totalidad del requerimiento de Leucina, aunque no el de Lisina y Treonina. De acuerdo con lo anterior, el aislado proteico SP es capaz de cubrir el requerimiento (según el patrón de la FAO) de una persona adulta cuando se utiliza como única fuente de proteína en un alimento. Sin embargo, bajo esta misma condición el aislado proteico SP no cubriría las necesidades para niños preescolares ni para niños escolares.

Tabla. 4.1.6.1.3. Índice químico para el aislado proteico de ajonjolí SP.

AMINOACIDOS	INDICE QUIMICO (%)		
	Niños preescolares	Niños escolares	Adultos
Lisina	34.50	45.45	125.00
Leucina	94.85	100.00	329.00
Treonina	63.52	77.14	240.00

En la tabla 4.1.6.1.4. se compara el contenido de aminoácidos esenciales y el índice químico para diversas fuentes proteicas de origen animal y vegetal. Se observa que el índice químico del aislado SP es menor en comparación con las otras fuentes de proteína.

Debido a todo lo anterior, la utilización del aislado proteico SP en alimentos como única fuente de proteína puede recomendarse cuando estos productos se encuentren dirigidos principalmente a adultos. Sin embargo, para su utilización en productos para niños sería necesario añadir otra fuente de proteína con alto contenido de lisina, o bien agregar al producto alimenticio la cantidad necesaria de lisina (grado alimenticio), de forma tal que el requerimiento de aminoácidos de este segmento de la población se cubra debidamente.

Tabla. 4.1.6.1.4. Contenido de aminoácidos esenciales y valor nutrimental del aislado proteico de ajonjolí SP y diferentes fuentes de proteína.

AMINOÁCIDO (mgaa/ g proteína)	Aislado proteico de ajonjolí SP	COMPOSICIÓN REPORTADA ^A					
		Huevo	Leche de vaca	Carne	Soya	Maíz	Chícharo
Histidina	23.5	22	27	34	30	27	26
Isoleucina	29.8	54	47	48	51	34	41
Leucina	62.6 ^b	86	95	81	82	127	70
Lisina	20.0 ^a	70	78	89	68	25 ^a	71
Metionina+cistina	45.2	57	33	40	33	41	24 ^b
Fenilalanina+tirosina	81.1	93	102	80	95	85	76
Treonina	21.6 ^b	47	44	46	41	32 ^b	36
Triptofano	28.1	17	14	12	14	6 ^b	9 ^b
Valina	39.3	66	64	50	52	45	41
Total de a.a. esenciales	351.2	512	504	480	466	422	349
Índice químico (%) ^B	34.5	100	100	100	100	43	82

A = Tomado de Fennema (1996). Food Chemistry. 3^{ra} edición. Ed. Dekker, Inc.

B = Índice químico definido como el cociente de la cantidad (mg) del a.a. esencial limitante en un gramo de la proteína a prueba y la cantidad del mismo a.a. en el patrón sugerido (FAO/WHO/ONU) para niños en edad preescolar.

a= a.a. limitante primario.

b= a.a. limitante secundario.

4.1.6.2. Determinación de la Lisina disponible .

Se obtuvo el siguiente resultado de la determinación de lisina disponible como resultado de tres determinaciones:

- Gramos de lisina disponible por 100 g de proteína= 2.78 ± 0.36
- 2.00 g de lisina/100 g de proteína (del análisis de aminoácidos de SP)= 100%
- Por lo tanto, 100% de la lisina está disponible.

Puede observarse que el resultado obtenido no es coherente ya que no puede estar disponible más del 100% de la lisina presente en la muestra. Sin embargo, esta sobreestimación puede deberse al hecho de que por medio de esta técnica también puede detectarse la arginina presente en la muestra. A pesar de esto puede decirse que el resultado obtenido es bueno, ya que si este hubiese sido muy bajo, aún considerando la sobreestimación inherente a la técnica utilizada podría decirse que la disponibilidad de la lisina sería muy baja o nula, mientras que con el resultado obtenido se puede decir que no es así.

4.1.6.3. Determinación de la Digestibilidad *in vitro*.

El resultado de la determinación de digestibilidad *in vitro* del aislado proteico se muestra en la tabla 4.1.6.3.1. en la que se compara con la digestibilidad de varias proteínas de origen animal y vegetal. Se observa que en general, las proteínas de origen animal tienen mayor digestibilidad que las de origen vegetal, excepto en el caso del cacahuate, el gluten de trigo y los aislados proteicos de soya y ajonjolí. El aislado proteico de ajonjolí SP posee una digestibilidad mayor a la de la proteína de los cereales y similar a la de la proteína de pescado, de cacahuate y del aislado proteico de soya.

La digestibilidad *in vitro* del aislado proteico SP es de 94.5%, lo que indica que al utilizar este aislado en un alimento, puede decirse que al consumir este producto una persona va a poder digerir prácticamente toda la proteína contenida en el mismo, lo que facilita la absorción de los aminoácidos y su aprovechamiento en el organismo. Aunque la determinación de la digestibilidad *in vitro* de una proteína se considera confiable y con un alto grado de correlación con las pruebas biológicas, sería recomendable efectuar estas últimas al aislado proteico SP para poder ofrecer mas información, así como para poder asegurar que puede ser utilizado para producir alimentos con buena calidad nutricional, como una alternativa a los aislados proteicos ya existentes en el mercado.

Tabla 4.1.6.3.1. Digestibilidad del aislado proteico SP y proteínas de origen animal y vegetal

FUENTE DE PROTEÍNA	DIGESTIBILIDAD (%)
Aislado proteico SP**	94.53 ± 0.13
Huevo*	97
Pescado*	94
Maiz*	85
Arroz	75
Trigo entero*	86
Gluten de trigo*	99
Avena *	86
Aislado proteico de soya*	95
Frijol*	78

*Tomado de Fennema (1996). Food Chemistry. 3rd edition. Ed. Dekker, Inc.

** Resultado de tres determinaciones.

4.2. ELECCIÓN DEL PRODUCTO A ELABORAR UTILIZANDO AMBOS AISLADOS PROTEICOS.

4.2.1. Estudio de mercado.

En la tabla 4.2.1. se muestra un estudio de mercado que sirvió como herramienta para la evaluación de proyectos llevada a cabo para elegir el producto a elaborar durante el presente trabajo.

Puede observarse que la cantidad de marcas, nombres y sabores de helados y yogurt es mayor en comparación a lo existente en complementos alimenticios, lo que indica que elaborar helado o yogurt sería poco original, además de que la competencia sería mucho mayor que si se elabora el complemento alimenticio líquido.

Por otro lado, es importante resaltar que las marcas más conocidas como Nestlé o Danone utilizan cereales de marcas muy conocidas en algunas de sus presentaciones (tales como Maizoro, Nestlé y Kellog's), además de envases vistosos, sabores poco convencionales y productos que cubren necesidades específicas de algunos segmentos de la población, con lo que se incrementa la dificultad en cuanto a competencia con estos productos.

Otro punto importante a considerar es el precio de los productos, ya que un complemento alimenticio tipo Ensure tiene un precio mayor en el mercado que los helados y los yogurts, que no son productos "especializados" lo que permitiría obtener mayores utilidades.

