



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FUNCIONAL A BASE DE
PROTEÍNA DE SOYA, NOPAL, CHÍA Y AVENA COMO
PORTAFOLIO DIETARIO ESPECÍFICO PARA
ANORMALIDADES BIOQUÍMICAS DEL SÍNDROME
METABÓLICO.**

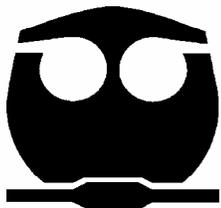
T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO EN:

QUÍMICO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

ISAAC HERNÁNDEZ VIVEROS



México D.F.

AGOSTO 2010.



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: Lucía Cornejo Barrera
Vocal: Rosa María Argote Espinosa
Secretario: Nimbe Torres y Torres
Suplente 1: Francisco Javier Casillas
Suplente 2: Liliana González Osnaya

Sitio donde se realiza la investigación:

Departamento de Fisiología de la Nutrición, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

ASESORA:

Dra. Nimbe Torres y Torres

ASESOR TÉCNICO

Dr. Armando Tovar Palacio

SUSTENTANTE

ISAAC HERNÁNDEZ VIVEROS

NOMBRES Y DIRECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Institución: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”

Dirección: Vasco de Quiroga No. 15, Colonia Sección 15. Delegación Tlalpán, CP 14000, México DF.

Patrocinio

Nombre: CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)

Dirección: Av. Insurgentes Sur 1582, Col Crédito Constructor. Del. Benito Juárez CP 03940, México DF.

Agradecimientos y dedicatorias

Agradezco a:

Dra. Nimbe Torres por su asesoramiento y conocimiento científico, por su apoyo y estímulo.

Dr. Armando R. Tovar por permitirme trabajar en su laboratorio y por los valiosos conocimientos que obtuve durante mi estancia en el mismo.

Prof. Rodolfo Fonseca por sus consejos, asesoramientos y brillantes ideas aportadas para este trabajo. Así mismo a las Maestras Lucía Cornejo y Rosa María Argote.

Dra. Martha Guevara por apoyo, paciencia, y todos sus conocimientos que me sirvieron para el desarrollo de este trabajo. Gracias Martha.

A las licenciadas en Nutrición: Patricia López, Isabel Medina y Lidia Gil por su valioso trabajo.

A Eduardo Tovar y Sofía Morán . Gracias

A mis compañeros de laboratorio que fungieron como jueces en las todas las evaluaciones sensoriales e hicieron cada momento más alegre en el laboratorio.

Gracias a todos por sus enseñanzas

Adriana, Alejandra, Andrea, Bere, Claudia, Gaby, Gloria, Gris, Laura, Marcela, Maru, Marcela, Nara, Natalia, Nat, Nataly

Edgar, Iván, Omar, Víctor

Q.F.B. Ana Laura Hernández y a la empresa “Mk Otten Flavors saboristas” por facilitarnos la obtención de los sabores utilizados para el desarrollo de este trabajo. Gracias amiga

Ing. Ricardo Rodríguez y la empresa “R&R empaques” por ayudarnos con el empaquetado de nuestro producto.

Lic. Mary Carmen García por el apoyo en la parte creativa y gráfica de este trabajo. Amiga muchas gracias.

Dedicatoria especial

A mi papá Víctor Hernández Castañeda
y a mi mamá Olivia Viveros Andrade,
por su amor, cariño, comprensión y
apoyo incondicional.

A mi hermana Laura Haydee por estar
siempre a mi lado.

Y a mi tía Luisa Rey Carretero.

Sin ustedes no lo hubiera logrado.

Gracias.

A mis hermanos del alma. Adriana, Agueda, Cintya,
César, Claudia, Francisco, Israel, Karla,
Laura, Miguel, Paulina, Rocío y Sofía,
gracias por todos esos momentos que hemos
vivido juntos durante mucho tiempo.

A mis "PUMITAS"
Alehtse, Andrea, Astrid, Aura, Diana, Fernanda, , Karla, Karlita,
Leslie, Lizbeth, Mariana, Pamela, Sofía.
Andrés, David, Elliott, Fernando, Javier, Luis David,
Omar, y Tonatiuh
Gracias por las enormes satisfacciones
que me han hecho vivir en los últimos años.

Y al Prof. Raúl Porta Contreras por sus
enseñanzas, paciencia y gran amistad.

ÍNDICE	Página
Resumen	1
Introducción	3
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
Capítulo I. Antecedentes	
1.1 Portafolio dietario	6
1.2 Alimentos Funcionales	8
1.2.1 Definición de alimentos funcionales	10
1.2.2 Definición de compuestos bioactivos	11
1.2.3 Efecto de los alimentos funcionales sobre la salud	12
1.3 La soya	21
1.3.1 La proteína de soya	27
1.3.2 Efectos de la proteína de soya sobre la salud	28
1.4 El nopal	32
1.4.1 Los polifenoles del nopal	36
1.4.2 Efecto del nopal sobre la salud	37
1.5 La avena	39
1.5.1 Los betaglucanos	42
1.5.2 Efectos de la avena sobre la salud	45
1.6 La semilla de chía	45
1.6.1 Los ácidos grasos Omega 3	50
1.6.2 Los efectos de la semilla de chía sobre la salud	52
1.7 Síndrome Metabólico (SM)	54
1.8 Evaluación sensorial	56
Capítulo II. Materiales y Métodos	
2.1 Materias primas	58
2.1.1 Aislado de proteína de soya	58
2.1.2 Avena	59
2.1.3 Nopal	61
2.1.4 Semillas de chía	61
2.2 Aditivos	61
2.3 Diagrama General de la Investigación	65
2.4 Análisis microbiológico	66

2.5 Análisis Proximal	
2.5.1 Determinación de humedad	66
2.5.2 Determinación de cenizas totales	66
2.5.3 Determinación de lípidos	68
2.5.4 Determinación de proteína	70
2.5.5 Determinación de fibra cruda	71
2.6 Evaluación sensorial	72
2.7 Mezclado	74
2.8 Envasado	74
2.9 Índice glucémico (IG)	76
2.10 Elaboración de etiqueta	78
2.11 Reclutamiento de pacientes con SM	79
2.11.1 Criterios de inclusión y exclusión	79
2.12 Curva de tolerancia a la glucosa	81
2.13 Perfil de lípidos	81
2.14 Medidas antropométricas	82
2.15 Presión arterial	82
2.16 Estandarización de la dieta	82
Capítulo III. Resultados y Discusión	
3.1 Composición final de la bebida	84
3.2 Análisis Químico Proximal	87
3.3 Evaluación sensorial	89
3.4 Análisis microbiológico	90
3.5 Elaboración de etiqueta	91
3.6 índice glucémico (IG)	92
3.7 Curva de tolerancia a la glucosa e insulina	98
3.8 Perfil de lípidos	99
3.9 Medidas antropométricas	101
3.10 Presión arterial	101
3.11 Escala de saciedad	102
Discusión	105
Capítulo IV. Conclusiones	109
Bibliografía	111

TERMINOLOGÍA

Las abreviaturas utilizadas en esta tesis son las siguientes:

cHDL	Colesterol HDL
HDL	Lipoproteínas de Alta Densidad
ATP III	Tercer Informe del Panel de Expertos sobre la Detección, Evaluación y Tratamiento de los niveles sanguíneos elevados de colesterol en el Adulto.
cLDL	Colesterol LDL
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
SM	Síndrome Metabólico
AF	Alimentos Funcionales
ILSI	Instituto Internacional de las ciencias de la vida
FDA	Administración de medicamentos y alimentos
ADH	Ácido docosahexaenoico
AEP	Ácido eicosapentaenoico
IDR	Ingesta Diaria Recomendada
ALC	Ácido Linolénico conjugado
ADN	Ácido Desoxiribonucleico
FD	Fibra dietética
FS	Fibra soluble
FI	Fibra insoluble
kcal	Kilocalorías
kJ	Kilo Jouls
M	Molar
pH	Potencial de Hidrógeno
I/G	Relación insulina glucagon
Ins	Insulina
SREBP-1	Sterol Regulatory Element Binding Protein
AHA	Asociación Americana del Corazón
AAL	Ácido alfa-linolénico
mmHg	milímetros de Mercurio
OMS	Organización Mundial de la Salud
IG	Índice Glucémico
ED	Equivalente de Dextrosa
DDA	Dosis Diaria Admitida
IMC	Índice de Masa Corporal
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
ABC	Área Bajo la Curva
DE	Desviación Estándar
ESM	Error Estándar de la Media
BSNAC	Bebida de Soya, Nopal, Avena y Chía
DBGS	Dieta Baja en Grasa Saturada
DM	<i>Diabetes Mellitus</i>

RESUMEN

Se desarrollo un portafolio dietario, (conjunto de alimentos específicos para un padecimiento) en forma de una bebida funcional hecha a base de proteína de soya, nopal en polvo, avena y semillas de chíá. La bebida fue elaborada con aditivos alimentarios necesarios para darle las características físicas y sensoriales adecuadas de acuerdo a los límites máximos permitidos. La bebida se sometió a un análisis sensorial con 100 jueces no entrenados donde se aplicó una escala hedónica de cinco puntos; obteniendo una calificación en el grado de aceptación del producto de 8.63 ± 1.67 . Las características de los ingredientes fue la siguiente. La avena con 4.4 % de beta glucanos, proteína de soya con 90 % de pureza, estos dos alimentos se utilizaron por sus características anti hiperlipémicas. Se utilizó nopal en polvo como alimento anti hiperglucemiante y semillas de chíá con un contenido del 60% de ácidos grasos omega 3. Para la homogeneización de las materias primas, se utilizó una mezcladora de pantalón con una capacidad de 200 kg. Todas las materias primas se encontraban en forma de polvos finos y se mezclaron por 20 minutos, para la posterior incorporación de las semillas de chíá. El polvo mezclado fue empaquetado por una máquina “ensobretadora” en pequeños sobres de 12x6 cm en un material de poliéster con polietileno pigmentado blanco calibre de 250 micras. El análisis químico proximal de la bebida fue el siguiente: humedad 7.25 %, cenizas 3.29 %, proteína 28.91 %, extracto etéreo 3.67 %, fibra cruda 2.9 % e hidratos de carbono 53.98 %, con un aporte de 364 kcal/100g. El índice glucémico de la bebida fue 38.57 ± 6.72 , por lo que se considera una bebida con un índice glucémico bajo, recomendado para permitir pequeñas fluctuaciones en las concentraciones de glucosa en sangre. Para probar el efecto de la bebida, se llevo a cabo un estudio preliminar en 10 pacientes con al menos 3 características del síndrome metabólico que incluía para mujeres la circunferencia de cintura mayor a 88 cm y colesterol cHDL (lipoproteínas de alta densidad) menor a 50mg/dL; para los hombres una cintura mayor a 102 cm y colesterol cHDL (lipoproteínas de baja densidad) menor a 40mg/dL, y para ambos grupos concentración de triglicéridos mayor a 150mg/dL, concentración de glucosa mayor a 100mg/dL y menor de 120mg/dL. A Los pacientes se les realizó una curva

de tolerancia a la glucosa, determinación del perfil de lípidos, circunferencia de cintura y cadera y medición de presión arterial al inicio del estudio. Se sometieron durante 2 semanas a una dieta de acuerdo al programa ATPIII (Tercer informe del Panel de Expertos sobre la Detección, Evaluación y Tratamiento de los niveles sanguíneos elevados de colesterol en el adulto) para estandarizar a los pacientes a consumir un solo tipo de dieta. Posteriormente consumieron por dos meses el portafolio dietario en forma de bebida. Los resultados demostraron que el consumo de un portafolio dietario diseñado para síndrome metabólico con ingredientes de fácil acceso y bajo costo, disminuyeron significativamente las concentraciones de triglicéridos en un 36.69 % ($p > 0.028$), mejoró las curvas de tolerancia a la glucosa en un 21.29 % ($p > 0.078$) e insulina en un 50 % ($p > 0.014$) y sin cambio en las concentraciones de colesterol total, cHDL y cLDL.

Finalmente en sujetos sanos se realizó una escala de saciedad con una escala análoga visual y dio como resultado que al minuto 15 después de haber consumido la bebida alcanza una calificación de 5.6 en una escala del 1 al 10; lo que indica que la bebida produce una sensación de saciedad moderada.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación han generado una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales.

El incremento paralelo de la frecuencia de la obesidad y del síndrome metabólico es un fenómeno mundial y México no es la excepción. Aunado a esto, estas patologías son factores de riesgo importantes para el desarrollo de diabetes tipo 2, la enfermedad arterial, coronaria y cerebrovascular por arteriosclerosis, que son las principales causas de muerte en nuestro país. El control de estas alteraciones metabólicas incide directamente en la morbi-mortalidad de muchos padecimientos; sin embargo, en la actualidad no existen estrategias dietarias de prevención, diagnóstico y tratamiento eficaces para la mayoría de los casos. Por estas razones, la obesidad y el síndrome metabólico se han convertido en un serio problema de salud pública en los países occidentales. Actualmente, una de las aplicaciones de la nutrigenómica (que es la rama de la nutrición que estudia el efecto de los nutrimentos sobre la expresión de genes) es el desarrollo de portafolios dietarios para enfermedades específicas relacionadas con la nutrición. Por lo que con este tipo de estudios ofrece una nueva perspectiva para la prevención de enfermedades relacionadas con la nutrición por medio de dietas individualizadas. La nutrigenómica es una herramienta que nos llevara a la creación de portafolios dietarios para padecimientos específicos como en este caso el SM.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Desarrollo de un portafolio dietario en forma de una bebida funcional basada en una combinación de alimentos de bajo costo, con un beneficio sobre la salud para reducir las anormalidades del síndrome metabólico, tan común en nuestro país, como son glucosa alta, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, y la hipertensión.

Objetivos particulares

- Elaborar una bebida hecha a base de proteína de soya, nopal, chía y avena.
- Análisis físico, químico y microbiológico de la bebida.
- Evaluación sensorial de la bebida.
- Evaluar el índice glucémico de la bebida.
- Evaluar el efecto de la bebida funcional sobre las concentraciones de colesterol total, colesterol cLDL, colesterol cHDL, triglicéridos, glucosa e insulina en pacientes con hipercolesterolemia y síndrome metabólico.

Portafolio Dietario

Recientemente ha surgido el desarrollo de portafolios dietarios como una alternativa a los medicamentos para controlar la hipercolesterolemia y otros padecimientos.



Un portafolio dietario se puede considerar como un conjunto de alimentos con un beneficio en la salud con un padecimiento específico.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1 Portafolio dietario

El concepto de portafolio dietario es relativamente nuevo y lo hemos definido como una combinación de alimentos específicos para un padecimiento específico con un efecto benéfico sobre la salud, como una alternativa a los medicamentos sin efectos colaterales ó como una ayuda para el mejor tratamiento de una enfermedad; y de fácil acceso al consumidor mexicano. Estos portafolios dietarios pueden ser indicados en la prevención y disminución de riesgos de enfermedades en diferentes etapas de la vida.

Alimentos Funcionales



Son aquellos alimentos, que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades.

1.2 Alimentos Funcionales

Origen del concepto de alimento funcional

La principal función de la dieta es aportar los nutrimentos necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas. Existen cada vez más pruebas científicas que apoyan la hipótesis de que ciertos alimentos, así como algunos de sus componentes tienen efectos físicos y psicológicos beneficiosos, gracias al aporte de los nutrimentos básicos.