El helado y el yogurt pueden ser considerados como golosinas desde el punto de vista de que los consumidores habitualmente adquieren este tipo de productos

	Danone (250 g)	Bebibe:			
		Normal (3)	5.00	Plástico, con tapa metalizada,	
		Licuada(5)+ cereal	6.20	fotografías, colores suaves	
		Dan up(3) Vitalinea	5.20		
		Natural Batido.	6.30		
		Frutales (5)			
		Vitaline (2)		Plástico, con tapa metalizada,	
		Danfrut (2)	3.80	fotografías, colores suaves	
			4.25		
			4.60		
		Danonino fortificado (4)	5.50	Plástico transparente, con tapa	
				metalizada, fotografías, colores suaves	
			4.30	Plástico, con tapa metalizada,	
				fotografías, colores llamativos y	
				fosforescentes.	
	Quadritos (1 Kg)	Bebibe:			
		Fresa, Durazno, Piña, Piña Coco, Manzana, Mango	15.30	Plástico transparente con tapa de plástico, colores suaves.	
	Aguascalientes (250 g)	Bebibe:			
		Piña-Coco, Fresa	4.00	Plástico transparente con tapa de plástico, colores suaves.	
	Yoplait (250 g)	Bebibe:			
		Licuada(3)	6.00	Plástico con tapa metalizada,	
		Yop(4)	5.00	fotografías, colores suaves.	
		Yopsi (1kg) (5)	19.30	Tetrapack, fotografías.	
		Batido.			
		Normal (4)	4.00	Plástico con tapa metalizada,	
		Frutas+ cereal (5)	4.50	fotografías, colores suaves.	
		Safan (2)	3.50		
		Yopli, petit suisse fortificado (2)	4.30	Plástico, con tapa metalizada, fotografías y dibujos colores llamativos y fosforescentes.	
	Nestlé	Bebibe:			
Club, (5), Light		6.10	Plástico, con tapa metalizada, colores suaves.		
Chiquitin(3) Fortificado.		5.10	Plástico de colores Fosforescentes, con tapa de plástico.		
Licuada(5) + cereal		6.60	Plástico, con tapa metalizada, colores suaves.		
Batido.					
Normal (6)			Plástico con tapa metalizada, colores suaves.		
Light		4.50			
Con zucosos, trix o nesquik		5.50 5.70			
Chiquitin, petit suisse fortificado (3)	4.70	Plástico de colores Fosforescentes, con tapa de metalizada.			
COMPLEMENTO ALIMENTICIO LIQUIDO	Ross	Ensure (5)	32.65	Enlatados, o envase de plástico con tapa metálica, fotografías, colores suaves.	
		236mL, 250 kcal			
		Ensure plus (3)	32.65	Enlatado, fotografías, colores suaves.	
		236mL/355kcal.		Enlatado. Dibujos, colores fuertes.	
		Pediasure (3)	31.80	Enlatado, fotografías, colores suaves.	
236mL, 236 kcal					
Pulmocare (1)	37.30				
236mL, 355 Kcal					
COMPLEMENTO ALIMENTICIO LIQUIDO	Mead Johnson	Sustacal		Enlatado, fotografías, colores suaves.	
		237 mL, 240 kcal.			
		Isomil		Enlatado. Colores pastel, dibujos de osos de peluche.	
		236 mL, 180 kcal			

Tabla 4.2.2. Evaluación de proyectos según el método de Harris para elegir el producto a elaborar. Según la calificación total obtenida, el producto a elaborar es el complemento alimenticio líquido.

PRODUCTO	MERCADO			MERCADOTECNIA		FINANCIERO		TECNOLOGÍA		TOTAL
	Competencia	Demanda	Dimensiones del MKD	Originalidad	Costos de materia prima	Costos de publicidad	Comparación con prod. en el MKD	Equipo		
Helado	-2	2	2	-2	1	-2	-1	2	0	
Yogurt	-2	2	2	-2	1	-2	0	2	1	
Complemento alimenticio líquido	-1	1	1	-1	-1	1	2	2	5	

Tabla 4.2.3. Calificaciones asignadas para cada parámetro evaluado en la evaluación de proyectos.

CALIFICACIONES	+2	+1	-1	-2
Competencia	Prácticamente no hay	Poca	Moderadamente	Mucha
Demanda	Grande	mediana	Poca	no hay demanda
Dimensiones del MKD	Amplio rango de clientes	Mediano rango de clientes	Pocos clientes	no hay clientes
Originalidad	Patente	Seguro	Mediano riesgo	Fácil copia
Costos de materia prima	Poco costoso	Medianamente costoso	Costoso	Muy costoso
Costos de publicidad	Poco costoso	Medianamente costoso	Costoso	Muy costoso
Comparación con productos en el MKD	Barato	Igual valor	Más caro	Mucho más caro
Equipo	Muy disponible	Disponible	Baja disponibilidad	No disponible

4.3. FORMULACIÓN DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO.

4.3.1. Pruebas a efectuar para obtener la formulación final.

4.3.1.1. Determinación del tipo de maltodextrina a agregar.

En la tabla 4.3.1.1.1. se muestran los resultados de las pruebas para determinar el tipo de maltodextrina a utilizar en la formulación del complemento alimenticio líquido.

Tabla 4.3.1.1.1. Maltodextrinas a utilizar en la elaboración del complemento alimenticio líquido.

MALTODEXTRINA	PH	OSMOLALIDAD (mOsm/Kg H ₂ O)	ESTABILIDAD DEL COMPLEMENTO ALIM. LÍQUIDO (% sep. del agua)
A10	6.4817±0.021	420.583±13.800	61.50±1.00
A20	6.345 ± 0.145	567.465 ± 11.465	52.00±0.00
A30	6.170 ± 0.010	558.830 ± 2.501	58.50±4.43
A40	6.225 ±0.025	632.665 ± 0.005	61.50±1.50

El valor de pH es promedio de 6 determinaciones, el de osmolalidad es promedio de doce determinaciones y el de estabilidad de emulsión es promedio de cuatro determinaciones.

Se observa que la osmolalidad de la bebida es menor al utilizar A10, y que aumenta conforme se utilizan las otras maltodextrinas hasta llegar a un valor considerablemente mayor al recomendado (500 mOsm/Kg H₂O) al utilizar el A40. Lo anterior es lógico, ya que conforme aumenta el grado de hidrólisis de la maltodextrina, disminuye el tamaño de las cadenas de glucosa que la constituyen, lo que provoca que la osmolalidad del producto elaborado se incremente hasta rebasar el límite deseable.

Por otro lado, no se observa separación de aceite de la emulsión, sin embargo sí se presenta el problema de la precipitación de la cocoa, muy frecuente en este tipo de bebidas, lo que causa que el aspecto de la bebida sea desagradable debido a que la emulsión sin la cocoa tiene color amarillo claro, lo que confiere al producto mal aspecto. La utilización de la A10 contribuye a solucionar este problema, aunque no totalmente, debido a que las cadenas largas de glucosa pueden elevar la viscosidad de la bebida con lo que se disminuye la separación de la cocoa del resto de la emulsión.

El pH de los productos obtenidos es cercano a la neutralidad, lo que es deseable en un producto tipo malteada como el complemento alimenticio líquido. Lo anterior se debe a que los ingredientes que se utilizan en la elaboración de los mismos no poseen un pH ácido al disolverse en agua (como es el caso del aislado proteico SP) y a que durante el proceso no se modifica el pH. El hecho de que la bebida tenga un pH casi neutro es

importante para mantener la capacidad de emulsificación del aislado SP, que es buena bajo estas condiciones, mientras que a pH bajo no sucede lo mismo (ver 4.1.5).

Debido a lo anterior se eligió la maltodextrina A10 (Amidex 10), para utilizarla en el complemento alimenticio, ya que presenta la ventaja de que, debido a la baja osmolalidad que posee el producto resultante es posible aumentar la cantidad de azúcar en el mismo para obtener un producto más dulce, lo que no sería posible utilizando cualquiera de las otras maltodextrinas.

4.3.1.2. Determinación de la cantidad de azúcar y maltodextrina.

Se procedió a determinar la cantidad a agregar de azúcar y maltodextrina a utilizar en la fórmula. En la tabla 4.3.1.2.1., se muestran los resultados de estas pruebas.

Tabla 4.3.1.2.1. Resultados de las pruebas para determinar la cantidad de azúcar y maltodextrina a agregar al complemento alimenticio líquido.

MALTODEXTRINA (%)	AZÚCAR (%)	pH	OSMOLALIDAD (mOsm /Kg H ₂ O)
11.0	5.0	6.3619±0.012	426.8851±3.579
10.0	7.0	6.3291±0.208	450.9113±2.320
7.0	9.0	6.2751±0.157	485.750±6.377

El valor de pH es promedio de 2 determinaciones, el de osmolaridad es promedio de tres determinaciones.