Se ha descubierto que muchos productos alimenticios tradicionales, como las frutas, las verduras, la soya y los granos enteros contienen componentes que pueden resultar benéficos para la salud. Además de éstos, se están desarrollando nuevos alimentos que añaden o amplían estos componentes beneficiosos, por las ventajas que suponen para la salud. (1)

El concepto de alimentos funcionales nació en Japón. En los años 80, las autoridades sanitarias japonesas se dieron cuenta que para controlar los gastos sanitarios, generados por la mayor esperanza de vida de la población anciana, había que garantizar también una mejor calidad de vida. Se introdujo un nuevo concepto de alimentos, que se desarrollaron específicamente para mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. (2,3)

Los alimentos funcionales no han sido definidos hasta el momento por la legislación europea. Generalmente, se considera que son aquellos alimentos, que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades. Entre algunos ejemplos de alimentos funcionales, destacan los alimentos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, así como los prebióticos y probióticos (3).

Como respuesta al creciente interés sobre este tipo de alimentos, han aparecido nuevos productos y ahora el interés se centra en la necesidad de establecer normas y directrices que regulen el desarrollo y la publicidad de dichos alimentos.

En Europa, ha aumentado considerablemente el interés de los consumidores por conocer la relación que existe entre la dieta y la salud. Hoy en día, la gente reconoce en mayor medida, que llevar un estilo de vida sano, incluida la dieta, puede contribuir a reducir el riesgo de padecer enfermedades y dolencias, y a mantener el estado de salud y bienestar. El apoyo que se está dando a la importancia de alimentos como las frutas, las verduras, cereales integrales y la proteína de origen vegetal en la prevención de enfermedades, así como las últimas investigaciones sobre los antioxidantes y sobre la combinación de sustancias protectoras en plantas, está contribuyendo a impulsar el desarrollo del mercado de los alimentos funcionales en Europa.

La necesidad de contar con alimentos que sean de mayor beneficio para la salud, también se ve apoyada por los cambios socioeconómicos y demográficos que se están dando en la población. El aumento de la esperanza de vida, que tiene como consecuencia el incremento de la población anciana y el deseo de gozar de una mejor calidad de vida, así como el aumento de los costos sanitarios, han potenciado que los gobiernos, los investigadores, los profesionales de la salud y la industria alimenticia busquen la manera de controlar estos cambios de forma más eficaz. Ya existen una gran variedad de alimentos a disposición del consumidor, pero en estos momentos la prioridad es identificar qué alimentos funcionales pueden mejorar la salud y el bienestar y reducir el riesgo o retrasar la aparición de importantes enfermedades, como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la osteoporosis. Si los alimentos funcionales se combinan con un estilo de vida sano, pueden contribuir de forma positiva a mejorar la salud y el bienestar. (4)

Los alimentos funcionales han sufrido una explosión en los países con un elevado nivel de desarrollo económico y educativo. La mayoría de las empresas de alimentos funcionales se fundaron después de 1995, indicativo de la juventud, fortaleza y crecimiento del sector.

La tendencia exponencial del crecimiento de los alimentos funcionales se debe al deseo de obtener una mejor calidad de vida, obtener una relación más estrecha entre la alimentación sana y el placer de comer; tener un mayor conocimiento de la alimentación saludable y de los descubrimientos científicos.

El mercado japonés funcional es probablemente el más desarrollado del mundo. Los consumidores japoneses tienen la preocupación de unir el alimento con la salud y, por consiguiente tener más productos de alimentación funcional. El término de Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's, con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" y se refiere a aquellos alimentos en forma natural o procesada que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona.

En países occidentales la historia de estos alimentos se remota a las primeras prácticas de fortificación con vitaminas y minerales, así como también a la adición de componentes en los alimentos procesados, con el objeto de complementar alguna deficiencia de la población. (2)

1.2.1 Definición de alimentos funcionales

Las áreas de interés particular se dirigen a aquellos alimentos funcionales que pueden mejorar el funcionamiento del sistema inmunológico, reducir el riesgo de cáncer, ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares y el exceso de colesterol.

La generación de un nuevo sector del mercado de alimentos funcionales modificará la salud de la población y por consiguiente la sanidad, modificará los hábitos alimenticios que tendrán un cierto efecto en pautas sociales y en gran medida también modificará a la agricultura. (2).

Actualmente existe una variedad de definiciones del término "alimentos funcionales" (AF), generadas por diferentes organismos, los cuales es

conveniente revisar para establecer un marco conceptual que permita estudiar los efectos del consumo de estos alimentos en el contexto de la situación actual. El termino alimentos funcionales no es una categoría de alimento legalmente reconocida en Estados Unidos y Canadá. (5)

España: “Aquel alimento que satisfactoriamente ha demostrado afectar benéficamente una o más funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados en una forma que resulta relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgos de enfermedad”. (ILSI, International Life Science Institute). (6)

EUA: “Las sustancias específicas de los alimentos que pueden favorecer la salud como parte de una dieta variada”. FDA. (2)

Canadá: “Preparaciones purificadas que declaren efectos beneficios en la prevención o tratamiento de enfermedades, se consideran medicamentos según el Ministerio de salud”. (7)

Japón: “Alimentos para uso específico de salud (FOSHU): Se refiere aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, mas allá de su contenido nutrimental”. Ministerio de Salud y Bienestar del gobierno japonés. (8,11)

Otros términos creados para caracterizar los “alimentos funcionales” son:

Fármaco alimentos, Fitoalimentos, Fitonutrientes, Alimentos inteligentes, Alimentos diseñados, Alimentos terapéuticos, Alimentos de valor añadido, Prebióticos y Probióticos, Fuentes fotoquímicas.

Hoy en día, una de las propuestas de mayor aceptación para alimentos declarados funcionales es: “Cualquier alimento o parte de un alimento, en forma

natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionados (compuestos bioactivos) que favorecen la salud, la capacidad física y el estado mental, ayudando también a la prevención, reducción y tratamiento de enfermedades”. (9)

1.2.2 Definición de Compuestos Bioactivos

Son constituyentes extra nutricionales presentes en alimentos en pequeñas cantidades; han sido estudiados para evaluar sus efectos sobre la salud. Estos compuestos han sido agrupados por su variación en estructura química y función. Dentro de estos compuestos se encuentran: polifenoles, flavonoides, fitoestrógenos, carotenos, compuestos organosulfurados, esteroides, betaglucano, ácidos grasos mono y poliinsaturados, isotiocianatos, monoterpénos, vitaminas, fibra dietética, oligosacáridos, prebióticos, tocoferoles, entre otros. (10,11)

1.2.3 Efecto de los alimentos funcionales en la salud

Los expertos opinan que muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares) se relacionan de manera estrecha con la dieta alimenticia y el envejecimiento. Recientemente, ha surgido más evidencia científica que sostiene el papel que desempeñan los alimentos, así como de los compuestos bioactivos en la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades. (12)

Los alimentos son excelentes fuentes de compuestos bioactivos (tabla 1), en su gran mayoría son antioxidantes e incluso pueden tener efectos sinérgicos con algunos nutrimentos. No ejercen un papel nutricional, puesto que no se trata de sustancias indispensables para el organismo, su consumo supone una protección adicional contra la acción nociva de sustancias provenientes de la dieta y del entorno ambiental y que afectan la salud de la población (6)

Tabla 1. Alimentos Funcionales y sus ingredientes

Clase/Componente	Origen	Beneficio potencial
Carotenoides		
Beta caroteno	Zanahoria	Neutraliza los radicales libres que podrían dañar a las células.
Luteína	Vegetales verdes	Contribuye a una visión sana.
Licopeno	Tomate	Podría reducir el riesgo de cáncer de próstata.
Fibras dietéticas		
Fibra insoluble	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colon.
Beta glucano	Avena	Reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular.
Ácidos grasos		
¹ ADH ² AEP	Aceites de peces	Podrían reducir el riesgo de enfermedad Cardiovascular y mejorar funciones mentales y visuales.
Ácido linoléico	Queso, productos cárnicos	Podrían mejorar la composición corporal, podrían reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer.
Flavonoides		
Catequinas	Té	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer.
Flavonas	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer.
Esteroles vegetales		
Ester estanol	Maíz, soya, trigo	Reduce los niveles de colesterol sanguíneo.
Fructo oligosacáridos	Achicoria, cebolla	Podría mejorar la salud gastrointestinal.
Probióticos		
Lacto bacilos	Yogurt	Podría mejorar la salud gastrointestinal.
Fitoestrógenos		
Isoflavonas	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia.

¹ ADH. Ácido docosaheptaenoico (22:6 n-3)

² AEP. Ácido eicosepentaenoico (22:5 n-3)

Existen diversos compuestos bioactivos distribuidos en la naturaleza y para la mayoría de ellos se ha establecido una ingesta diaria recomendada (IDR), así como el beneficio potencial que tienen en el organismo. En la tabla 2 se muestran algunos compuestos, los alimentos que los proveen, la IDR establecida y su beneficio potencial de manera resumida.

Tabla 2. Ejemplos de compuestos bioactivos en alimentos (7, 13, 14, 15)

Compuestos y Alimentos Funcionales	Fuentes	IDR	Beneficio potencial
Organosulfurados	Ajo, cebolla, puerro	No reportado	Disminuye colesterol total, y colesterol cLDL, disminuye triglicéridos, presión sanguínea trombosis, tiene actividad antioxidante.
Isotiocianatos	Brócoli, berro	No reportado	Disminuye la iniciación de tumores y su crecimiento, disminuye la activación carcinógena
Ácido oleico	Aceite de olivo extra virgen	No reportado	Tiene actividad antioxidante y disminuye la oxidación del colesterol cLDL
Mono terpenos	Aceite esencial de frutas cítricas, menta, cerezas, hierbas y de soya	No reportado	Disminuye el colesterol total y el colesterol cLDL, disminuye la iniciación de tumores y su crecimiento.
Cumestanos	Clavo, aceite de linaza, alfalfa	No reportado	Disminuye niveles de colesterol cLDL en sangre, tiene actividad antioxidante. Funciona como estrógeno.
Proteínas de soya: Fitoestrógenos, Isoflavonas	Frijoles de soya, alimentos a base de soya	60mg	Síntomas de menopausia. Protege contra enfermedades del corazón y algunos tipos de cáncer, disminuyen el colesterol cLDL y colesterol total.
Resveratrol	Uva, vino tinto	25µmol	Disminuye oxidación del

			colesterol cLDL, disminuye síntesis de eicosanoides, tiene actividad antioxidante
Lignanós: Taninos, Proantocianidinas	Vegetales, lino, centeno, cocoa, chocolate, arándano	No reportado	Mejora la salud del tracto urinario. Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares
Carotenos: Alfa caroteno, Beta caroteno, Luteína y Licopeno	Zanahorias, frutas vegetales, productos de jitomate	1.9mg/día 6.54mg/día 6.15mg/día	Neutraliza radicales libres, los cuales pueden causar daño en las células. Reduce riesgo de degeneración muscular. Reduce el riesgo de cáncer de próstata.
Fibra dietética: Fibra insoluble Beta glucanos Fibra soluble	Salvado de trigo y avena	15-40 g/día	Reduce el riesgo de padecer cáncer de seno o colón. Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares.
Ácidos grasos: Ácidos grasos omega-3 ADH/AEP Ácido linolénico conjugado (ALC)	Aceite de atún y otros pescados	3.6mg/día	Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Mejora funciones mentales y visuales Mejora la composición de la grasa corporal y disminuye el riesgo de ciertos tipos de cáncer.
Flavonoides: Antocianidinas Catequinas Flavononas Flavonas	Frutas, té, cítricos y vegetales	218mg/día 553mg/día	Neutraliza radicales libres, reduce el riesgo de cáncer.
Fitoesteroles: Esteroles Estanoles	Maíz, soya, aceites, verduras, frutas	160-460mg/día 1g/día	Disminuye niveles de colesterol en sangre inhibiendo la absorción de colesterol
Prebióticos:	Alcachofas, polvo	6-12g/día	Mejora la calidad de la micro flora

Fructooligosacáridos (FOS)	de cebolla		intestinal y la salud gastrointestinal.
Probióticos: Microorganismos benéficos	Yogurt, productos lácteos fermentados	6-12g/día	Mejora la calidad de la micro flora intestinal y la salud gastrointestinal.

Isoflavonas

Los fitoestrógenos están divididos en tres clases: isoflavonas, cumestanos y lignanos, estructuralmente todos son compuestos di-fenólicos y son similares al estrógeno. Las isoflavonas, genisteina y diadzeina (figura 1), se encuentran predominantemente en los frijoles de soya.

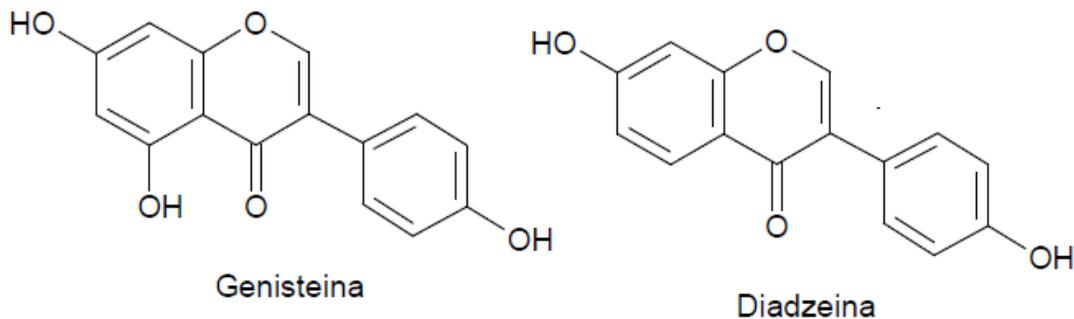


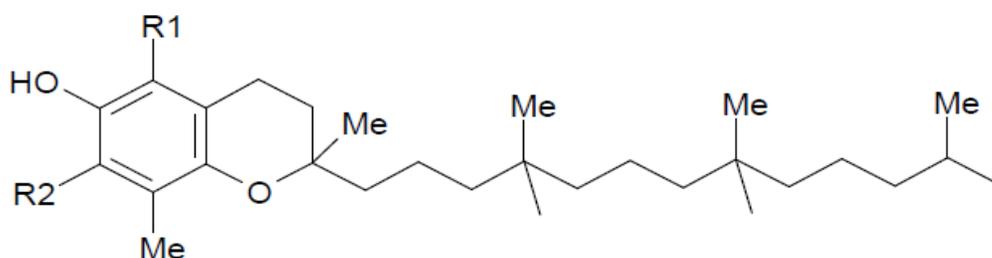
Figura 1. Estructura de Isoflavonas

Las isoflavonas son los fitoestrógenos más estudiados por su relación con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. (13) Las isoflavonas funcionan de forma similar a los flavonoides ya que bloquean efectivamente las enzimas que promueven el crecimiento de tumores y aparentemente actúan también como hormonas. Son mejor conocidas por sus efectos antitumoríficos en el cáncer de la glándula mamaria en animales experimentales. Genisteina y Daidzeina son “fitoestrogenos”, débiles agonistas del estrógeno y pueden actuar como tal, especialmente en mujeres con bajos niveles de estrógeno. Ambas

compiten y bloquean el receptor hormonal normal y en esta forma interfieren con los efectos de crecimiento de las hormonas naturales. (9, 16)

Tocoferoles

Los tocoferoles son los antioxidantes liposolubles naturales más potentes y son reconocidos por su eficiente efecto inhibitorio de los procesos de oxidación de lípidos en alimentos y en sistemas biológicos. (17) Los tocoferoles se encuentran en semillas oleaginosas, hojas y otras partes verdes de plantas. El alfa tocoferol se encuentra principalmente en los cloroplastos de las células vegetales, mientras que sus homólogos beta, gamma y delta (figura 2) se encuentran fuera de estas células.