Se tomó la decisión de utilizar 9% de azúcar y 7% de maltodextrina, ya que la osmolalidad no rebasa el valor recomendado para este tipo de productos. No es recomendable utilizar una cantidad mayor de azúcar en la fórmula ya que esto elevaría la osmolalidad más de lo recomendable.

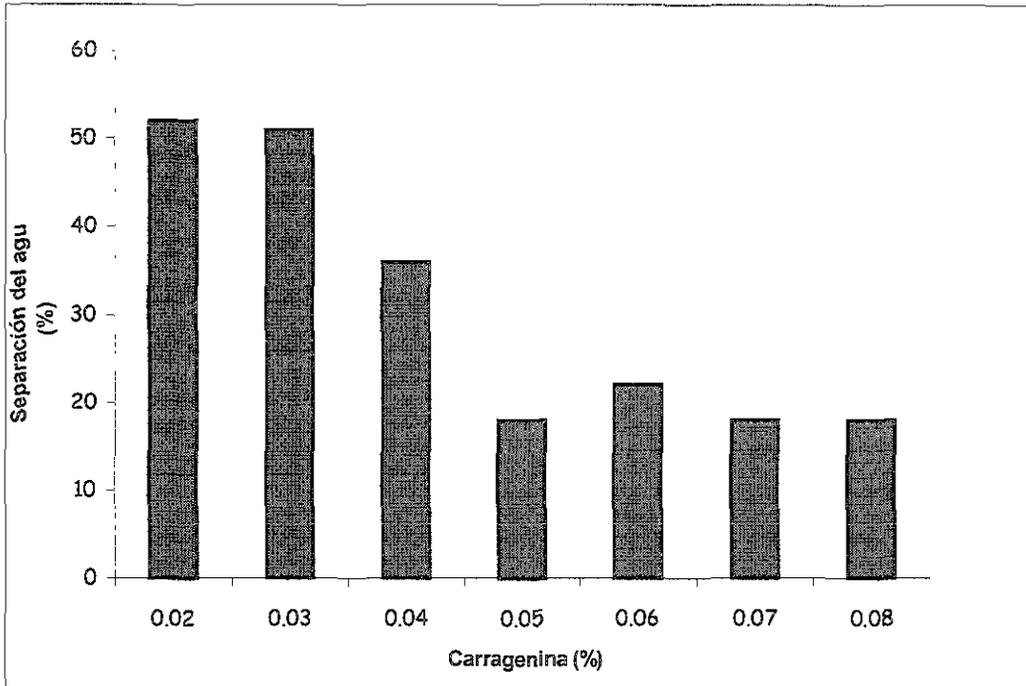
4.3.1.3. Elección del estabilizante.

4.3.1.3.1. Carragenina.

En la gráfica 4.3.1.3.1.1. (para detalles ver apéndice 3) se muestra el efecto de la carragenina sobre la estabilidad del complemento alimenticio líquido, representada por el porcentaje de separación de la emulsión. En la misma se aprecia que conforme aumenta la concentración de carragenina en la bebida la separación del agua disminuye, aunque a partir del 0.5% (que ya en sí es una concentración mayor a la recomendada) la

separación del agua ya no disminuye sino que permanece casi estable en un 18%, por lo que se concluyó que la carragenina no es útil para eliminar este defecto de la bebida.

Gráfica 4.3.1.3.1.1. Efecto de la carragenina sobre la estabilidad del complemento alimenticio líquido.



La determinación cualitativa de la estabilidad del complemento alimenticio líquido se llevó a cabo por cuatuplicado.

El pH y la osmolalidad del producto obtenido se mantiene en los valores observados en la tabla 4.3.1.2.1. lo que concuerda con lo esperado, ya que la carragenina, no afecta en forma importante a ninguno de estos dos parámetros debido a su tamaño y composición.

4.3.1.3.2. Mezcla de gomas xantana y guar (*Stabilizer XC-8444*).

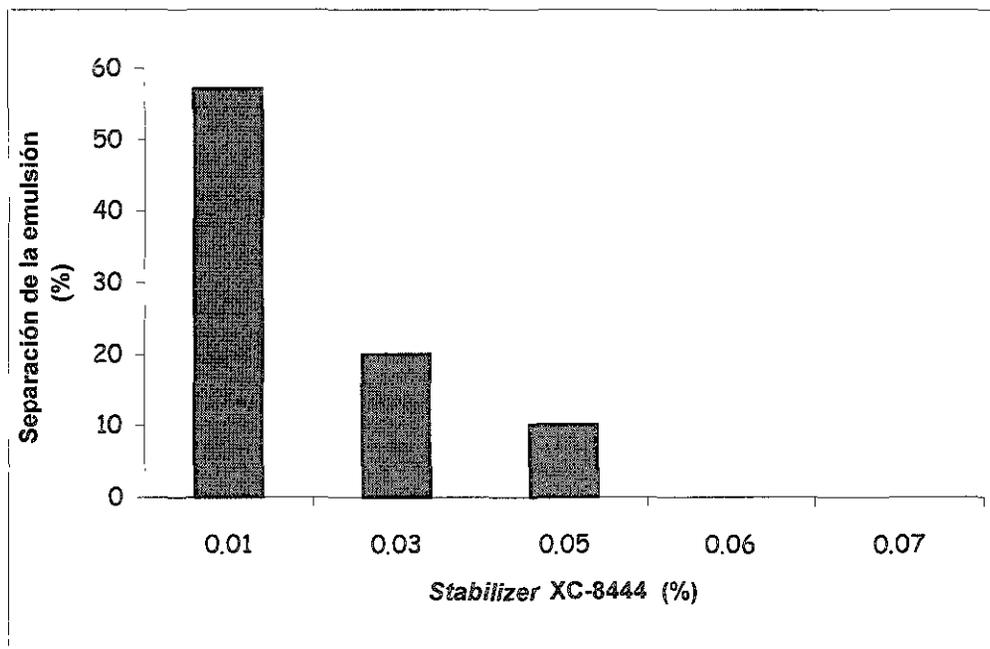
Los resultados de esta prueba se muestran en la gráfica 4.3.1.3.2.1, (para detalles ver apéndice 3) mientras que en la tabla 4.3.1.3.2.1. se muestran las observaciones llevadas a cabo a los productos obtenidos en la prueba.

Se observa que el porcentaje de separación del agua disminuye conforme aumenta la cantidad de *Stabilizer XC-8444* en la bebida, hasta llegar a un valor de 0.0% (lo que indica que la bebida ya no se separa) con un 0.06% de *Stabilizer XC-8444* aunque presenta una apariencia agrietada y granulosa. Finalmente, al agregar el 0.07% de

Stabilizer XC-8444, estos defectos se corrigen ya que la emulsión tiene una apariencia tersa y homogénea.

Debido a que pueden existir variaciones en la materia prima, (como la maltodextrina y la cocoa) y considerando el tratamiento térmico, el cual podría provocar que el complemento alimenticio líquido pierda estabilidad se utilizará un 10% más de la cantidad determinada (0.07%), por lo que para la formulación final del complemento alimenticio líquido se adicionará el 0.08% de *Stabilizer XC-8444*.

Gráfica 4.3.1.3.2.1. Efecto del *Stabilizer XC-8444* sobre la estabilidad del complemento alimenticio líquido.



La determinación cualitativa de la estabilidad del complemento alimenticio líquido se llevó a cabo por cuatuplicado.

Tabla. 4.3.1.3.2.1. Observaciones a los productos obtenidos en la prueba llevada a cabo para determinar la cantidad de *Stabilizer XC-8444* a adicionar a la bebida para evitar la separación del agua de la misma.

STABILIZER XC-8444 (%)	OBSERVACIONES
0.01	No hay separación del aceite. Precipitación de la cocoa y separación del agua.
0.03	No hay separación del aceite. Precipitación de la cocoa y separación del agua.
0.05	No hay separación del aceite. Precipitación de la cocoa y separación del agua.
0.06	No hay separación del aceite. Apariencia agrietada y granulosa sin separación de agua.
0.07	No hay separación del aceite. Aspecto homogéneo y terso.