Tocoferoles α -tocoferol: R1= CH₃, R2= CH₃; β -tocoferol: R1= CH₃, R2= H;
 γ -tocoferol: R1= H, R2= CH₃; δ -tocoferol: R1= H, R2= H

Figura 2. Tocoferoles

Puesto que la vitamina E y sus homólogos, los tocoferoles y tocotrienoles, son sintetizados solo en plantas, estos compuestos constituyen nutrientes muy importantes en la dieta del hombre y otros animales mayores.

La actividad antioxidante de los tocoferoles y tocotrienoles es debido principalmente a su habilidad para donar sus hidrógenos fenólicos a los radicales libres. Aunque generalmente se acepta la idea de que la actividad auto oxidante relativa de los tocoferoles es en el siguiente orden: alfa, beta, gamma y delta, existe una confusión general en relación a su potencia relativa in vitro. (9)

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos o polifenoles son considerados metabolitos secundarios de las plantas en forma conjugada con uno o más residuos de azúcar, (18) algunas veces ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminas, lípidos y otros compuestos fenólicos unidos a los grupos hidroxilos y se encuentran distribuidos en los tejidos y células vegetales, variando considerablemente de acuerdo al tipo de compuesto químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular. (19)

Sus principales funciones en las células vegetales son actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción y como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa. Es evidente que algunos compuestos fenólicos son metabolizados en el tracto gastrointestinal. En el colón, las agliconas son absorbidas a través del epitelio intestinal y metiladas y/o conjugadas con ácido glucorónico o sulfato en el hígado. El principal órgano involucrado en el metabolismo de los polifenoles es el hígado, también están implicados los riñones y la mucosa intestinal, ya que contienen enzimas que intervienen en el metabolismo de los polifenoles. (20)

Los compuestos fenólicos funcionan como antioxidantes naturales de los alimentos (inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas). Además la reacción de oxidación de estos compuestos hacia la formación de quinonas, catalizada por las enzimas polifenol oxidasas, produce un oscurecimiento enzimático en los alimentos. (21)

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas. La primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado pueda retrasar, o prevenir la auto oxidación o la oxidación mediada por un radical libre.

La segunda es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores. Entre los compuestos fenólicos con una reconocida actividad antioxidante destacan los flavonoides, los ácidos fenólicos, taninos, resveratrol y cumarinas. (10)

A los compuestos fenólicos se les han atribuido actividades farmacológicas y médicas relacionadas con la prevención o mejora del estado de salud. Entre estas

destacan sus efectos vasodilatadores, anti carcinogénicos, anti inflamatorios, bactericidas, estimuladores de la respuesta inmune, antialérgicos, antivirales, efectos estrogénicos e inhibidores de la fosfolipasa A2 y otras enzimas. Los polifenoles pueden interferir en distintas etapas que conducen al desarrollo de tumores malignos al proteger al ADN del daño oxidativo, inactivando de este modo los carcinógenos, inhibiendo la expresión de los genes mutágenos y de la actividad de las enzimas encargadas de la activación de pro-carcinógenos y activando los sistemas enzimáticos responsables de la detoxificación de xenobióticos. (18)

Fibra dietética

Se da el nombre de fibra dietética (FD) a la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano, con una fermentación total o parcial en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y otras sustancias asociadas; se encuentra presente en diversas frutas, vegetales (tabla 3) y cereales.

Aunque no hay acuerdo pleno en lo que respecta a la nomenclatura y a los aspectos analíticos, a grandes rasgos las FD suelen dividirse en estructurales o insolubles, no estructurales o solubles y polisacáridos de algas. Las insolubles o estructurales (FI) forman parte de la pared de la célula vegetal a la que confieren rigidez e incluyen ligninas, hemicelulosas, mananos, galactomananos, fructanos, celulosa y algunas pectinas. Las solubles o no estructurales (FS) son secreciones de la célula vegetal e incluyen gomas, mucílagos y muchas pectinas. Entre los polisacáridos de algas figuran el agar, la carragenina y los alginatos, sustancias muy utilizadas en la industria de los alimentos como espesantes.

Una dieta rica en fibra tiene baja densidad energética, frecuentemente tiene un bajo contenido en grasa, es voluminosa, y es rica en micronutrientes, todos estos factores tienen efectos benéficos en la salud. Por ser un residuo no digerible, la mera presencia de FD en un alimento o dieta “diluye” los demás componentes y nutrimentos cuya concentración es menor de la que habría sin la presencia de FD.

Se ha comprobado también que las FD tienen un impacto significativo en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, disminución de colesterol y glucosa en sangre, diabetes tipo II, estreñimiento y obesidad, esta última es porque produce saciedad más temprana y duradera, lo que conduce a la postre a un consumo menor de alimentos a su vez más diluidos. Una baja ingesta de fibra ha sido asociada con una alta incidencia de enfermedades tales como hipertensión, enfermedades coronarias, desordenes intestinales y cáncer en el tracto digestivo. Por otro lado grandes cantidades de FD puede tener un efecto negativo en la biodisponibilidad de algunos nutrimentos. (22)

En general las FD estimulan la salivación; además tienen las siguientes propiedades y efectos específicos: (6, 23, 24, 25)

Retención de agua. Las hemicelulosas y ligninas absorben agua, lo que produce un aumento de volumen y suavidad de las heces, un tránsito intestinal más rápido y menor presión intraluminal.

Intercambio catiónico. Las ligninas son quelantes de sales biliares, tóxicos diversos, sustancias carcinogénicas y radicales libres, lo que explica su efecto positivo en relación con la hipercolesterolemia y la carcinogénesis.

Fibra Soluble:

Viscosidad. Las gomas y pectinas elevan la viscosidad del contenido del tubo digestivo, lo que retrasa el vaciamiento gástrico y reduce o retarda la absorción intestinal de los nutrimentos como la glucosa y el colesterol así como el de las sales biliares; esto reduce el índice glucémico y la colesterolemia.

Fermentación fecal. Las fibras solubles se fermentan completamente y la celulosa en un 50 %, pero el resto de las fibras no se fermentan. La fermentación eleva la población de microorganismos de la flora intestinal y con ello el volumen de las heces. (23) Estudios, tanto en humanos, como en modelos animales, han demostrado que la pectina es uno de los principales componentes de la fibra alimentaria responsable de la disminución del colesterol, y que los suplementos de pectina en la dieta (15-20 g/día) reducen los niveles de colesterol cLDL en suero, y no así los de la fracción de colesterol cHDL. En la tabla 3 se observa el

contenido de fibra dietética, tanto soluble como insoluble en algunos vegetales, dentro de los cuales, el nopal ocupa el quinto lugar, de mayor a menor contenido de fibra dietética 3.5 g/100g.

Tabla 3. Contenido de fibra dietética en vegetales (g/100g). (22)

Alimento	FI	FS	FD
Cebolla cruda	1.2	0.1	1.3
Jitomate crudo	1.0	0.2	1.1
Calabacita cocida	1.4	0.1	1.5
Chile serrano	5.4	0.3	5.6
Espinaca cruda	2.6	0.3	2.88
Nopal cocido	2.7	0.8	3.5
Berros crudos	2.9	0.1	2.9
Ejote cocido	2.7	0.9	3.6
Perejil crudo	4.4	0.3	4.6
Alcachofa cocida	2.5	1.9	4.3

1.3 La soya

La soya (*Glycine max*), es una importante semilla perteneciente a la familia de las leguminosas, existen tres especies principales: *Glycine ussuriensis*, en estado natural, *Glycine max* cultivada y *Glycine gracillis* intermedia. Siendo *Glycine max* la más desarrollada en el mundo. (26)

El grano de soya y sus subproductos (aceite y harina de soya) se utilizan en la alimentación humana y del ganado. Se comercializa en todo el mundo debido a sus múltiples usos.

El cultivo de soya es un factor muy valioso si se efectúa en el marco de un cultivo por rotación estacional, ya que fija el nitrógeno en los suelos agotados tras haberse practicado otros cultivos intensivos. En cambio el monocultivo de soya acarrea desequilibrios ecológicos y económicos si se mantiene prolongadamente y en grandes extensiones.

La soya se ha utilizado en Asia en la alimentación humana desde hace unos 5000 años siendo crucial en la nutrición de estos pueblos; se considera como oleaginosa y sus principales componentes son la proteína y el aceite. Las proteínas son esenciales para crecimiento del organismo y para la reparación de los tejidos. La soya es la leguminosa que tiene mayor cantidad y mejor calidad de proteínas y por esto, se utiliza para fortificar productos a base de cereales como el maíz y el trigo. Las grasas son una fuente concentrada de energía para el organismo. El aceite tiene aplicaciones en la industria de alimentos, destaca por su elevado contenido de ácido linolénico el cual, es esencial para el crecimiento y mantenimiento normal de la piel, además, contiene lecitina la cual posee ciertas propiedades curativas en los sistemas nerviosos y cardiovasculares. Los principales hidratos de carbono en el grano son sacarosa, rafinosa y estaquiosa. La manera en que el frijol procesado determina las características de los productos finales como: harina desgrasada, sémola, salvado, el concentrado y aislado de proteína, etc. El tratamiento térmico de estos productos sirve para mejorar el sabor, aumentar el valor nutritivo e inactivar anti nutrimentos. (27)

Tabla 4. Clasificación científica (28)

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	Glycine
Especie	G. max

Tabla 5. Composición química del frijol de soya. (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	8.54
Energía	kcal	446
Energía	kJ	1866
Proteína	g	36.49
Lípidos Totales	g	19.94
Cenizas	g	4.87
Hidratos de carbono (por diferencia)	g	30.16
Azúcares totales	g	7.33
Fibra total dietaria	g	9.3
Minerales		
Calcio	mg	277
Hierro	mg	15.70
Magnesio	mg	280
Fosforo	mg	704
Potasio	mg	1797
Sodio	mg	2
Zinc	mg	4.89
Cobre	mg	1.658
Manganeso	mg	2.517
Selenio	mg	17.8
Vitaminas		
Vitamina C, ácido ascórbico total	mg	6.0
Tiamina	mg	0.874
Riboflavina	mg	0.870
Niacina	mg	1.623
Ácido pantoténico	mg	0.793
Vitamina B-6	mg	0.377
Folatos totales	mg	375
Colina total	mg	115.9
Betaína	mg	2.1
Beta caroteno	mcg	13
Vitamina A IU	IU	22
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0.85
Vitamina K (Ubiquinona)	mcg	47.0
Lípidos		
Ácidos grasos totales saturados	g	2.884

14:0	g	0.055
16:0	g	2.116
18:0	g	0.712
Ácidos grasos totales monoinsaturados	g	4.404
16:1	g	0.055
18:1	g	4.348
Ácidos grasos poliinsaturados	g	11.255
18:2	g	9.925
18:3	g	1.330
Fitoesteroles	mg	161
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.591
Treonina	g	1.766
Isoleucina	g	1.971
Leucina	g	3.309
Lisina	g	2.706
Meteonina	g	0.547
Cisteína	g	0.655
Fenilalanina	g	2.122
Tirosina	g	1.539
Valina	g	2.029
Arginina	g	3.153
Histidina	g	1.097
Alanina	g	1.915
Ácido aspartico	g	5.112
Ácido glutámico	g	7.874
Glicina	g	1.880
Prolina	g	2.379
Serina	g	2.357

La soya forma parte importante de la dieta de los países orientales; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su consumo en países occidentales debido a sus efectos benéficos en la salud. (26) Estados Unidos se ha convertido en el principal productor de soya, con una producción registrada de 96,1 millones de toneladas en el año 2009, lo que representa el 45 % de la producción mundial. Los países que más cultivan la soya en América Latina son Brasil y Argentina con una producción de 61,6 y 52,5 millones de toneladas respectivamente, mientras que en México en ese mismo año fue de 0,127 millones de toneladas (tabla 5).

Su consumo se ha asociado con una disminución en las concentraciones de colesterol y triglicéridos a través de diferentes mecanismos en individuos con hiperlipidemia, en la disminución de la osteoporosis y daño renal han demostrado que el consumo de proteína de soya mejora significativamente la función renal y disminuye la respuesta inflamatoria. Recientemente se ha demostrado que no solo los hidratos de carbono y los lípidos son los responsables del desarrollo de la obesidad, sino que el tipo de proteína juega un papel muy importante en el desarrollo de la obesidad. Se ha demostrado que el consumo de proteína de soya por un tiempo prolongado es capaz de regular la leptina y disminuir la cantidad de grasa corporal. (31) Sin embargo en nuestro país, el consumo de proteína no se hace en una forma habitual, por lo que el desarrollo de una bebida a base de proteína de soya y fibra soluble tendría la ventaja de que se podría incluir fácilmente en la dieta habitual de los individuos.