4.3.2. FORMULACIÓN PRELIMINAR.

En la tabla 4.3.2.1. se muestra la formulación preliminar a la que se llegó por medio de las pruebas anteriores, aunque cabe mencionar que falta considerar el análisis sensorial del producto y las posibles modificaciones que se deriven del mismo.

Tabla 4.3.2.1. Formulación preliminar del complemento alimenticio líquido.

INGREDIENTE	CANTIDAD (g/L)
AISLADO PROTEICO	38.6
ACEITE DE MAIZ	23.2
AZUCAR	90.0
MALTODEXTRINA	70.0
COCOA	15.0
EXT VAINILLA	2.0
ESTABILIZANTE	0.8
SORBATO DE POTASIO	1.0
BHA	0.2
MEZCLA DE VITAMINAS Y MINERALES	0.1
AGUA	850.00

El producto obtenido a partir de la formulación preliminar posee las siguientes características;

- El color del producto es color café suave y ligeramente rojizo.
- El aspecto del producto es homogéneo y terso.
- La osmolalidad del producto $485 \pm \text{mOsm /kg H}_2\text{O}$.
- El pH del mismo es de 6.2
- Al paladar presenta un sabor dulce, aunque también se aprecia un resabio amargo.

4.3.2.1. Análisis sensorial de la formulación preliminar.

A continuación se muestran los resultados del análisis sensorial (prueba de intervalos) aplicado al producto obtenido a partir de la fórmula preliminar, a fin de conocer la cantidad de veltol a adicionar para disminuir la intensidad del atributo amargo.

Las hipótesis del análisis sensorial fueron las siguientes:

H_0 = No existe diferencia significativa entre las muestras de complemento alimenticio líquido con 0, 40,80 y 120 p.p.m. de Veltol

H_a = Sí existe diferencia significativa entre las dos muestras de complemento alimenticio líquido con 0, 40,80 y 120 p.p.m. de Veltol

En la tabla 4.3.2.1.1. se muestran los resultados de la prueba de intervalos, en un cuadro de análisis de varianza mediante el cual se obtienen los valores de F calculados para poder compararlos con los valores de tablas a fin de establecer si existe o no diferencia significativa entre las muestras analizadas. Como puede observarse se debe rechazar H_0 , es decir, que existe diferencia significativa entre las muestras, con una probabilidad de error del 5%. Esto significa que del 100% de los jueces, el 5% fueron incapaces de percibir la diferencia entre las muestras con diferente contenido de Veltol, ya que podrían percibir todas ellas amargas por igual o bien no percibir el sabor amargo en ninguna. En cuanto a las opiniones de los jueces en las repeticiones, se encontró que no existe diferencia significativa entre ellas con una probabilidad de error del 1%, lo que indica que hay congruencia en sus juicios, es decir que al repetir la evaluación por triplicado sólo el 1% de los jueces variaron en sus juicios, por lo que puede pensarse que el grupo de jueces utilizado es confiable.

Tabla 4.3.2.1.1. Cuadro de análisis de varianza.

Fuente de la variación	gl	SC	CM	F
Muestras	3	24.17	8.0567	8.9129 (*)
Jueces	11	18.67	1.6973	1.8778 (n.s.)
Error	33	29.83	0.9039	
Total	47	72.67		

* =Existe diferencia significativa con un 5% de error.

n.s.= No existe diferencia significativa

En la tabla 4.3.2.1.2. se muestran las claves de las muestras, el contenido de Veltol y el valor de media para cada una de ellas. En cuanto a los valores de las medias, se observa que la bebida sin Veltol tiene un valor de amargura de 2.33, lo que corresponde a un sabor "ligeramente amargo", según la escala que se utilizó en el análisis (ver apéndice 1), sin embargo, al aumentar la cantidad de Veltol en la bebida, la intensidad de sabor amargo disminuye, tal como se esperaba, hasta llegar a un valor menor de la mitad del inicial.

Tabla 4.3.2.1.2. Se muestra la cantidad de Veltol agregada a cada muestra, así como el valor de media que obtuvo cada una de ellas durante el análisis.

Muestra	1	2	3	4
(Veltol)	(0 ppm)	(40 ppm)	(80 ppm)	(120)
Media	2.33	1.667	0.7508	0.5830

sea de la formulación, indica que la producción del complemento alimenticio líquido podría resultar costeable, aún después de agregar a este costo el del equipo, envase, y proceso.

Tabla 4.3.3.1.1. Costo de la formulación final para el complemento alimenticio líquido

INGREDIENTE	CANTIDAD (g /240 mL)	\$ (Kg)	\$ (Racion)
AISLADO PROTEICO	9.26	30.0	0.278
ACEITE DE MAÍZ	5.57	17.50	0.097
AZÚCAR	21.6	7.00	0.151
MALTODEXTRINA	16.8	7.00	0.118
COCOA	3.6	50.00	0.180
VELTOL*	1.92	150.00	0.288
EXT. DE VAINILLA*	0.5	20.00	0.010
ESTABILIZANTE	0.19	50.00	0.095
SORBATO DE POTASIO	2.4	287.5	0.69
BHA	0.048	300.00	0.014
MEZCLA DE VITAMINAS Y MINERALES	0.024	300.00	0.007
		TOTAL	1.928

*Los precios del Veltol y el extracto de vainilla se proporcionan por litro de sustancia.

**Los precios fueron proporcionados por las empresas que donaron las materias primas. En el caso del aceite, la cocoa, el azúcar y el extracto de vainilla los precios presentados son un promedio de los que tienen en los supermercados.

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO.

4.4.1. Análisis proximal realizado al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP.

En la tabla 4.4.1.1. se muestra el resultado del análisis proximal efectuado al complemento alimenticio líquido, así como el porcentaje teórico calculado a partir de la formulación preliminar. Puede observarse que los valores obtenidos para proteína, lípidos y sólidos totales son menores a los teóricos, aunque la diferencia es muy pequeña. Esto puede deberse a pérdidas en las manipulaciones de los ingredientes durante el proceso de elaboración. En el caso del contenido de cenizas se observa que el mismo es muy pequeño, lo que concuerda con lo esperado, ya que la cantidad de sales presentes en el complemento es mínimo y posiblemente la aportación más grande de las mismas procede de la mezcla de vitaminas y minerales.

Tabla 4.4.1.1. Análisis proximal efectuado a dos lotes del complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí S.

COMPONENTE	LOTE 1	LOTE 2	TEÓRICO
CENIZAS (%)	0.26±0.0110	0.26±0.0154	---
CARBOHIDRATOS (%)	15.26±0.6579	16.28±0.3789	16.00
PROTEÍNA(%)	3.59±0.1237	3.50±0.1238	3.86
LÍPIDOS(%)	2.00±0.100	1.87±0.1155	2.56
HUMEDAD (%)	78.89	78.09	77.58
(POR DIFERENCIA)			
TOTAL (%)	100.00	100.00	100.00

Todas las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

4.4.2. Aporte energético del producto final.

En la tabla 4.4.2.1. se muestra la cantidad teórica y experimental de proteína, lípidos y carbohidratos presentes en el complemento alimenticio líquido, así como el aporte energético de la misma y la distribución de éste. La proporción de calorías que aporta cada nutriente se encuentra dentro del rango recomendado en un alimento del tipo que se elabora en el presente trabajo (ver 3.4.1.). Se observa también que hubo pérdidas de ingredientes durante el proceso de elaboración del complemento alimenticio líquido, lo que modificó tanto el aporte energético como la distribución del mismo. La pérdida más notable es la de lípidos, lo que podría deberse a la viscosidad del aceite de maíz empleado, ya que este tiende a adherirse a las paredes de los recipientes.