Figura 3. Sembrado de soya



Tabla 6. Consumo Mundial de *Glycine max* (30)

Principales productores de soja - 2009 (millones de toneladas)	
Estados Unidos	96,1
Brasil	61,6
Argentina	52,5
China	15,4
India	10,1
Paraguay	6,9
Canadá	3,6
Bolivia	2,7
Total mundial	246,7

1.3.1 La proteína de soya

Se suele considerar proteína de soya a la proteína de almacenaje contenida en partículas discretas llamadas cuerpos proteínicos, que se estiman contienen al menos el 60-70% del total de proteínas de la soya. Tras la germinación de la soya, la proteína será digerida por la planta y, los aminoácidos liberados serán transportados a las partes de la plántula en crecimiento. Las proteínas de legumbres como la soya pertenecen a la familia de las globulinas almacenadas en semillas llamadas leguminas (11S) o vicilinas (7S), o glicinina y beta-conglicinina en la soya. Los granos contienen un tercer tipo de proteína de almacenaje llamada gluten o "prolaminas". La soya también contiene proteínas biológicamente activas o metabólicas, como enzimas, inhibidores de tripsina, hemaglutininas y cisteína proteasas. Las proteínas de almacenaje de los cotiledones de soya, importantes para la nutrición humana, pueden extraerse de la forma más eficiente con agua, agua con álcali diluido (pH 7-9) o soluciones acuosas de cloruro sódico (0,5-2 M) a partir de soya descascarillada y desgrasada sometida a un tratamiento mínimo de calor, de forma que la proteína permanezca en un estado casi natural. La soya se procesa para obtener tres tipos de productos ricos en proteínas: harina de soya, soya concentrada y aislado de soya. (39)

Aislados. La proteína aislada de soya es una forma altamente refinada o pura de proteína de soya con un contenido proteínico mínimo del 90% (90% de proteína N×6,25 sobre una base libre de humedad). Se elabora a partir de harina de soya desgrasada, a la que se elimina la mayor parte de sus componentes no-proteínicos, grasas y hidratos de carbono. Debido a esto, tiene un sabor neutral y provoca menos gases debido a flatulencia bacteriana. Los aislados de soya se usan principalmente para mejorar la textura de los productos cárnicos, pero también para incrementar el contenido proteínico, mejorar el sabor y como emulgente. La proteína aislada de soya tiene poco contenido graso cuando se compara con fuentes animales de proteína. La proteína aislada de soya pura se

usa primordialmente en la industria alimentaria. A veces está disponible en tiendas de alimentos dietéticos o en la sección de farmacia de algunos supermercados. Suele encontrarse combinada con otros ingredientes. (39)

Concentrados. La proteína de soya concentrada contiene sobre un 70% de proteína (70% de proteína N×6,25 sobre una base libre de humedad) y es básicamente la semilla de soya sin los hidratos de carbono solubles en agua. Se obtiene eliminando parte de los hidratos de carbono (azúcares) de las semillas descascarilladas y desgrasadas. La proteína de soya concentrada contiene la mayoría de la fibra presente originalmente en las semillas de soya. Se usa ampliamente como ingrediente funcional o nutricional en una amplia variedad de productos alimenticios, principalmente en comidas precocinadas, cereales de desayuno y en algunos productos cárnicos. La proteína de soya concentrada se emplea en los productos cárnicos y avícolas para incrementar la retención de agua y grasa y mejorar los valores nutricionales (más proteínas, menos grasas). Los concentrados de proteína de soya se comercializan en diferentes formatos: gránulos, harina y polvo seco. Debido a que son muy digeribles, resultan adecuados para niños, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, y ancianos. También se usan en comida para mascotas, sustitutos de la leche para terneros y cerdos, e incluso para algunas aplicaciones no alimentarias. (39)

Propiedades funcionales de la proteína de soya

Alta solubilidad, Gran absorción de agua y unión, Alta viscosidad, Capacidad de gelación, Cohesión-adhesión, Elasticidad, Alta capacidad de emulsificación, Buena absorción de grasa, Unión de sabores, Control del color, Espumado. (26)

1.3.2 Efectos de la proteína de soya sobre la salud.

La soya forma parte importante de la dieta de los países orientales; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su consumo en países occidentales debido a sus efectos benéficos en la salud. Su consumo se ha asociado con una disminución en las concentraciones de colesterol y triglicéridos a través de diferentes mecanismos en individuos con hiperlipidemia, (31) en la disminución de

la osteoporosis y daño renal han demostrado que el consumo de proteína de soya mejora significativamente la función renal y disminuye la respuesta inflamatoria. Sin embargo en nuestro país, el consumo de proteína no se hace en una forma habitual, por lo que el desarrollo de una bebida a base de proteína de soya y fibra soluble tendría la ventaja de que se podría incluir fácilmente en la dieta habitual de los individuos.

Estudios en animales obesos y diabéticos alimentados con proteína de soya mostraron una disminución significativa en la concentración de triglicéridos y colesterol en suero, así como en el hígado disminuyendo de esta manera el proceso denominado lipotoxicidad. (73) Estudios en humanos sugieren que el consumo de proteína de soya pudiera moderar la hiperglucemia y reducir la ganancia en peso en paciente obesos y con diabetes. Previos estudios en el departamento de fisiología de la Nutrición del INCMNSZ han demostrado que el consumo de proteína de soya mantiene las concentraciones de insulina (Ins) dentro de los valores normales y aumentan las concentraciones de glucagon, dando como resultado una relación I/G baja. La manera como la célula censa las concentraciones de insulina es a través del factor de transcripción SREBP-1. Por lo que bajas concentraciones de insulina activarán en menor grado a SREBP-1 y por lo tanto la síntesis de ácidos grasos. (32)

La Administración de Alimentos y medicamentos de Estados Unidos (FDA) aprobó una declaración que indica que 25 g de proteína de soya al día pueden reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, siempre y cuando los productos que la proporcionan la aporten al menos 6.25 gr. de proteína de soya por ración. Esto trae como consecuencia que las concentraciones de triglicéridos en suero, disminuyan significativamente. (72)

Por lo que la FDA y la American Heart Association (AHA) aprobaron una declaración de que 25 gramos de proteína junto con una dieta baja en grasa saturada ayudaban a reducir el riesgo de presentar enfermedades

cardiovasculares. Sin embargo, posteriormente se reportó que la disminución en las concentraciones de colesterol después del consumo de proteína de soya solo era del 3 %, que aunque pudiera ser significativo en la prevención de enfermedades cardiovasculares no era tanto como previamente se había propuesto (aproximadamente del 10 %). Previos estudios con otros nutrimentos han demostrado que también el consumo de fibra soluble tiene un efecto importante en la reducción de lípidos en plasma. Por lo que la combinación de diferentes componentes dietarios como son la proteína de soya y sus isoflavonas fuertemente unidas a la proteína así como la fibra soluble pudieran tener un efecto aditivo en la reducción de colesterol y triglicéridos como ha sido demostrado previamente.

Recientemente el Panel para el tratamiento de adultos del Programa Nacional de Educación en colesterol (ATPIII) y la Asociación Americana del Corazón han recomendado el consumo de productos alimenticios que contengan al menos de 10-25 gramos de fibra junto con proteína de soya para disminuir el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares. Se ha demostrado que la combinación de diferentes componentes dietarios puede contribuir significativamente en la reducción de colesterol cLDL al mismo grado que las estatinas. (32)

En el Departamento de Fisiología de la Nutrición se iniciaron los estudios preliminares para desarrollar una bebida a base de proteína de soya y fibra soluble para tener un mayor efecto benéfico sobre la disminución de las concentraciones de lípidos en suero.

Figura 4 a. Índice glucémico de una bebida de soya con alto contenido de hidratos de carbono y fibra

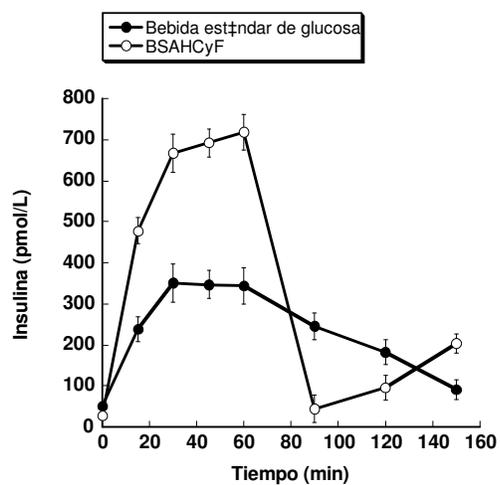
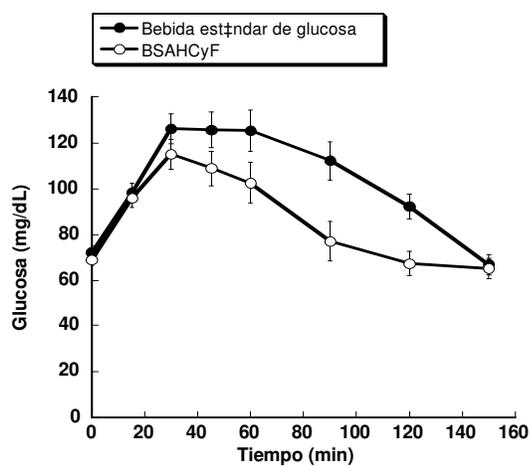


Figura 4 b. Índice insulinémico de una bebida de soya con alto contenido de hidratos de carbono adicionada con fibra.

Sin embargo, cuando se determinó el índice glucémico de la bebida de proteína de soya este resultó con un valor de aproximadamente de 60 que se considera alto. Esto indica que después del consumo de esta bebida, las concentraciones de glucosa aumentan significativamente con respecto a la solución estándar de glucosa y que para mantener las concentraciones de glucosa en suero dentro de los valores normales se tiene que secretar más insulina como se puede apreciar en la figura 4.

Esta bebida aunque tuvo un efecto significativo sobre las concentraciones de lípidos, no podría ser utilizada por pacientes obesos o diabéticos. Con el objeto de aumentar el efecto benéfico de esta bebida se rediseñó una formulación sin variar la concentración de proteína, modificando exclusivamente la proporción de los otros ingredientes. (32)

1.4 El nopal

Los nopales son plantas perennes que florecen entre febrero y junio principalmente y se agrupan en dos géneros: *Nopalea* constituido por plantas que tienen estambres más grandes que el perianto y *Opuntia* en el que los estambres son más cortos. (33) La planta del nopal tiene gran resistencia a la sequía y las fluctuaciones extremas de temperaturas, así como su notable adaptabilidad a los suelos calcáreos y porosos.

Hoy en día las plantas de *Opuntia* crecen en más de 30 países entre ellos están: México, Egipto, Italia, Grecia, España, Turquía, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Perú, Israel, Jordania, Argelia, Marruecos e India. (34)

La producción de Nopalitos a lo largo de la República Mexicana tiene un rendimiento de 660,939 toneladas por año y una superficie sembrada de 11,172 hectáreas. En el Distrito Federal, específicamente la Delegación política Milpa Alta participa con un 38.8% de la superficie plantada y el 43% de la producción total nacional, seguida por el estado de Morelos con una superficie sembrada del 21.7% y una producción del 36% durante el año 2009. (35)

El nopal es uno de los recursos naturales típicos y asociados a México, del cual diversos estudios efectuados han demostrado que cuenta con una gran cantidad

de propiedades, que ayudan a mantener la buena salud de las personas. Pertenece al género *Opuntia* y se puede decir que todas las especies de *Opuntia* son no tóxicas. Sin embargo, hay algunas especies que son más fáciles de utilizar que otras. Y esto estriba básicamente en el contenido de espinas. (36) En la República Mexicana se reconoce como nopales a un gran número de especies del género *Opuntia* de la familia botánica Cactácea, nativos de nuestro país, se han distribuido a otras partes del mundo a partir del siglo XVI. Bravo reconoce para México varias especies de *Opuntia* que se desarrollan en zonas áridas, semiáridas, cálidas y templadas (Bravo, 1978). Viven desde el nivel del mar hasta cerca de los 3000 metros en varios Estados de la República Mexicana y pueden ser silvestres en algunos tipos de vegetación o cultivados. (37)

Tabla 7. Clasificación científica. (37)

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntieae
Género	Opuntia
Especie	Opuntia ficus-indica

Tabla 8. Composición química del nopal verdura. (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	94.12
Energía	kcal	16
Energía	kJ	66
Proteína	g	1.32
Lípidos totales	g	0.09
Cenizas	g	1.14
Hidratos de carbono por diferencia	g	3.33
Fibra total dietaria	g	2.2
Azucares totales	g	1.15
Calcio	mg	164
Fierro	mg	0.59
Magnesio	mg	52
Fósforo	mg	16
Potasio	mg	257
Sodio	mg	21
Zinc	mg	0.25
Cobre	mg	0.052
Manganeso	mg	0.457
Selenio	mcg	0.7
Vitamina C, Total de ácido ascórbico	mg	9.3
Tiamina	mg	0.012
Riboflavina	mg	0.041
Niacina	mg	0.410
Ácido pantoténico	mg	0.167
Vitamina B-6	mg	0.070
Folatos totales	mcg	3
Colina	mg	7.3
Vitamina A, RAE	mcg_rae	23
Beta Caroteno	mcg	250
Vitamina A, IU	IU	457
Vitamina K	mcg	5.3
Ácidos grasos totales saturados	g	0.016
16:0	g	0.002
18:0	g	0.018
Ácidos grasos totales mono insaturados	g	0.018
16:1	g	0.002

18:1	g	0.017
Ácidos grasos totales poli insaturados	g	0.050
18:2	g	0.044
18:3	g	0.005
Triptófano	g	0.014
Treonina	g	0.040
Isoleucina	g	0.049
Leucina	g	0.077
Lisina	g	0.059
Metionina	g	0,015
Cisteína	g	0.008
Fenilalanina	g	0.49
Tirosina	g	0.029
Valina	g	0.059
Arginina	g	0.052
Histidina	g	0.025
Alanina	g	0.050
Ácido aptico	g	0.086
Ácido glutámico	g	0.145
Glicina	g	0.046
Prolina	g	0.043
Serina	g	0.043

A través de los cientos de años, el saber, el manejo y el uso de los nopales ha aumentado de manera importante; en la actualidad varios grupos culturales de México tienen a estas plantas entre sus principales recursos. Los usos e importancia de los nopales tienen relación con la naturaleza, los ecosistemas y el hombre. El nopal (*Opuntia ficus indica*) en zonas áridas o semiáridas de nuestro país es común encontrar importantes extensiones de sembradíos de nopal tunero (45, 000 hectáreas), plantas silvestres del tipo de las cactáceas que desarrollan pencas y requieren una mínima cantidad de agua para crecer y desarrollarse, ventaja que ha sido aprovechada por aproximadamente 20,000 productores agrícolas (muchos de escasos recursos) distribuidos principalmente en estados como Puebla, Hidalgo, San Luis Potosí y Zacatecas. Principalmente el nopal se utiliza como un forraje, pero se comercializa excelentemente como “nopal verdura” para consumo humano debido a su calidad alimenticia y su fácil digestibilidad por el organismo, pero además tiene una gran aceptación por su

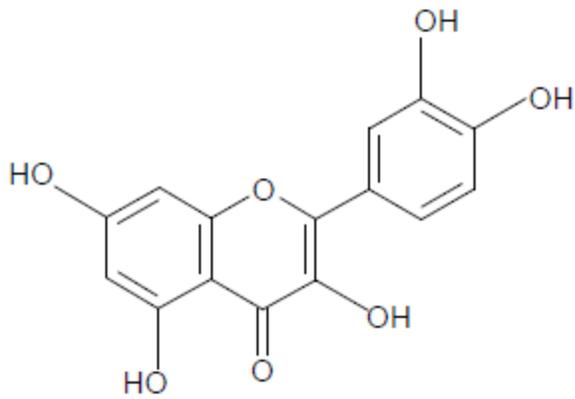
bajo costo, considerándose que en México la ingesta anual *per cápita* de nopal es de 6.4 kilos. Con respecto al valor nutricional de 86 gramos (1 taza) de nopal crudo contienen 2.9 g de hidratos de carbono, 1.1 g de proteína y solamente 14 Kcal, pero sus principales atractivos son que contiene una gran cantidad de fibra dietética soluble e insoluble (2 g de fibra) y 80 miligramos de calcio. (35)

1.4.1 Los polifenoles del nopal

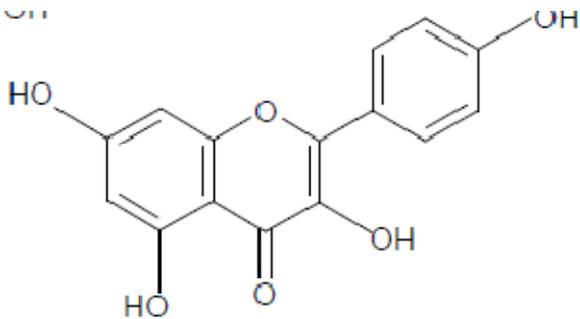
Los polifenoles son micro nutrientes abundantes en la dieta y existe evidencia de éstos componentes en la prevención de enfermedades degenerativas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Los efectos de los polifenoles dependen de su consumo y de la biodisponibilidad, que dependerá de su estructura química (glicosilaciones, esterificación y polimerización) y la matriz del alimento que tendrá influencia sobre la absorción intestinal.

Los flavonoides son los más abundantes en los alimentos y los más representativos son la quercetina y el Kaempferol (figura 5) alrededor de 15-30 mg/kg de peso fresco. Las cebollas, la col, el brócoli y las moras azules son los alimentos más ricos en estos flavonoles. El vino tinto y el té negro contienen 45 mg de flavonoles por litro. (38, 42)

El contenido de flavonoides en el nopal, varían de acuerdo a la variedad, tipo de tejido y estado de madurez. Los fenoles totales (97.6-109.76mg/100g base seca) están constituidos por los flavonoides, flavonoles, ácidos fenólicos y otros ácidos orgánicos. Se ha encontrado que éstas cactáceas producen flavonol 3-O-glicósidos (quercetina, kaempferol e isorhamnetina) mirecitina, vitexina y orientina. Entre otros compuestos se encuentran diversos ácidos orgánicos de los cuales se tienen reportes de que el ácido malónico y el ácido cítrico. (40)



Quercetin



Kaempferol

Figura 5. Polifenoles

1.4.2 Efectos del nopal sobre la salud

Al nopal se le han atribuido diversas acciones farmacológicas, incluidos efectos antiinflamatorios, efectos hipoglucémicos, inhibición de úlceras gástricas, efectos neuroprotectores y efectos antioxidantes. Se ha usado tradicionalmente para dolores abdominales, asma bronquial, quemaduras, indigestión y para el control de la diabetes. (41)

Se ha demostrado en varios estudios, los efectos benéficos que tiene el nopal sobre la salud. Algunos de los nutrimentos a que se deben los efectos benéficos es la gran cantidad de fibra que tiene esta planta; la fibra ayuda a retardar la absorción de los nutrimentos que entran a la sangre y por lo tanto facilita su eliminación. Las fibras insolubles que contiene, crean una sensación de saciedad,

haciendo que disminuya el hambre de las personas y ayudan a una buena digestión. (43)

El nopal incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de azúcar en la sangre. Se ha comprobado científicamente el poder hipoglucemiante del nopal, es decir, como un efectivo tratamiento para la prevención de la diabetes. Se han llevado a cabo investigaciones donde se documenta que el nopal disminuye las concentraciones de glucosa en sangre. En estos estudios se ha demostrado que la ingestión de nopal antes de cada alimento, provoca la disminución del peso corporal y reduce las concentraciones de glucosa, colesterol y triglicéridos en sangre. Esto se ha visto solamente en personas que son resistentes a la insulina, o sea en pacientes con diabetes tipo II, pero para las personas que tienen diabetes tipo I (que no producen insulina), el consumo de nopal no sustituye las inyecciones de ésta.

En personas con colesterol elevado se ha demostrado que, el consumo de nopal, ayuda a eliminarlo evitando que se absorba gran parte de éste y así evitar su depósito en venas y arterias. Los aminoácidos, la fibra y la niacina contenida en el nopal previenen que el exceso de glucosa en la sangre se convierta en grasa, mientras que por otro lado, actúa metabolizando los ácidos grasos reduciendo así la síntesis de colesterol. Existen evidencias experimentales que apoyan la actividad antihiperoglucemiante del nopal con dosis desde 100 g y la actividad llamada "hipoglucemiante aguda" con dosis de 300 a 500 g.

Sin embargo se han encontrado escasas evidencias que apoyen un mecanismo antihiperoglucemiante independiente al conferido a la fibra. La hipótesis de que el nopal produce "hipoglucemia aguda", por incremento de la sensibilidad del receptor de insulina, carece de apoyo experimental. El efecto llamado "hipoglucémico agudo", producido en sujetos con hiperglucemia inducida por vía oral, tratados con 500 g de nopal, no se observa en individuos sanos normoglucémicos, aunque la ingesta de esta planta sea hasta por diez días. En la literatura no se ha encontrado investigación que apoye el empleo del nopal como

medicamento sustituto de los hipoglucemiantes orales. El nopal no debe de administrarse como monoterapia para la diabetes tipo 2, sino como parte del tratamiento integral de los enfermos. (44)

El nopal tiene una cantidad suficiente de aminoácidos y fibra, incluyendo los antioxidantes vitamina C y A, los cuales previenen la posibilidad de daños en las paredes de los vasos sanguíneos, así como también la formación de depósitos de grasa, y es así como también tiene un poder preventivo en relación a la aterosclerosis. (44)

Por último, se sabe que las fibras vegetales y los mucílagos controlan el exceso de ácidos gástricos y protegen la mucosa gastrointestinal previniendo así, las úlceras gástricas y todo ese tipo de afecciones. El Nopal contiene vitaminas A, Complejo B, C, minerales: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro y fibras con lignina, celulosa, hemicelulosa, pectina, y mucílagos que en conjunto con los aminoácidos ayudan a eliminar toxinas. También limpia el colón ya que contiene fibras dietéticas solubles e insolubles. Las fibras dietéticas insolubles, absorben agua y aceleran el paso de los alimentos por el tracto digestivo y contribuyen a regular el movimiento intestinal, además, la presencia de las fibras insolubles en el colón ayudan a diluir la concentración de cancerígenos que pudieran estar presentes. Aunque parece comprobado que el nopal impide la elevación de la glucemia y disminuye los niveles sanguíneos de glucosa por debajo de los valores normales, estos efectos sólo se producen bajo ciertas condiciones como el empleo de grandes dosis (100 a 500 g) de nopal. Debido al contenido de fibra se postula que esta planta disminuye la absorción gastrointestinal de colesterol, lípidos y glucosa y en consecuencia se modifican las concentraciones de estas sustancias en sangre. (45)

1.5 La avena

Avena es un género de plantas de la familia de las poáceas, utilizada como alimento y como forraje para los animales. Es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Las especies más cultivadas son

Avena sativa y *Avena byzantina*, en ese orden. Es rica en proteínas de alto valor biológico, grasas y un gran número de vitaminas, minerales. Es el cereal con mayor proporción de grasa vegetal, un 65 % de grasas no saturadas y un 35% de ácido linoleico. También contiene hidratos de carbono de fácil absorción, además de sodio, potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, cinc, vitaminas B1, B2, B3, B6 y E. Además contiene una buena cantidad de fibras, que no son tan importantes como nutrimentos pero que contribuyen al buen funcionamiento intestinal. La avena también contiene pequeñas cantidades de gluten, por lo que no puede ser utilizada como cereal alternativo para la dieta de los celíacos. Es una planta que tiene menor resistencia al frío que la cebada y el trigo. Se le siembra a principios de la primavera, para ser cosechada a fines del verano. Es exigente en agua por su alto coeficiente de transpiración, aunque el exceso puede perjudicarla. Es muy sensible a la sequía, sobre todo en el período de formación del grano. Debido a que el sistema reticular de la avena es más profundo, puede aprovechar mejor los nutrientes del suelo, por lo que requiere de menor cantidad de fertilizantes para su desarrollo. (47)

Este cereal se utiliza principalmente para la alimentación del ganado, como planta forrajera y en menor cantidad para alimentación humana, aunque no es muy utilizada por estos, a pesar de sus propiedades energizantes. Se le reconocen también propiedades adelgazantes, gracias a su poder para aumentar la producción de orina y el contenido de fibras que aumentan la saciedad. Sus propiedades digestivas permiten que sea utilizada para combatir la pirosis, gastritis, estreñimiento y disfunciones hepáticas.

Los mayores productores de avena son Rusia con 3.7 millones de hectáreas dedicadas al cultivo de la avena, con un rendimiento estimado de 1.57 toneladas por hectárea, con lo que alcanza una producción de 5.8 millones de toneladas de avena. Canadá, Estados Unidos, Australia, Finlandia, Alemania, Polonia y Suecia son los países que le siguen. El cultivo de avena destaca en México como una fuente importante de alimento para la industria pecuaria y se destina el 80% de la producción nacional para su consumo como forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados. (46)

Tabla 9. Clasificación científica

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Lilopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Aveneae
Género	Avena
Especie	A. sativa

Tabla 10. Composición química (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	8.22
Energía	kcal	389
Energía	kJ	1628
Proteína	g	16.89
Lípidos totales	g	6.90
Cenizas	g	1.72
Hidratos de carbono por diferencia	g	66.27
Fibra total dietaria	g	10.6
Calcio	mg	54
Hierro	mg	4.72
Magnesio	mg	177
Fósforo	mg	523
Potasio	mg	429
Sodio	mg	2
Zinc	mg	3.97
Cobre	mg	0.626
Manganeso	mg	4.916
Tiamina	mg	0.763
Riboflavina	mg	0.139
Niacina	mg	0.961
Ácido pantoténico	mg	1.349
Vitamina B-6	mg	0.199
Folatos totales	mg	56
Lípidos		
Ácidos grasos totales saturados	g	1.217
12:0	g	0.024

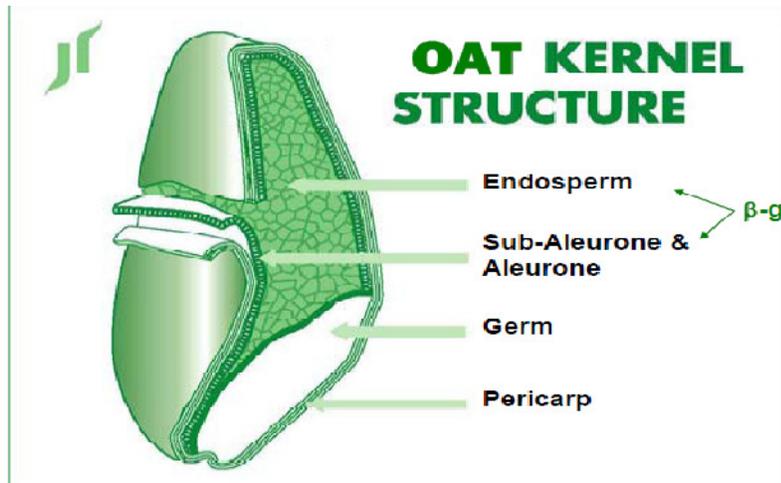
14:0	g	0.015
16:0	g	1.034
18:0	g	0.065
Ácidos grasos totales mono insaturados	g	2.178
16:1	g	0.013
18:1	g	2.165
Ácidos grasos totales poli insaturados	g	2.535
18:2	g	2.424
18:3	g	0.111
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.234
Treonina	g	0.575
Isoleucina	g	0.694
Leucina	g	1.284
Lisina	g	0.701
Meteonina	g	0.312
Cisteína	g	0.408
Fenilalanina	g	0.895
Tirosina	g	0.573
Valina	g	0.937
Arginina	g	1.192
Histidina	g	0.405
Alanina	g	0.881
Ácido aspártico	g	1.448
Ácido glutámico	g	3.712
Glicina	g	0.841
Prolina	g	0.934
Serina	g	0.750

1.4.1 Los beta glucanos

El beta glucano es el principal componente de la fibra soluble de granos como la avena (3-7%) y cebada y es el que contribuye a su viscosidad cuando se cocinan estos cereales.

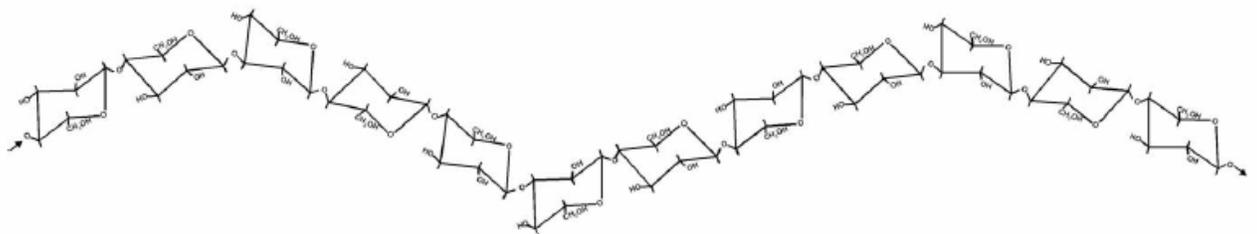
Se encuentra principalmente en las paredes celulares del endospermo y de las capas aleurona y subaleurona del grano. Existen actualmente concentrados de fibra de avena que pueden usarse como ingrediente funcional en diferentes alimentos, enriqueciendo así el alimento en betaglucano. (48)

Figura 6. Estructura del grano de avena



El betaglucano de avena [(1 → 3), (1 → 4) – B – D – glucano] es un polisacárido de alto peso molecular compuesto por unidades de glucosa unidas por enlaces beta (1 → 4), en secuencias de 2 ó 3 unidades, que se unen a otra secuencia similar por enlaces beta (1 → 3). En su forma nativa puede tener unas 20000 unidades de glucosa.

Figura 7. Estructura del beta glucano



Las uniones (1 → 3) producen irregularidades en la estructura de la molécula haciendo que el polímero sea flexible y son las que contribuyen a su alta solubilidad en agua y a su viscosidad. Los efectos del betaglucano en el organismo parecen estar relacionados con esta característica: su alta viscosidad.

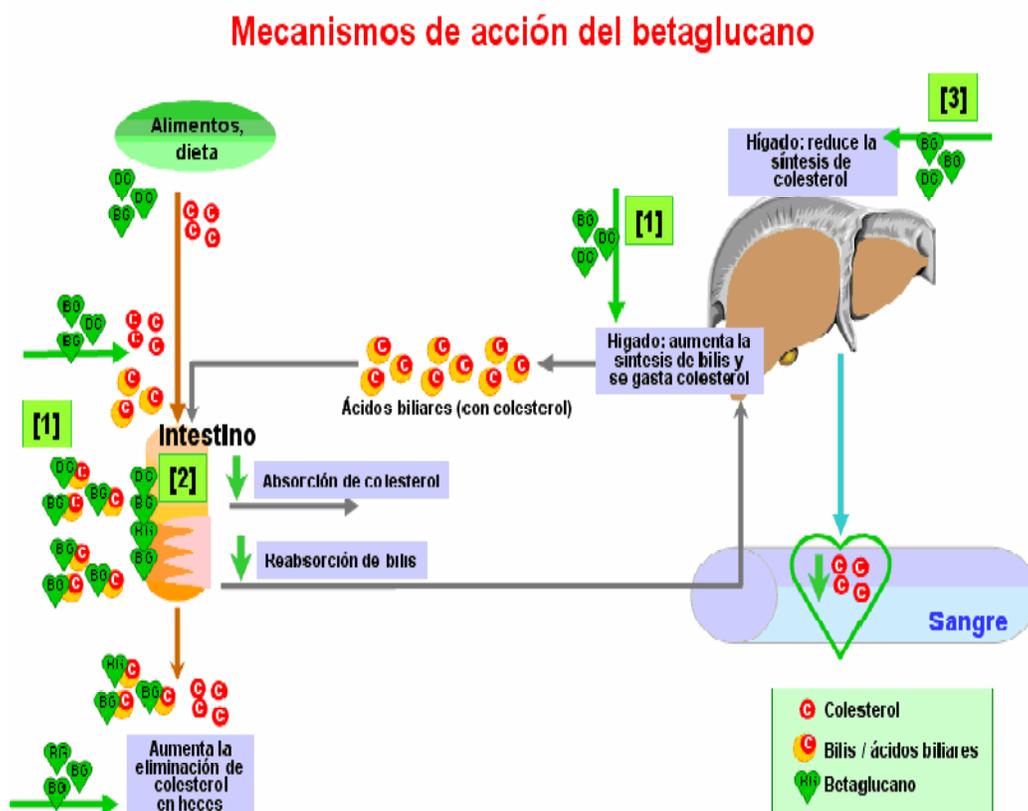
El principal mecanismo de acción del betaglucano para reducir los niveles de colesterol se debe a su capacidad para fijar ácidos biliares en el intestino,

aumentando su eliminación por las heces por el incremento de viscosidad del contenido intestinal que produce. Como los ácidos biliares, necesarios para la digestión de los alimentos, se sintetizan en el hígado a partir de colesterol, el hígado tiene que producir más y para ello utiliza el colesterol de la sangre, con lo que finalmente se reducen los niveles de colesterol.