Tabla 4.4.2.1. Comparación entre la composición teórica y experimental en proteínas, lípidos y carbohidratos del complemento alimenticio líquido. También se muestra el aporte energético del mismo, y el porcentaje en el que cada nutriente aporta energía.

COMPONENTE	CANTIDAD POR RACION. (g / 240 mL)		APORTE ENERGÉTICO Kcal.		DISTRIBUCIÓN DEL APORTE ENERGÉTICO (%)	
	Teórico	Experimental	Teórico	Experimental	Teórico	Experimental
PROTEÍNAS	9.263	8.86±0.1125	37.05	35.45±0.45	14.69	14.98
LÍPIDOS	6.136	4.84±0.1625	55.22	43.56±1.46	21.90	18.40
CARBOHIDRATOS	39.975	39.42 ±1.275	159.90	157.7 ±5.1	63.41	66.62
TOTAL			252.17	236.71	100.00	100.00

* Composición teórica calculada a partir de la formulación propuesta (ver 3.4.1.)

** Composición experimental calculada a partir de los resultados del análisis proximal efectuado al complemento alimenticio líquido.

En la tabla 4.4.2.2. se muestran las fuentes de nutrimentos, así como la cantidad de kcal/mL que aportan diferentes productos del tipo al que pertenece el complemento alimenticio líquido elaborado en el presente trabajo. Se observa que aunque poseen diferentes fuentes de nutrimentos, los productos aportan de 1.0-1.5 kcal/mL, mientras que

el complemento alimenticio líquido elaborado con el aislado proteico de ajonjolí SP, aporta 0.99 Kcal /mL, por lo que puede considerarse satisfactorio en este aspecto.

Tabla 4.4.2.2. Comparación entre el complemento alimenticio líquido elaborado con un aislado proteico de ajonjolí SP y complementos alimenticios comerciales. Se muestran las diferentes fuentes de nutrimentos de cada producto, así como las kcal/mL que aporta cada uno de ellos.

PRODUCTO	FUENTE DE CARBOHIDRATOS	FUENTE DE PROTEÍNA	FUENTE DE LÍPIDOS	kcal/ml
CSP	Sacarosa y maltodextrina	Aislado proteico de ajonjolí S	Aceite de maíz	0.99
Sustacal	Sacarosa y jarabe de maíz	Caseinato y proteína de soya	Aceite de soya	1.0
Ensure	Sacarosa y jarabe de maíz.	Caseinato y proteína de soya	Aceite de maíz	1.0
Ensure plus	Sacarosa y jarabe de maíz.	Caseinato y proteína de soya	Aceite de maíz	1.5
Isocal	Maltodextrina	Caseinato	Aceite de soya	1.06
Pulmocare	Sacarosa y almidón de maíz hidrolizado	Caseinato	Aceite de maíz	1.48

CSP= complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí Sesaprot.

4.4.3. Análisis microbiológico al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP.

En la tabla 4.4.3.1. se presentan los resultados del análisis microbiológico llevado a cabo para el complemento alimenticio líquido elaborado con el aislado proteico de ajonjolí SP. Se observa que recién elaborado el producto tiene buena calidad microbiológica, para ambos lotes; sin embargo a los ocho días de almacenamiento se observa un aumento en la cuenta de microorganismos de dos órdenes de magnitud y a los 15 días aumenta en tres órdenes de magnitud. Esto podría indicar que el cierre de los envases no es eficiente para mantener el vacío en el envase y permite que durante el almacenamiento (y aprovechando el pH alto) se desarrollen bacterias principalmente, que no pertenecen al grupo de los coliformes y que fueron capaces de desarrollarse a temperaturas de refrigeración.

Para efectos de vida de anaquel, sin embargo, a partir de los ocho días la cantidad de mesófilos aerobios ya rebasa la cantidad aceptada en la norma mexicana (100 UFC/mL de alimento), por lo que aunque la bebida continúe con apariencia estable y agradable, ya no se podría consumir. A fin de alargar la vida de anaquel del producto sería recomendable utilizar un tratamiento de ultrapasteurización ó UHT, dado que ello permitiría además, conservar mejor sus características fisicoquímicas, químicas y sensoriales.

Tabla 4.4.3.1. Resultados del análisis microbiológico efectuado a ambos lotes de complemento alimenticio, a lo largo de su almacenamiento en refrigeración.

MUESTRA	LOTE 1			LOTE 2		
	0 días	8 días	15 días	0 días	8 días	15 días
Mesófilos aerobios (UFC/mL de alim.)	5 UFC en la dil. 10^{-1}	4.60×10^2	1.12×10^3	7 UFC en la dil. 10^{-1}	8.00×10^2	1.00×10^3
Hongos y Levaduras (UFC/mL de alim.)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Número más probable de Coliformes totales (NMPCT/mL alim.)	<3	<3	<3	<3	<3	<3

Cuantificación llevada a cabo por duplicado. Se tomaron los métodos de la FDA Bacteriological Analytical Manual 8 th Edition 1995 y los métodos descritos en el Manual de Técnicas de laboratorio de microbiología de alimentos por Wachter R.C. 1996.

4.4.4. Determinación de osmolalidad, pH y estabilidad de emulsión (cualitativa) al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF.

Se llevó a cabo la determinación de osmolalidad, pH y estabilidad de emulsión (cualitativa) al producto final obtenido con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF, cuyos resultados se muestran en la tabla 4.4.3.1. Se observa que, para ambos aislados las diferencias entre lotes son mínimas, por lo que se puede decir que el proceso de elaboración es confiable. Por otro lado, es importante señalar que las características de pH y osmolalidad de los productos elaborados en el laboratorio se encuentran dentro del rango que poseen los productos comerciales.

Sin embargo, en cuanto a la estabilidad de la emulsión estos productos comerciales permanecen menos días estables en comparación con los productos obtenidos en el laboratorio. Esto último posiblemente se deba a que los productos comerciales no están diseñados para permanecer estables durante mucho tiempo ya que se encuentran envasados en latas o en envases opacos y todos ellos sugieren que se agite el envase antes de consumir el producto, lo que impide que se note la desestabilización del mismo.

ESTA COPIA NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Tabla 4.4.3.1. Características fisicoquímicas del complemento alimenticio líquido

DETERMINACIÓN	pH	OSMOLALIDAD (mOsm /Kg H ₂ O)	ESTABILIDAD DEL COMPLEMENTO ALIMENTICIO LÍQUIDO (DÍAS)
CSP (lote 1)	6.60±0.006	497.00±7.00	12.00
CSP (lote 2)	6.58±0.015	499.33±6.67	12.00
CAF (lote 1)	6.05±0.082	505.78±3.59	13.00
CAF (lote 1)	6.16±0.520	510.15±5.16	13.00
Sustacal	6.06±0.057	520.56±2.69	9.00
Ensure	6.50±0.072	489.85±3.90	10.00
Ensure plus	6.65±0.095	578.25±3.89	9.00
Pulmocare	-----	495.00±5.32	9.00

CSP= complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí Sesaprot.

CAF= complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de soya AF

El valor de pH es promedio de 6 determinaciones, el de osmolalidad es promedio de doce determinaciones y el de estabilidad de emulsión es promedio de cuatro determinaciones.

4.4.5. Análisis sensorial a los productos finales obtenidos con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF.

4.4.5.1. Prueba de comparación por pares.

En esta prueba, la probabilidad de escoger la respuesta correcta sólo por casualidad es del 50%, de manera que si el valor total de respuestas correctas excede del 50%, se puede concluir que las muestras son diferentes entre sí, como sucede en este caso en el que el 79.4872% (31 de 39 jueces) de los jueces contestó correctamente.

Las hipótesis para esta prueba fueron las siguientes:

H₀= No existe diferencia significativa entre el complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí y el elaborado con aislado proteico de soya.

H_a= Sí existe diferencia significativa entre las dos muestras de complemento alimenticio líquido con 0, 40,80 y 120 p.p.m. de Veltol

En la tabla 4.4.5.1.1. se muestran los resultados de esta prueba sensorial efectuada a los productos finales obtenidos con aislado proteico de ajonjolí SP y con aislado de soya AF.

Tabla 4.4.5.1.1. Resultados de la prueba de comparación por pares .

Error (%)	Número mínimo de juicios correctos	Comparativo	Juicios correctos	Diferencia significativa
5%	27	<	31	Sí
1%	28	<	31	Sí

De acuerdo con lo anterior, se rechaza la hipótesis nula, es decir, que sí existe diferencia significativa entre ambas muestras, con una probabilidad de error de uno en cien. Es decir, que de cien personas que prueben ambas muestras, sólo una de ellas será incapaz de detectar la diferencia.

4.4.5.2. Prueba de aceptación y nivel de agrado.

En la tabla 4.4.5.2.1. se muestran los resultados de esta prueba, en la que se evaluaron muestras de los complementos alimenticios (fórmula final) elaborados utilizando tanto AF como SP así como un complemento alimenticio comercial (Complan) y se observa que los consumidores aceptaron el complemento elaborado con SP y el Complan con una probabilidad de error del 1%, es decir que de cien personas que prueben el producto solo una de ellas lo rechazará. Sin embargo el complemento elaborado con AF no es aceptado ya que la cantidad de jueces que lo aceptaron es inferior de jueces al número mínimo requerido para ello.

Tabla 4.4.5.2.1. Resultados de la prueba de aceptación de los complementos alimenticios preparados con soya, ajonjolí y la bebida comercial.

Complemento alimenticio	Jueces que aceptan	Comparativo	Juicios requeridos (tablas)	Nivel de significancia	Se acepta significativamente
CAF	47	<	50	0.05	No
			52	0.01	No
CSP	53	>	50	0.05	Si
			52	0.01	Si
Complan	55	>	50	0.05	Si
			52	0.01	Si

CAF= complemento alimenticio elaborado utilizando AF
CSP= complemento alimenticio elaborado utilizando SP

Lo anterior también se ve reflejado en los resultados de la prueba de nivel de agrado, que se muestran en las tablas 4.4.5.2.2. y 4.4.5.2.3.

Las hipótesis del análisis sensorial fueron las siguientes:

H_0 = No existe diferencia significativa entre el complemento alimenticio líquido elaborado con el aislado proteico AF, con el aislado SP y el complemento alimenticio líquido comercial.

H_a = Sí existe diferencia significativa entre el complemento alimenticio líquido elaborado con el aislado proteico AF, con el aislado SP y el complemento alimenticio líquido comercial.

En la tabla 4.4.5.2.2. se muestran los resultados de la prueba de nivel de agrado en un cuadro de análisis de varianza mediante el cual se obtienen los valores de F calculados

para poder compararlos con los valores de tablas a fin de establecer si existe o no diferencia significativa entre los tres complementos alimenticios. Como puede observarse se debe rechazar H_0 , es decir que existe diferencia significativa entre los tres diferentes complementos, con una probabilidad de error del 1%. En cuanto a las opiniones de los jueces, se encontró que no existe diferencia significativa entre ellas con una probabilidad de error del 1%, lo que indica que los jueces no entrenados utilizaron la escala presentada para el estudio en la misma forma.

Tabla 4 4.5.2.2. Resultados de la prueba de nivel de agrado de las bebidas preparadas con soya, ajonjolí y la bebida comercial.

Fuente de la variación	gl	SC	CM	F
Muestras	2	143.7864	71.8932	8.989 (**)
Jueces	79	528.5433	6.690	0.836 (n.s)
Error	158	1263.6353	7.9977	
Total	239	1935.965		

**=Existe diferencia significativa con un 1% de error.

n.s.= No existe diferencia significativa.

En la tabla 4.4.5.2.3. se muestran los complementos alimenticios elaborados con AF, con SP y el comercial (Complan), así como el valor de media para cada una de ellas. En cuanto a los valores de las medias, se observa que existe una diferencia la bebida de ajonjolí obtiene la calificación mayor, seguida por el Complan y por último por la soya.

Tabla 4.4.5.2.3. Se muestra la media de las calificaciones obtenidas para cada complemento, durante el análisis. En la escala del cuestionario se midió la distancia del origen (0) a la "X" asignada por el juez para establecer en una escala del 0 al 10 el nivel de agrado del mismo.

Complemento alimenticio	CSP	Complan	CAF
Media	7.00	5.63	5.18

CAF= complemento alimenticio elaborado utilizando AF

CSP= complemento alimenticio elaborado utilizando SP

A continuación se señala gráficamente la diferencia significativa existente entre las muestras analizadas. En este caso se muestra que el complemento alimenticio elaborado con aislado proteico de ajonjolí, con un nivel de agrado de 7 es preferido significativamente al elaborado con aislado proteico de soya (5.18) y al complemento alimenticio comercial (5.63), entre los cuales no existe una preferencia significativa. Es decir que de cien consumidores que prueben los productos, noventa y nueve de ellos preferirán el complemento elaborado con ajonjolí a los otros dos, pero no tendrán preferencia entre el complemento elaborado con soya y el comercial.

Ajonjolí Complan Soya

5.0. CONCLUSIONES.

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden enunciar las siguientes conclusiones:

- Las propiedades funcionales de SP difieren de las de AF. AF posee en mayor capacidad de absorción de agua y aceite, mientras que SP presenta mejor humectabilidad. Por otro lado, SP muestra mayor solubilidad a pH ácido, mientras que AF es más soluble a pH básicos. Por último, el aislado SP mostró mayor capacidad emulsificante, tanto en pH ácido como neutro, mientras que la estabilidad de emulsión es mejor a pH neutro para ambos aislados. Sin embargo, la utilización de AF como referencia fue útil ya que este representa la materia prima comúnmente utilizada en el mercado.
- El aislado SP puede utilizarse en bebidas debido a su humectabilidad y su solubilidad, así como por sus propiedades emulsificantes. También puede ser utilizado en bajas concentraciones como agente emulsificante en productos de pH neutro. Puede utilizarse este aislado como fuente única de proteína en productos para adultos, pero no en productos para niños, en cuyo caso sería necesario agregar otra fuente de proteína o bien adicionar con lisina libre a dicho producto.
- La formulación final del complemento alimenticio líquido y el proceso de elaboración establecidos permiten obtener tanto con el aislado AF como con el SP productos que poseen características de osmolalidad, pH y estabilidad de la emulsión similares a las que presentan otros productos comerciales de su tipo. Por otro lado, la apariencia de los productos es homogénea y tersa, semejante a un licuado sabor chocolate.
- Lo anterior indica que el aislado proteico SP puede ser utilizado en lugar de la soya en la elaboración de complementos alimenticios líquidos.
- Existe diferencia significativa en cuanto a sabor entre los complementos elaborados con aislado proteico de ajonjolí S y soya AF con una probabilidad de error del 1%. Esto se vio reflejado también en la aceptación de ambos complementos, ya que los consumidores aceptaron el elaborado con ajonjolí y el comercial (Complan), pero no el elaborado con soya. Así, de cada cien personas que prueben el complemento alimenticio líquido elaborado con aislado proteico de ajonjolí S, solo uno de ellos la rechazará. En cuanto al nivel de agrado que causa

este último, de cien consumidores que prueben los productos, noventa y nueve de ellos preferirán el complemento elaborado con ajonjolí a los otros dos, pero no tendrán preferencia entre el complemento elaborado con soya y el comercial.

6.0.RECOMENDACIONES.

Se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades para continuar mejorando la formulación del complemento alimenticio líquido, así como el proceso mediante el cual se elabora.:

- Efectuar pruebas biológicas al aislado para conocer más profundamente sus propiedades nutrimentales.
- Efectuar mezclas del aislado con otros aislados proteicos para evaluar si existen mejoras en cuanto a las características sensoriales y nutrimentales de las bebidas resultantes.
- Agregar lisina a la formulación para mejorar la calidad nutrimental de la bebida.
- Probar el proceso a nivel piloto para calcular el costo total de la bebida, así como para evaluar los efectos de cada tratamiento sobre las propiedades nutrimentales de la bebida y así cambiar la premezcla de vitaminas y minerales a utilizar considerando la sobredosis adecuada de cada una.
- Aumentar un paso de prehomogenización en el proceso lo que podría incrementar la estabilidad de la bebida.
- Cambiar el proceso de pasteurización por uno en el que se aplique mayor temperatura en menor tiempo (UHT).
- Cambiar el envase de vidrio por uno de plástico con tapa metálica.