El betaglucano, por su viscosidad, forma una fina capa que tapiza las paredes del intestino y esta capa actúa como una barrera física reduciendo la absorción del colesterol de los alimentos y también aumenta la pérdida de bilis por las heces favoreciendo el mecanismo.

Además, el betaglucano, también reduce la síntesis hepática (endógena) de colesterol (a través del control de la glucemia e insulinemia postprandiales y de la producción de ácidos grasos de cadena corta por fermentación en el colon), contribuyendo a que haya menores niveles en sangre. (Figura 7)

Figura 8. Mecanismos de acción del beta glucano (49)



1.5.2 Efectos de la avena sobre la salud

Cerca de un centenar de estudios realizados en todo el mundo y especialmente en Estados Unidos y Gran Bretaña relacionan el consumo de betaglucano, procedente del salvado de la avena, con la reducción del colesterol. La ingesta de al menos 3 g/día de betaglucano reduce los niveles de colesterol en más de un 5%. (49)

Existen cerca de un centenar de estudios internacionales que relacionan el consumo de betaglucano, principal componente de la avena, con la reducción del colesterol. En 1963 se realizaron los primeros estudios en donde publicaron que el consumo de avena daba lugar a una disminución significativa de los niveles de colesterol en sangre. (50) De los resultados de estos estudios se estimó que el consumo diario de 3 g de fibra soluble reducía el colesterol sanguíneo en unos 5.9 mg/dl en personas con niveles de colesterol adecuados y en unos 18.6 mg/dL en aquellas que tenían niveles altos de colesterol.

En 1997 la Food and Drug Administration (FDA) permite que el salvado de avena sea registrado como el primer alimento que reduce el colesterol y establece una normativa que regula el etiquetado sobre avena integral y sus derivados y la fibra soluble que contienen. Finalmente concluyen que deberían consumirse al menos 3g/día de betaglucano de avena para reducir significativamente los niveles de colesterol. (51) Asimismo, en 1999, el Departamento de Nutrición de la Escuela de Salud Pública de Harvard (Boston), realizó un meta-análisis de 67 estudios controlados para cuantificar el efecto de fibras solubles como el betaglucano de la avena en la reducción de los niveles de colesterol. Los resultados demostraron que la ingesta diaria de 3 g de fibra soluble procedente de la avena reducía los niveles de colesterol gracias a su alto contenido en betaglucano. (52)

1.6 La semilla de chía

La chía *Salvia hispanica* es una planta herbácea de la familia de las lamiáceas; junto con el lino *Linum usitatissimum*, es una de las especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso alfa-linolénico omega 3 conocidas hasta 2006. Se cultiva por ello para aprovechar sus semillas, que se utilizan molidas

como alimento. Prefiere suelos ligeros a medios, bien drenados, no demasiado húmedos; como la mayoría de las salvias, es tolerante respecto a la acidez y a la sequía, pero no soporta las heladas. Requiere abundante sol, y no fructifica en la sombra. Las semillas remojadas en agua liberan el mucílago, produciendo una líquido gelatinoso; en México se le da sabor con jugos vegetales o esencias y se le consume como bebida refrescante. Las semillas también pueden secarse y molerse para preparar una harina fina y de sabor intenso, llamada pinole, que se consume principalmente como dulce. Los brotes tiernos se consumen como verdura cruda o cocida y pueden ser usados en ensaladas. (53)

Tabla 11. Clasificación científica (53)

Reino	Plantae
Subreino	Trachebionta
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Nepetoideae
Tribu	Mentheae
Género	Salvia
Especie	S. hispanica

Tabla 12. Composición química (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	4.90
Energía	kcal	490
Energía	kJ	2051
Proteína	g	15.62
Lípidos totales	g	30.75
Cenizas	g	4.87
Hidratos de carbono totales por diferencia	g	43.85
Fibra total dietaria	g	37.7
Calcio	mg	631
Fósforo	mg	948

Potasio	mg	160
Sodio	mg	19
Zinc	mg	3.49
Cobre	mg	0.188
Manganeso	mg	2.167
Ácidos grasos totales saturados	g	3.176
14:0	g	0.030
15:0	g	0.030
16:0	g	2.025
17:0	g	0.063
18:0	g	0.903
20:0	g	0.093
22:0	g	0.032
Ácidos grasos totales mono insaturados	g	2.115
14:1	g	0.030
16:1	g	0.031
18:1	g	2.007
20:1	g	0.046
Ácidos grasos totales poli insaturados	g	23.335
18:2	g	5.785
18:3	g	17.550
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.721
Treonina	g	0.665
Isoleucina	g	0.696
Leucina	g	1.258
Lisina	g	0.917
Metionina	g	0.090
Cisteína	g	0.361
Fenilalanina	g	1.028
Tirosina	g	0.503
Valina	g	1.051
Arginina	g	1.983
Histidina	g	0.526
Alanina	g	0.927
Ácido aspártico	g	1.633
Ácido glutámico	g	2.468
Glicina	g	0.907
Prolina	g	0.897
Serina	g	1.011

En la época precolombina, la chía era uno de los alimentos básicos de las civilizaciones de América Central, después del maíz y frijol y antes que el amaranto. Tenochtitlán, la capital del Imperio Azteca, recibía entre 5.000 y 15.000 toneladas por año como tributo de los pueblos conquistados. La semilla de chía fue utilizada no solo como alimento sino también como ofrendas a los dioses aztecas.

El uso de la chía en las ceremonias religiosas paganas fue el motivo por el cual los conquistadores españoles trataron de eliminarla y reemplazarla con especies traídas del Viejo Mundo. Los conquistadores estuvieron cerca de alcanzar el éxito de su cruzada contra la cultura del nuevo mundo, no sólo la chía sino con muchos otros cultivos y costumbres que casi desaparecieron. El maíz y los porotos fueron una excepción, sobrevivieron a los esfuerzos de los conquistadores y hoy son dos de los cultivos más importantes de la humanidad. Sin embargo, y debido al uso religioso y tal vez por su incapacidad de adaptarse a las condiciones climáticas europeas, la chía fue sometida a quinientos años de oscuridad.

La chía tiene una larga historia como alimento humano. Su domesticación se remonta a los antiguos mexicanos en el año 2600 A.C. El amaranto, el frijol, la chía y el maíz comprendían los componentes principales de las dietas de las civilizaciones aztecas y mayas, cuando Colón llegó al Nuevo Mundo. Mucha gente aún utiliza este cultivo milenario en la preparación de una bebida refrescante y popular llamada “chía fresca”, que se consume tanto en México y América Central como en California y Arizona, en los Estados Unidos. (53)

La chía no tiene colesterol. En esto difiere de la carne, aceite y harina de pescado que contienen cantidades muy significativas. Para los consumidores conscientes de la salud, esto le confiere a la chía dramáticas ventajas comerciales sobre los productos derivados del pescado. La chía puede almacenarse por años sin que se deteriore el sabor, el olor o el valor nutritivo. Esta es una importante ventaja comparando con los productos marinos puesto que el aceite y harina de pescado o el aceite y harina de algas, necesitan un empaque y condiciones de almacenamiento especiales para prevenir su deterioro.

La chía es un producto sustentable y ecológico. El alto contenido de aceites esenciales de las hojas de chía, actúan como un extremadamente potente repelente de insectos, evitando la necesidad de utilizar químicos para proteger al cultivo. El uso de chía como fuente de ácidos grasos omega-3 previene la depredación de los stocks naturales de pescado y también elimina la preocupación en cuanto a la acumulación de toxinas del medio ambiente, como la dioxina y el mercurio que se acumulan en el pescado y sus productos. La extracción por solvente del aceite de chía y la adición de conservadores sintéticos no se necesitan al usar la chía para las dietas animales o humanas. Esta es una importante ventaja comparada con las otras fuentes de ácidos grasos omega-3.

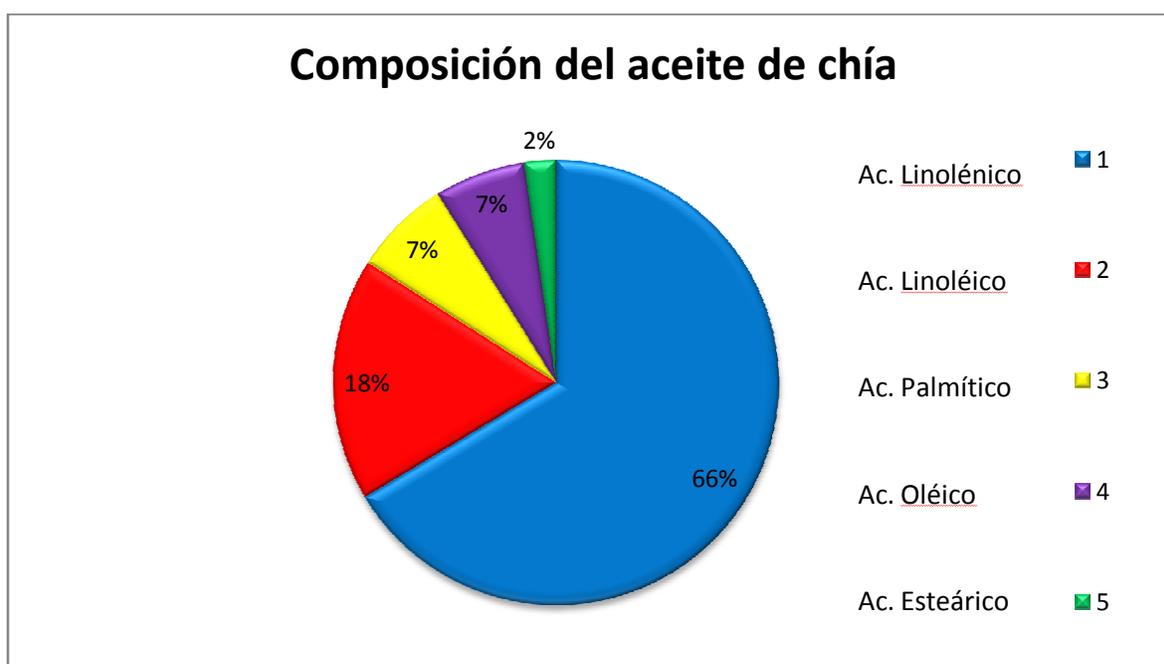
La chía es ideal para enriquecer gran cantidad de productos como fórmulas y alimentos para bebés, alimentos horneados, barras nutritivas, yogures, salsas, etc. Cuando se utiliza como alimento animal se pueden obtener productos enriquecidos con omega-3 como huevos, pollo, carne vacuna, jamón, leche, quesos, etc. La chía es una excelente fuente de proteína, minerales y vitamina B; es simple de usar en la preparación de alimentos y, segura no sólo en formulas para animales, sino también para los humanos.

Otro cultivo rico en ácido graso α -linolénico es el lino. Se utiliza principalmente en la elaboración de productos industriales como esmaltes, lacas para pisos, pinturas y barnices. Aunque se han hecho muchos esfuerzos para usar la semilla de lino para enriquecer alimentos en omega-3, los ensayos han demostrado efectos negativos causados en la salud humana y animal, debido a factores anti nutricionales. Con el fin de usar el lino en una dieta, las semillas deben detoxificarse. Sin embargo, el proceso más eficiente requiere solventes, y aún así, la semilla de lino no queda completamente detoxificada.

Tabla 13. Composición del aceite de semilla de chía. (57)

Ácido graso	%
Palmítico C:16:0	6.76
Esteárico C:18:0	2.19
Oleico C:18:1	6.31
Linoléico C:18:2	16.89
Linolénico C:18:3	63.55
Otros	4.3

Figura 9. Composición del aceite de la semilla de chía. (57)



1.6.1 Los ácidos grasos omega 3

La chía es la fuente más rica de ácidos grasos y antioxidantes naturales disponible como materia prima para su uso en alimentos funcionales, nutraceuticos y suplementos dietéticos. La inigualable estabilidad de los ácidos grasos omega-3 de la chía, es el resultado de los antioxidantes naturales que

contiene. La oxidación de los lípidos alimenticios es la mayor preocupación tanto para los consumidores como para los fabricantes. Si no se controla, la oxidación puede producir sabores extraños (el típico sabor a pescado) y también favorecer el envejecimiento y las enfermedades degenerativas asociadas con el envejecimiento como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas, declinación del sistema inmunológico y disfunción cerebral. Los antioxidantes de la chía le confieren una enorme ventaja sobre todas las demás fuentes de ácidos grasos omega-3. (54)

La chía, utilizada como una fuente de ácidos grasos omega-3, no requiere el uso de antioxidantes artificiales como las vitaminas sintéticas. La vitamina E ha demostrado anular los efectos protectores de las drogas cardiovasculares y también promover la oxidación cuando se utilizan altos niveles. La chía agregada a las dietas animales provoca una dramática reducción en el contenido de ácidos grasos saturados (hasta 30,6 % en los huevos) de los productos obtenidos. La disminución es significativamente mayor que la que se encuentra cuando se suministran dietas que contienen productos marinos (pescado y algas) y semillas de lino. Los ácidos grasos saturados consumidos en exceso en las dietas, se asocian con las enfermedades cardiovasculares, y su efecto sobre el colesterol de baja densidad en sangre (cLDL) es más fuerte que el del colesterol dietético. Esta diferencia significativa entre la chía y las otras fuentes de omega-3 tiene implicaciones de gran importancia en la comercialización. (54, 55)

Los huevos provenientes de gallinas alimentadas con chía tienen una relación entre el ácido graso alfa linolénico y el ADH similar a la que se encuentra en la leche humana. Cuando a la dieta se le agregan grandes cantidades de chía, la elongación y desaturación del ácido α -linolénico se retarda y el contenido de ADH (un ácido graso muy inestable) permanece constante. Es decir que si se agregan cantidades excesivas de omega-3 (en forma de ácido alfa linolénico) en la dieta de las gallinas, se almacena esencialmente como ácido graso alfa linolénico. Este comportamiento metabólico junto con la potente actividad antioxidante de la chía a través de los compuestos flavonoides y ácido cinámico, permiten a las gallinas producir huevos que tienen una estabilidad mucho mayor que la de los huevos

con alto contenido de ADH. En cambio, si se agrega exceso de ADH en la dieta de una gallina, no se almacena como ácido alfa linolénico, dado que este proceso de elongación y desaturación no es reversible. (55)

1.6.2 Los efectos de la semilla de chía sobre la salud

Los ácidos grasos omega-3 incluyen el ácido alfa-linolénico (AAL), el ácido eicosapentaenoico (AEP) y el ácido docosahexaenoico (ADH). Todos ellos son ácidos grasos de cadena larga y poli insaturados. Estos compuestos son esenciales para una formación óptima de los tejidos y desempeñan un importante papel en el funcionamiento del sistema nervioso central y en la prevención de numerosos padecimientos. La fuente más amplia de AAL se encuentra en los productos vegetales, tales como los aceites naturales de canola, linaza y soya y sus derivados grasos industrializados, las mantecas vegetales y las margarinas, principalmente. Después de su consumo por los seres humanos, el AAL es utilizado para la producción de AEP y ADH; no obstante, estos últimos también pueden ser incorporados al organismo mediante la dieta, puesto que se hallan abundantemente en algunos peces de aguas frías, tales como el salmón, el hipogloso, la caballa y el arenque. Entre los efectos benéficos de los aceites de la serie omega-3 se incluyen los siguientes: reducen los niveles séricos de colesterol y triglicéridos; disminuyen la aterosclerosis y, por ende, los riesgos de enfermedades cardiovasculares; disminuyen la presión sanguínea; alivian los efectos de las enfermedades artríticas y reumatoides, y protegen la formación y funcionamiento de la mielina, sustancia refringente que recubre las fibras nerviosas y rodea el axón, la cual facilita la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos. Además de ello, se ha proporcionado evidencia sólida de que los aceites omega-3 pueden también ayudar en el tratamiento del asma, el glaucoma, la esclerosis múltiple y la diabetes, además de prevenir el cáncer. Todavía más recientemente, ciertas investigaciones han mostrado que los ácidos grasos omega-3 tienen un efecto benéfico sobre los factores hemostáticos en el ser humano, y asimismo efectos antiinflamatorios e inmunorreguladores. Incluso

se han obtenido buenos resultados en migrañas y depresiones mediante el tratamiento con dichos ácidos. (56)

Los hidratos de carbono de la semilla de chía.