7. APÉNDICES.

APÉNDICE1.

Fig. 1. Hoja de respuesta para la pruebas sensorial de intervalos efectuada a la formulación preliminar del complemento alimenticio líquido.

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique su intensidad en sabor amargo, de acuerdo con el número en la escala siguiente:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada amargo	Ligeramente amargo		Poco amargo		Amargo		Muy amargo		Extremadamente amargo	

Muestras: 123 456 987 109

Intensidad: _____ _____ _____ _____

Muchas Gracias.

Fig. 2. Hoja de respuestas para la prueba de comparación por pares.

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

INSTRUCCIONES: Pruebe Las muestras de izquierda a derecha y para cada par ante las claves correspondientes e indique con una X si son iguales o diferentes. Por favor, enjuáguese la boca entre cada par.

Par	Claves	Diferentes	Iguales
1	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____

Muchas gracias.

Fig.3. Hoja de respuestas para la prueba de aceptación y nivel de agrado.

Fecha: _____

¡Hola! Por favor indica con una "X" tu aceptación al probar cada muestra de bebida

Clave:	Acepta:	SÍ	NO
_____		_____	_____
_____		_____	_____
_____		_____	_____

Ahora indica con una "X" tu nivel de agrado, de acuerdo con la escala que se presente a continuación

Clave	Disgusta	Indiferente	Gusta
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

APÉNDICE 2.

Tabla 1. Resultados de la separación por tamaños de las partículas del aislado proteico de ajonjolí SP.

Tamiz # demalla	Abertura (μm)	g de aislado retenidos	% de sólidos
40	600	0.01	0.02
50	450	0.03	0.05
60	300	0.08	0.15
80	250	0.51	1.02
100	180	0.32	0.64
120	150	0.28	0.56
140	125	0.64	1.28
160	106	0.75	1.50
200	75	3.62	7.26
250	63	0.97	1.94
400	38	16.57	33.23
	menos de 38	26.10	52.33
	Total	49.86	99.98

APÉNDICE 3.

Tabla 1. Resultados de las pruebas efectuadas para incrementar la estabilidad de la emulsión utilizando carragenina.

CARRAGENINA (%)	ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN (% SEP. DE AGUA)
0.02	52.00±0.00
0.03	51.00±2.00
0.04	36.00±5.66
0.05	18.00±0.00
0.06	22.00±2.85
0.07	18.00±0.00
0.08	18.00±0.00

El valor de estabilidad de emulsión es promedio de cuatro determinaciones.

Tabla 2. Resultados de la prueba llevada a cabo para determinar la cantidad de mezcla de gomas a adicionar a la bebida para evitar la separación del agua de la misma.

MEZCLA DE GOMAS (%)	ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN (% SEP. DE AGUA)
0.01	57.00±4.2426
0.03	20.00±0.00
0.05	10.0±0.0
0.06	0.0±0.0
0.07	0.0±0.0

El valor de estabilidad de emulsión es promedio de cuatro determinaciones.

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Allen J. 1974. WORLD PROTEIN RESOURCES. John Wiley & Sons. New York.
2. A.O.A.C. 1980. Official Methods of Analysis. 13th. Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. , pp. 15-234-
3. Bender, A.E. 1997. NUTRICIÓN Y ALIMENTOS DIETÉTICOS. Ed. Acribia. España., 124-153 p.p.
4. Bird, K., 1979 Plant proteins, progress and problems. *Food Technology*, 29,31.
5. Bistrrian, B.R., Mc Cowen, K.C. y Chan, S. 1999. Protein-energy malnutrition in dialysis patients. Am. J. Of Kidney Diseases. 33 (1): 172-175.
6. Brewster, D.R. y col. 1997. Comparison of milk and maize based diets in kwashiorkor. *Arch. Dis. Child*; 76: 242-248.
7. Burón, I. y García, R. 1990. NUEVOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS (DESARROLLO, DISEÑO, LANZAMIENTO Y MANTENIMIENTO EN EL MERCADO). Ed. AMV. Madrid.
8. Burrows, V., Green, A.H., y col. 1972. FOOD PROTEIN FOR GRAINS AND OILSEEDS. A developmen study projected to 1980, Canadian wheat board, Ottawa, Canada, 1972
9. Casanueva, E., Pérez-Lizaur, A.B., Kaufer-Horwitz, M. 1995. NUTRIOLOGÍA MÉDICA. Ed. Médica Panamericana. Fundación México para la salud. 1ª Edición. México.
10. Cheftel J.C., Cuq J.L. y Lorient, D. 1989. PROTEINAS ALIMENTARIAS. Capítulo 4. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
11. Dagorn-Scaviner, C. Gueguen, J. And Lefebvre J. 1987. Emulsifying properties of pea globulins as related to their adsorption behaviors. *Journal of Food Science*. 52 (2): 335-340.
12. Damodaran, S. y Paraf , A. 1997. FOOD PROTEIN AND THEIR APPLICATIONS. Ed. Marcel Dekker. USA.
13. Davidson,P.M., Branen, A.L., 1993. ANTIMICROBIALS IN FOODS. Ed. Marcel Dekker, Inc. Usa.
14. Documento de la ONU Asamblea General resolucion 50/109 Cumbre Mundial sobre la Alimentación 13-17 de Noviembre 1996 Roma, Italia. RESOLUCION 50/109 RELATIVA A LA CUMBRE MUNDIAL SOBRE LA ALIMENTACION APROBADA POR LA ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS EL 20 DE DICIEMBRE DE 1995.
15. Elorza, M. P. 1987. EVALUACIÓN DE 6 VARIEDADES DE AJONJOLÍ (Sesamum indicum) POR SU RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ACEITE, EN EL MUNICIPIO DE TUXPAN, VER. Tesis profesional. UACH. México.
16. FAO/WHO/ONU (1985). ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENTS, REPORT OF A JOINT FAO/WHO/ONU Expert Consultation. World Health Organization Technical Rep. Ser. 724, WHO, Geneva.
17. FAO. Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación. 1970. CONTENIDO EN AMINOÁCIDOS DE LOS ALIMENTOS Y DATOS BIOLÓGICOS SOBRE LAS PROTEÍNAS. Roma, Italia.
18. Fennema, O. 1996. FOOD CHEMISTRY. 3th edition. Ed. Dekker, Inc. USA.
19. Fisher, P. 1993. VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. 8ª. impresión. Ed. Limusa. México.
20. Flores Arguello, I.M.A. 1997. MODIFICACIÓN ENZIMÁTICA Y QUÍMICA DEL GLUTEN DE MAÍZ. POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. UNAM. México, D.F.
21. Gnanasambandam R. And Zayas J.F 1992. Functionality of wheat germ protein in