La semilla de chía contiene alrededor de 38 % de hidratos de carbono; de estos, 30.5 % es fibra insoluble, 3.1 % es fibra soluble y el resto son almidones. En un medio acuoso, la semilla queda envuelta en un copioso polisacárido mucilaginoso. Cuando una cucharada de chía es mezclada con agua y puesta a reposar durante algunos minutos, se formará un gel sólido; tal reacción se debe a la fibra soluble de la semilla. Algunos investigadores suponen que tal fenómeno sucede también en el estómago cuando se ingieren alimentos que contienen este tipo de gomas. El gel formado en el estómago se convierte en una barrera física para la digestión enzimática rápida de algunos hidratos de carbono, impidiendo su transformación en azúcares sencillos y modulando el metabolismo de estos compuestos en beneficio, por ejemplo, de los diabéticos. Por otro lado, la fibra dietética de la chía tiene un efecto favorable durante el transporte del bolo fecal, previniendo así la obesidad y diversas enfermedades del tracto digestivo. Estas propiedades hidrofílicas de la fibra soluble de la semilla de chía, que posibilitan que la semilla absorba agua hasta doce veces su propio peso, permiten que, una vez consumida, el organismo prolongue su estado de hidratación, retenga humedad y se regulen más eficientemente los fluidos corporales, la absorción de nutrientes y, consecuentemente, el balance electrolítico. Son muchas las cualidades de la semilla de chía que se han venido corroborando mediante estudios científicos. Con el conocimiento generado, ya no es tan sorprendente que fuera uno de los alimentos privilegiados y de alto consumo por las poblaciones de las culturas americanas precolombinas. Han tenido que pasar casi quinientos años para reconsiderar a este bondadoso alimento. Hasta ahora, se sabe que en los países desarrollados es incipiente el desarrollo de productos para consumo humano a base de chía; se investigan, sí, las bondades en la alimentación de animales sobre todo de aves con semilla de chía. Se pretende que la producción del huevo y la carne de ave conserven algunas cualidades del perfil de lípidos de la chía. Sin embargo, todavía es demasiado poco lo que se ha logrado en relación con las

potencialidades nutricias e industriales de este cultivo. Algunas investigaciones básicas han mostrado que la planta puede tener características importantes para una explotación integral, y que ciertos compuestos encontrados en las hojas de la planta parecen tener propiedades insecticidas y servir también en la elaboración de cosméticos.

1.7 Síndrome Metabólico

El síndrome metabólico (SM) es un conjunto de alteraciones metabólicas y que presenta una gran variedad de definiciones. La mayoría de las definiciones, incluye los siguientes criterios: presencia de obesidad considerada con un índice de masa corporal (IMC) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ o circunferencia de cintura $\geq 88 \text{ cm}$ en mujeres y $\geq 102 \text{ cm}$ en hombres, concentración sérica de triglicéridos mayor de 150 mg/dL, colesterol HDL menor de 35 mg/dL en hombres y en mujeres menor de 45 mg/dL, glucosa en ayuno mayor de 111 a 125 mg/dL y la presión arterial sistólica mayor de 130 mmHg y diastólica mayor de 85 mmHg. (58) Se necesitan de la presencia de al menos 3 criterios para diagnosticar el SM.

Por otro lado, el desarrollo de varias definiciones del SM ha hecho que la prevalencia entre poblaciones sea variada, dependiendo que criterio empleen. En la encuesta Nacional de Enfermedades crónicas (59) la prevalencia de SM ajustada por edad fue de 13.61 % tomando en cuenta la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de 26.6 % con los criterios del Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol/Panel de Tratamiento del Adulto (NCEP/ATPIII) (60). Esto refleja que de acuerdo con estos criterios alrededor de 6.7 a 14.3 millones de adultos en México podrían estar afectados, respectivamente. La prevalencia aumenta con la edad y varía de 5 a 30 % en un rango de edad entre los 20 y 69 años con el criterio de la OMS (64) y entre 10 y 50 % con la definición del NCEP/ATPIII. Este panorama alerta sobre la necesidad urgente de fortalecer e implementar estrategias nacionales que permitan contener este importante problema de salud pública, teniendo en consideración que existe una gran oportunidad de poder limitar las complicaciones tardías y el daño a

órgano blanco, si se interviene de manera oportuna. De esta forma consideramos que la modificación del plan de alimentación es importante para la prevención y tratamiento del SM y para disminuir el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, e incrementar la probabilidad de morir por eventos coronarios.

PLAN DE ALIMENTACION EN EL SINDROME METABOLICO

La alimentación es uno de los pilares para el manejo efectivo del SM, pero aún existen controversias sobre el plan de alimentación óptimo para estos pacientes. En cada una de las situaciones, tanto los estudios epidemiológicos como los de intervención sugieren un mayor beneficio con dietas con baja cantidad de hidratos de carbono y/o con una baja carga glucémica. No existe suficiente evidencia para recomendar una disminución drástica de hidratos de carbono consumidos, pero si para limitar los alimentos con alto IG. (60) De momento se sigue recomendado restringir la ingesta de grasas saturadas, grasa *trans* y colesterol a favor de las grasas mono y poliinsaturadas y limitar el sodio y azúcares refinados. El consumo de frutas, verduras y cereales integrales debe ser elevado, potencialmente también la ingesta de pescado o ácidos grasos omega 3 (Tabla 14). (63)

Por lo anterior, en México diversos especialistas, expertos en el tema, se reunieron para concluir en las recomendaciones energéticas y de nutrimentos para pacientes con SM que a continuación se mencionan.

Tabla 14. Composición de la dieta para pacientes con SM. (61)

Energía	suficiente para alcanzar y /o mantener un peso adecuado, masa muscular y grasa ajustada a la edad, genero
Hidratos de carbono	55 % (5 % hidratos de carbono simples)
Proteínas	15 %
Lípidos	25 % (< 200 mg de colesterol al día)
Fibra dietética	20 a 35 g/día.
Sodio	Menos de 3000 mg/día en pacientes sin complicaciones < 240 mg/día en pacientes con hipertensión
Agua	1mL/kcal o de acuerdo a factores como clima, edad, y actividad física

Es probable que la interacción entre muchos componentes de la dieta o la calidad de la dieta ofrezca protección contra el SM. Esta opinión parece estar de acuerdo con los resultados de recientes estudios epidemiológicos que indican la importancia de los hábitos alimentarios como factores de riesgo para la aparición del SM (62). Por lo que, el propósito de este estudio es probar un portafolio dietario (soya, nopal, chía y avena) de fácil acceso, económico, basado en alimentos con características funcionales que puedan generar un beneficio en la disminución de los parámetros característicos del SM. A continuación se describen alguna de las características de los componentes del portafolio dietario.

1.8 Análisis sensorial

La **Evaluación sensorial** se trata del análisis normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se suele denominar "normalizado" con el objeto de disminuir la subjetividad que pueden dar la evaluación mediante los sentidos. La evaluación sensorial se emplea en el control de calidad de ciertos productos alimenticios, en la comparación de un nuevo producto que sale al mercado, en la tecnología alimentaria cuando se intenta evaluar un nuevo producto, etc. En la evaluación sensorial participan personas especializadas (evaluadores) a las que se les somete a diversas pruebas para que hagan la evaluación de forma objetiva. Los resultados de los análisis afectan al mercadeo y el embalaje de los productos para que sean más atractivos a los consumidores.

Tipos de análisis

Análisis descriptivo. También denominado Análisis de Valoración (Rating Tests), es aquel grupo de pruebas en el que se realiza de forma discriminada una descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Se entrena a los evaluadores durante seis a ocho sesiones en el que se intenta elaborar un conjunto de diez a quince adjetivos y nombres con los que se denominan a las sensaciones. Se suelen emplear unas diez personas por evaluación.

Análisis discriminativo. Se emplea en la industria alimentaria para saber si hay diferencias entre dos productos, el entrenamiento de los evaluadores es más rápido que en el análisis descriptivo. Se emplean cerca de 30 personas. En algunos casos se llega a consultar a diferentes grupos étnicos: asiáticos, africanos, europeos, americanos, etc.

Análisis del consumidor. Se suele denominar también prueba hedónica y se trata de evaluar si el producto agrada o no, en este caso trata de jueces no entrenados, las pruebas deben ser lo más espontáneas posibles. Para obtener una respuesta estadística aceptable se hace la prueba entre cincuenta y cien jueces.

Escala Hedónica. Es otro método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se usa para estudiar a nivel de Laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrade el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha. (71).

La escala tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acorta a 7 ó 5 puntos:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 = me disgusta extremadamente | 5 = no me gusta ni me disgusta |
| 2 = me disgusta mucho | 6 = me gusta levemente |
| 3 = me disgusta moderadamente | 7 = me gusta moderadamente |
| 4 = me disgusta levemente | 8 = me gusta mucho |
| | 9 = me gusta extremadamente |

Capítulo II. Materiales y métodos

2.1 Materias primas

2.1.1 Aislado de proteína de soya

Tabla 15. Composición química. (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	4.98
Energía	kcal	338
Energía	kJ	1414
Proteína	g	80.69
Lípidos Totales	g	3.39
Cenizas	g	3.58
Hidratos de carbono (por diferencia)	g	7.36
Fibra total dietaria	g	5.6
Calcio	mg	178
Hierro	mg	14.50
Magnesio	mg	39
Fosforo	mg	776
Potasio	mg	81
Sodio	mg	1005
Zinc	mg	4.03
Cobre	mg	1.599
Manganeso	mg	1.493
Selenio	mg	0.8
Tiamina	mg	0.176
Riboflavina	mg	0.100
Niacina	mg	1.438
Ácido pantoténico	mg	0.060
Vitamina B-6	mg	0.100
Folatos totales	mg	176
Colina total	mg	190.9
Ácidos grasos totales saturados	g	0.422
14:0	g	0.008
16:0	g	0.310
18:0	g	0.104
Ácidos grasos totales mono insaturados	g	0.645
16:1	g	0.008
18:1	g	0.637
Ácidos grasos poli	g	1.648

insaturados		
18:2	g	1.453
18:3	g	0.195
Triptófano	g	1.116
Treonina	g	3.137
Isoleucina	g	4.253
Leucina	g	6.783
Lisina	g	5.327
Meteonina	g	1.130
Cisteína	g	1.046
Fenilalanina	g	4.593
Tirosina	g	3.222
Valina	g	4.098
Arginina	g	6.670
Histidina	g	2.303
Alanina	g	3.589
Ácido aspartico	g	10.203
Ácido glutámico	g	17.452
Glicina	g	3.603
Prolina	g	4.960
Serina	g	4.593

El aislado de proteína de soya es 90% proteína en base seca y libre de hidratos de carbono y grasa. Las proteínas también son libres de colesterol y lactosa. SOLAE COMPANY ®.

2.1.2 Avena

La avena fue proporcionada por QUAKER ®. A continuación se presenta la composición de la avena Quaker.

Tabla 16. Composición química de la avena QUAKER ®. (29)

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Agua	g	9.37
Energía	kcal	371
Energía	kJ	1552
Proteína	g	13.7

Lípidos totales	g	6.87
Cenizas	g	1.87
Hidratos de carbono por diferencia	g	68.18
Fibra total dietaria	g	9.4
Minerales		
Calcio	mg	47
Hierro	mg	4.64
Magnesio	mg	270
Fósforo	mg	458
Potasio	mg	358
Sodio	mg	3
Zinc	mg	3.20
Cobre	mg	0.370
Manganeso	mg	4.300
Vitaminas		
Tiamina	mg	0.540
Riboflavina	mg	0.120
Niacina	mg	0.820
Ácido pantoténico	mg	0.710
Vitamina B-6	mg	0.100
Folatos totales	mg	32
Lípidos		
Ácidos grasos totales saturados	g	1.217
12:0	g	0.020
14:0	g	0.010
16:0	g	0.940
18:0	g	0.060
Ácidos grasos totales mono insaturados	g	1.980
16:1	g	0.010
18:1	g	1.970
Ácidos grasos totales poli insaturados	g	2.300

2.1.3 Nopal

Se utilizó un nopal en polvo proporcionado por NUTRIVA, identificado como NOP08 con la siguiente composición:

Tabla 17. Composición química del NOP08.

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Humedad	g	6.6
Cenizas	g	15.94
Proteína	g	2.75
Extracto etéreo	g	0.88
Fibra cruda	g	27.98
Hidratos de carbono	g	45.85

Análisis fue realizado en el laboratorio de Tecnología de alimentos del INCMNSZ.

2.1.4 Semillas de chía

Las semillas de chía fueron proporcionadas por Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey.

2.2 Aditivos

Maltodextrina.

La maltodextrina se utiliza sobre todo en el sector alimenticio por su baja viscosidad, dulzor bajo y sabor suave. La FDA ha definido a la maltodextrina como un polímero de sacáridos no dulces que consiste en unidades de D-glucosa unidas por enlaces alfa-1,4 y que tienen un Equivalente de Dextrosa (ED) menor a 20. La maltodextrina es obtenida por la hidrólisis parcial del almidón de maíz o almidón de papa con ácidos y enzimas específicas.

La estructura química de la maltodextrina es de cadenas complejas de almidón. Consiste en una mezcla de diversos polímeros de sacáridos en virtud del proceso de la hidrólisis. Una molécula del almidón experimenta la hidrólisis enzimática o de ácido o una combinación de los dos. Esto rompe a la molécula en cadenas más pequeñas al azar.