- comminuted meat products as compared with corn germ and soy proteins. *Journal of Food Science* 57 (4): 829-833.
22. Goldberg, Israel. 1994. FUNCTIONAL FOODS. DESIGNER FOODS, PHARMAFOODS, NUTRACEUTICALS. Ed. Chapman & Hall.
 23. Hall, G.M. 1996. METHODS OF TESTING PROTEIN FUNCTIONALITY. Ed. Chapman & Hall y Blackie Academic & Profesional. USA.
 24. Hauteclocque, K. y Vautrin, M. 1995. Sesame seed and sesame seed oil contain masked allergens of growing importance. *European Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1995.
 25. Hsu, H.W. y col. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science* 42 (5). 1269- 1273
 26. INNSZ, Instituto de Cancerología. 1996. TABLAS DEL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS DE MAYOR CONSUMO EN LATINOAMÉRICA. Ed. Pax.
 27. ISAAA. International Service For De Acquisition Of Agri-Biotech Aplications. Clive James. 2000. GLOBAL REVIEW OF COMMERCIALIZED TRANSGENIC CROPS: 2000. 15 pp. USA.
 28. Johnson, L.A. 1985. SOY PROTEIN: CHEMISTRY, PROCESSING AND FOOD APPLICATIONS. 70th Annual Meeting of the Am. Assoc. of Cereal Chem., Orlando, Fla.
 29. Justice, O.L. 1979. PRINCIPLES AND PRACTICES OF SEED STORAGE. London, Castle House.
 30. Kakade, M. L. y Liener, I. E. 1969. Determination of available lysine in proteins. *Analytical Biochemistry* 27, 273-280.
 31. Keusch, G.T. 1986. Nutrition and infection. *Ann. Rev. Nutr*; 6: 131-154.
 32. Kinsella, J.E., 1976. Functional properties of proteins in foods: a survey. *C.R.C. Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.*, 10147-168.
 33. Kopple, J.D: Mc Collum award Lecture, 1996: Protein –energy malnutrition in maintenance of hemodialysis patients. *Am. J. Clin. Nutr.* 65: 1544-1557, 1997.
 34. Larsson, K. Y Friberg, S.E. 1997. BEVERAGE EMULSIONS. En: FOOD EMULSIONS. Marcel Dekker Inc. USA. 491-508 pp.
 35. Lisker R. y col. 1978. Intestinal lactase activity and milk drinking capacity in the adult. *Am. J. Clin. Nutr.*; 31:1499-1503.
 36. Mc Lean, L.D. 1979. Host resistanse in surgical patients. *J Trauma*; 19:297-304.
 37. Multon, J.L. 1988. ADITIVOS Y AUXILIARES DE FABRICACIÓN EN INDUSTRIAS AGRO-ALIMENTARIAS. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
 38. Naber. T.H. y col. 1997. Prevalence of malnutrition in nonsurgical hospitalized patients and its association with disease complications. *Am. J. Clin. Nutr.*; 66:1232-1239.
 39. NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Bebidas no alcohólicas con modificación en su composición. Especificaciones nutrimentales.
 40. Ottaway, P.B. 1993. THE TECHNOLOGY OF VITAMINS IN FOOD. Ed. Blackie Academic & profesional, Chapman & Hall. USA.
 41. Park Ridge, N.J. 1997. FORTIFIED AND SOFT DRINKS. Serie: Technology review. No. 43. Noyes Data Corp.
 42. Pearce, K.F. y Kinsella, J.E. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal Agric. Food Chem.* 26 (3): 716-723.
 43. Pedrero D. L. y Pangborn, R M. 1996. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS. MÉTODOS ANALÍTICOS. 1a. reimpresión. Ed. Alhambra. México.
 44. Peterson G.L. 1999. Modification of proteins from soymilk residue (okara) by trypsin. *Journal of food science.* 64 (5):781-784
 45. Popineau, Y., Bollecker S. and Thebaudin. J. 1988. Caractérisation biochimique et fonctionnelle des protéines de gluten désamidées partiellement en conditions

- ménagées. *Sciences des aliments*. 8 (4): 411-430.
46. Potrero Andrade, S.M. 1997. PRODUCCIÓN DE GERMINADOS DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum*) Y CALABAZA (*Curcubita pepo*). Tesis profesional. UACH. Departamento de Fitotecnia. México.
 47. Poutier J.E. 1995. Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. *Journal of food science*. 60 (4).
 48. Quinn J.R. and Paton D. 1979. A practical Measurement of water hydration capacity of protein materials. *The American association of Cereal Chemist*. 38-42.
 49. Rajendran S. And Prakash V. 1988. Isolation and characterization of γ -globulin low molecular weight protein fraction from Sesame seed (*Sesamum indicum* L.) *J. Agricultural Food Chem* 16 (2). 259-274.
 50. Ramos Martínez, J.A. 1992. CARACTERIZACIÓN AGROINDUSTRIAL DE 25 GENOTIPOS SELECCIONADOS DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum*) PARA EMPLEARSE COMO FUENTE EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO. Tesis profesional. UACH. Departamento de Fitotecnia. México.
 51. Robbelen, G. Y col. 1989. OIL CROPS OF THE WORLD. Mc Graw-Hill. 553 p.p.
 52. Robles, R. 1991. PRODUCCIÓN DE OLEAGINOSAS Y TEXTILES. 3a. edición. LIMUSA México, D.F.
 53. Rombeau, J.L., Caldwell, M.D. 1990. FORMULAS. En: ENTERAL AND TUBE FEEDING. Ed. W.B. Saunders Company. USA. 149-160pp.
 54. Rosado, J.L., Morales, M. y col. 1988. Nutritional evaluation of a lactose hydrolyzed milk-based enteral formula diet. I. A comparative study of carbohydrate digestion and clinical tolerance. *Rev. Inv. Clin*; 40: 141-147.
 55. Rosado, J.L., Morales, M. y col. 1989. Lactose digestion and clinical tolerance to milk, lactose prehydrolyzed milk and enzyme added milk: a study in undernourished continuously enteral fed patients. *J. Parenter. Enteral Nutr.*; 13: 157-161.
 56. Rosado, J.L. y col. 1984. Enzyme replacement therapy for primary adult lactase deficiency: Effective reduction of lactose malabsorption and milk intolerance by direct addition of beta-galactosidases to milk at mealtime. *Gastroenterology*; 17: 1072-1082.
 57. Rosensweig, N.S. 1970. Adult human milk intolerance and intestinal lactase deficiency. A review. *J. Dairy Sci*; 52: 585-587 p.p.
 58. Smith, A.K. y Circle, S.J. 1972. Soybeans: chemistry and technology. The AVI.
 59. Smith, J. 1991. FOOD ADDITIVE USER'S HANDBOOK. Ed. Blackie Glasgow & London. USA.
 60. Sosulski, F.W. y col. 1976. Functional properties of rapeseed flours, concentrates and isolates. *Journal of food Sciences*. 41: 1349-1352.
 61. Sullivan, D.H. Walls, R.C. y Lipschitz, D.A. 1991. Protein-energy undernutrition and the risk of mortality within 1 y of hospital discharge in a select population of geriatric rehabilitation patients. *Am J. of Clin. Nutr.* 53: 599-605.
 62. Varnam, A.L. y Sutherland, J.P. 1994. BEVERAGES: TECHNOLOGY, CHEMISTRY AND MICROBIOLOGY. Vol.2. Ed. Chapman & Hall. 115. p.p.
 63. Vega Franco, Leopoldo. 1991. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN LA INFANCIA. Ed. Francisco Méndez Cervantez. México.
 64. Velázquez, M. 1982. EFECTOS DE LOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN (NPK) Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL AJONJOLÍ (*Sesamum indicum*) SOBRE EL RENDIMIENTO, CONTENIDO DE PROTEÍNA, CANTIDAD Y CALIDAD DE ACEITE. Tesis profesional UACH. México. 72 p.p.
 65. Wachter, C. 1996. Manual de Técnicas de Microbiología de Alimentos. Facultad de Química. UNAM. México.
 66. Weinsier, R.L. y col. 1979. Hospital malnutrition: A prospective evaluation of general medical patients during the course of hospitalization. *Am J. Clin. Nutr.* 32: 418-426.

67. Weinsier, R.L. y col. 1989. HANDBOOK OF CLINICAL NUTRITION. Second edition. Ed. The C.V. Mosby Co. 427 p.p.
68. Weiss, A. 1983. OIL SEED CROPS. Logman London and New York. 660 p.p.
69. Wong, D.W.S. 1989. QUÍMICA DE ALIMENTOS. MECANISMOS Y TEORÍA. Ed. Acribia. España.
70. Zayas J.F. 1994. VII.2. Corn Germ Protein: Functional properties in a Model system and in food products. Biotechnology In Agriculture And Forestry. Núm. 25 PP. 513-535