El ED indica el grado de polimerización de la molécula del almidón, el número de las unidades del monosacárido en las moléculas. El ED se deriva del fórmula $ED=100/DP$. Cuanto más alto es el ED, más alto es el nivel de monosacáridos y polímeros de cadena corta. La glucosa (dextrosa) posee 100 ED, el almidón es aproximadamente cero.

La maltodextrina y otros almidones hidrolizados consisten en una mezcla de polímeros de diferentes longitudes, el ED es un valor medio (63).

Las características de un ED igual a 5 son sumamente diferentes de las de un ED igual a 18.

- Conforme el ED aumenta, se aumentan las siguientes características:
Caramelización (debido a la alta concentración de azúcares reductores), aumenta la higroscopicidad/humectante, la plasticidad, el dulzor, la solubilidad y la osmolaridad.
- Conforme el ED disminuye, aumentan las siguientes características:
Peso molecular, viscosidad, cohesividad, características de formación de películas, prevención de la formación de cristales grandes de azúcar.
La maltodextrina actúa como ayudantes de dispersión, llevan sabor, agentes que dan volumen, humectantes, proporcionan viscosidad y otros ingredientes funcionales. Pueden utilizarse en una gran variedad de mezclas secas para rellenos de pasteles, salsas y bebidas. Debido a su osmolaridad, pueden ser una fuente valiosa de hidratos de carbono nutritivos. (64)

DDA: no especificada en humanos. (65)

Thixogum®

El Thixogum® es una marca registrada por CNI (Coloides Naturales de México S.A.de C.V.) y es un sistema tixotrópico funcional constituido por hidrocoloides encapsulados que toleran el pH ácido. Gracias a su comportamiento pseudoplástico, permite obtener en forma simultánea efectos espesantes y de suspensión, además de presentar tixotropía, es decir recuperar sus propiedades reológicas después de su agitación. Su manera de uso dependerá de la viscosidad deseada y el grado de suspensión, de acuerdo a la textura final

deseada en el producto que se esté elaborando. El Thixogum se emplea exitosamente cuando se desea reemplazar ya sea parcial o totalmente la goma xantano o la goma guar o cuando se requiere un agente gelificante que resista pH extremadamente ácido.

Las funciones más importantes del Thixogum son las siguientes: Suspensión de sólidos del sistema, evitar la separación de fases, evitar la sinéresis, incrementar vida de anaquel imparten cuerpo y textura producto 100% natural, resiste pH ácido.

THIXOGUM® S IRX 55.405. Sistemas co-procesados de galactomanosas encapsuladas. Polvo de color blanco grisáceo, insaboro. Proporciona cuerpo y textura, suspensión de sólidos. Proveniente de COLOIDES NATURALES DE MÉXICO S.A. de C.V.

Edulcorante (Sucralosa)

Triclorogalactosucrosa (TGS) es el nombre genérico de un fuerte edulcorante relativamente nuevo hecho del azúcar normal. La sucralosa se sintetiza en 1976, y es un edulcorante único, pues se obtiene del azúcar normal que es un derivado del tricloro de la galactosucrosa del epímero C-4 que no se absorbe por el aparato gastrointestinal y por lo tanto no proporciona calorías. La sucralosa es cerca de 600 veces más dulce que el azúcar normal. Sin embargo, el perfil del gusto es similar a la sacarosa y puede ser utilizado para sustituir a la sacarosa; no reacciona con los componentes del alimento o los otros ingredientes y tiene buena solubilidad de agua. La sucralosa es estable en el producto incluso a temperaturas altas y puede ser utilizado en una amplia gama de productos alimenticios. Una gran cantidad de estudios han probado que la sucralosa es seguro para el consumo humano. La sucralosa no es cariogénica. Es evaluada actualmente por los organismos reguladores y ha recibido la aprobación en Canadá, Australia, y Rusia. La IDA para la sucralosa se ha fijado en el nivel de 15mg/kg/día. (64)

Sucralosa micronizada con clave número 770201331 proveniente de laboratorios TATE & LYLE, MÉXICO S.A. de C.V

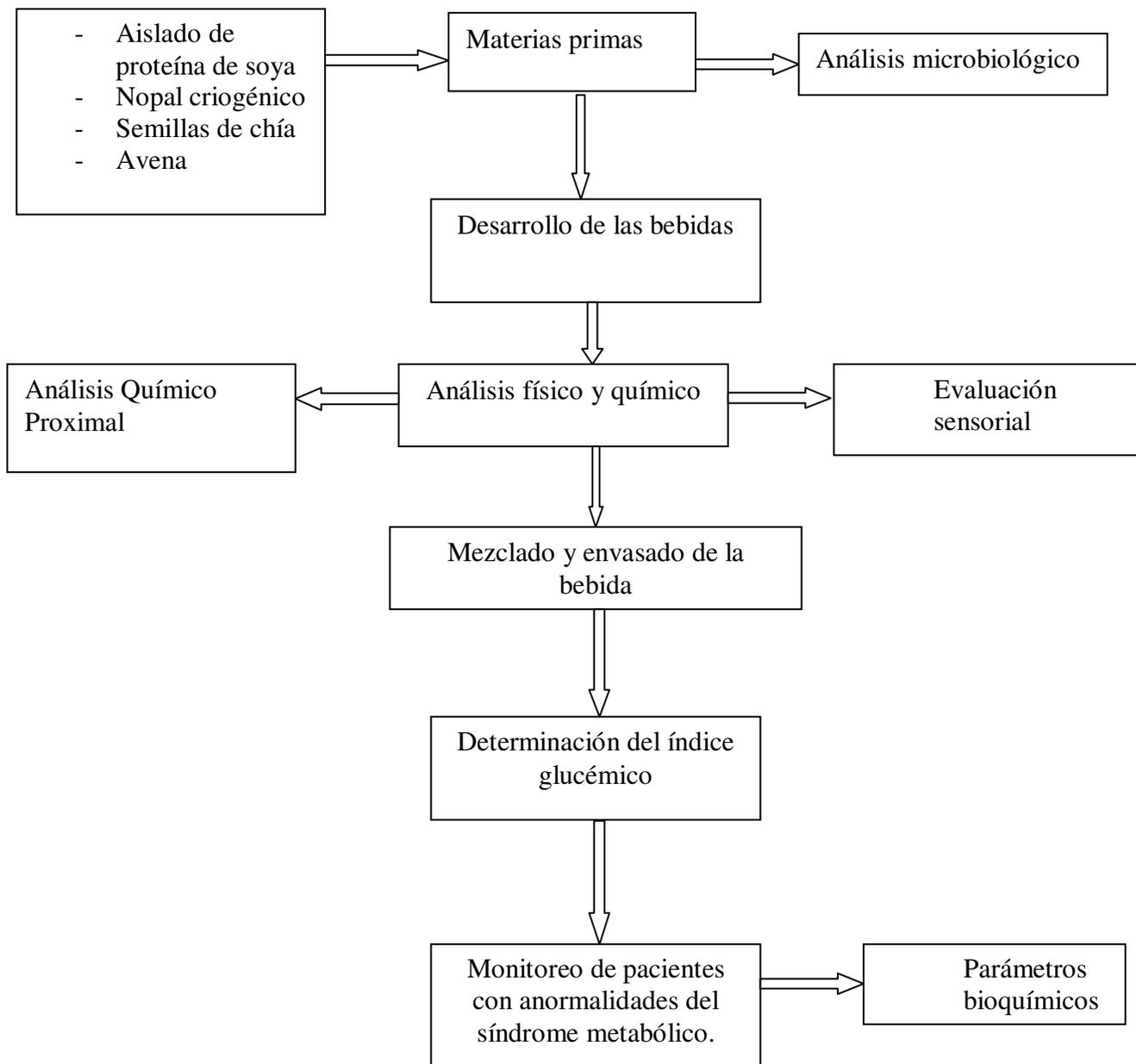
Saborizante.

El saborizante fue comprado en MK OTTENS FLAVORS® saboristas, se compró sabor “fresa cremosa” con el número de identificación MKB005725, LOTE 101291007-2373/520. La empresa está ubicada en Av. Presidente Juárez 2007 1-C col. Industrial Puente de Vigas, Tlalnepantla Edo. de México.

Colorante

Se utilizó el colorante “Rojo fresa” con número de identificación 830623RFM comprado en MASTERTASTE® S.A. de C.V.

2.3 DIAGRAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN



2.4 Análisis microbiológico

2.4.1 Determinación de mesófilos aerobios

NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

2.4.2 Determinación de coliformes totales

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-112-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. DETERMINACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES. TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE.

2.4.3 Determinación de hongos y levaduras

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

2.5 Análisis Químico Proximal

2.5.1 Determinación de humedad

Fundamento.

Se define como la pérdida de masa que sufre un material cuando se calienta a una temperatura cercana a la de ebullición del agua durante un tiempo seleccionado arbitrariamente, o bien hasta que dos pesadas sucesivas no difieran en más de 0.3mg. El residuo recibe el nombre de sólidos totales.

Es importante determinar este parámetro ya que da indicio de la estabilidad o calidad del producto, es una medida indirecta de la cantidad de sólidos totales, es necesaria para expresar los resultados analíticos en base seca. Los resultados de valor calórico e hidratos de carbono se expresan en base seca, por lo que este parámetro es necesario para su cálculo. (66) Existen diferentes métodos para determinar la humedad de un alimento, como los métodos directos (gravimetría por pérdida de peso).

Métodos instrumentales o por secado. Estos métodos son muy utilizados en la industria de los alimentos, trabajan en un rango de temperatura de 70 a 100°C. Se

trabaja con alimentos con poca cantidad de volátiles y baja cantidad de hidratos de carbono.

Secado en estufa al vacío

El horno de vacío utiliza presiones de 25mmHg; abate el punto de ebullición del agua favoreciendo su evaporación a temperaturas de aproximadamente de 70°C, evitando así las reacciones de descomposición, oxidación y de caramelización.

Procedimiento.

Poner a peso constante dos pesafiltros, secados en una estufa a 100°C y dejarlos enfriar en un desecador hasta que dos pesadas continuas no varíen en más de 0.3mg. Pesar 2g de la muestra en el pesafiltro y meterlo en el horno conectado al vacío durante 24 horas. Transcurrido el tiempo pesar el pesafiltro con la muestra seca y restar este valor del pesa filtro con la muestra húmeda. De esta forma se obtienen los gramos de agua perdidos durante el secado y obtener el porcentaje de humedad.

La determinación se hace por duplicado.

$$\% H = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

% H = Porcentaje de humedad

P1 = Peso del pesafiltro con la muestra húmeda

P2 = Peso del pesafiltro con la muestra seca

m = Peso de la muestra

2.5.2 Determinación de cenizas totales

Las cenizas y minerales, es el residuo inorgánico obtenido de la incineración de la muestra a altas temperaturas. Las cenizas no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original debido a pérdidas por volatilización o descomposición por formación de interacciones. A diferentes temperaturas algunos compuestos se volatilizan, subliman o deflagan. Por ejemplo, los cloruros se desprenden por encima de 550°C. Otros compuestos se descomponen al

llegar a temperaturas de ignición. Es un parámetro que debe estar entre ciertos valores, dependiendo del alimento de que se trate, lo cual facilitará en parte la identificación parcial y subjetiva o de clasificación del alimento. Puede ser una medida de calidad, ya que puede detectar adulteraciones de tipo inorgánico, el cual ayuda al criterio de autenticidad del alimento. (67) Se requiere conocer su cantidad presente en el alimento debido a que contribuye al 100% de los componentes.

Procedimiento

Se hará una calcinación o digestión seca a 500°C, para lo cual se requieren crisoles de porcelana, que tienen que estar a peso constante.

Se pesan 2g de la muestra dentro del crisol, se somete a calcinación para eliminar la materia orgánica. El crisol se coloca en una mufla a 500°C hasta la formación de cenizas de color blanco. La determinación se realiza por duplicado.

$$\% C = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

% C = Porcentaje de cenizas

P1 = Peso del crisol con cenizas

P2 = Peso del crisol vacío (a peso constante)

m = Peso de la muestra

2.5.3 Determinación de lípidos

Fundamento.

El contenido de grasa, extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda, es aquel material extraído por disolventes no polares.

La fracción de lípidos se obtiene por extracción con disolventes orgánicos generalmente éter etílico o de petróleo y se informa como fracción soluble en éter, extracto etéreo o grasa cruda.

Para cuantificar la grasa, primero hay que extraerla, pero para ello necesitamos saber cómo está presente en los alimentos. Los lípidos libres son extraídos con disolventes menos polares que los enlazados. Por lo tanto, dependiendo del

disolvente utilizado, la composición de la fracción lipídica variará. Es importante determinar el contenido de grasa debido a la importancia económica, para conocer su deterioro, para obtener la muestra desengrasada y conocer otros componentes; por su importancia nutricional como aporte energético.

La eficiencia de la extracción depende del disolvente, tratamiento previo de la muestra y la técnica de extracción. Se utilizará éter de petróleo como disolvente. Tiene un punto de ebullición de 40 a 60°C, reduce la proporción de agua en la extracción. Extrae menos impurezas polares como proteínas, almidón y agua. Por su alta polaridad se evitará la extracción de compuestos polares como las proteínas. (67)

Procedimiento.

Extracción de lípidos libres

Método: Soxhlet

Tener matraces de extracción secos y a peso constante. Pesar dentro del cartucho de extracción de 3 a 5 g de la muestra seca y colocarlo en la unidad de extracción. Conectar al extractor el matraz con éter de petróleo. Llevar a ebullición y ajustar el calentamiento de tal manera que se obtengan alrededor de diez reflujos por hora. Al término, evaporar el éter por destilación o con rotavapor. Coloque el matraz en el horno durante una hora y media para eliminar el éter. Enfriar los matraces en un desecador. La muestra desengrasada puede usarse para la determinación de fibra cruda. El porcentaje de lípidos se calcula por diferencia de peso.

$$\% G = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

% G = Porcentaje de grasa

P1 = Peso del matraz con grasa

P2 = Peso del matraz vacío (a peso constante)

m = Peso de la muestra

2.5.4 Determinación de proteína

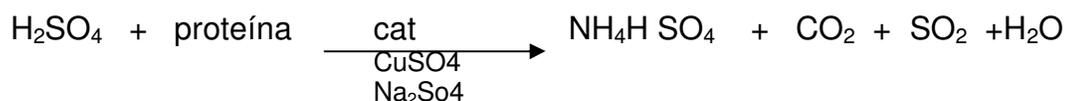
Fundamento.

La importancia de esta determinación, es por norma de etiquetado, deterioro y valor energético.

Nitrógeno total (Kjeldahl-Gunning). Es el método oficial y se realiza en tres pasos:

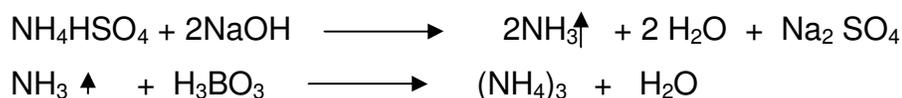
DIGESTIÓN:

- Oxidación de proteínas y compuestos orgánicos por H_2SO_4 .



DESTILACIÓN:

- Desprendimiento del amoníaco por una base fuerte.
- El digerido, una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre de vapor para desprender el amoníaco el cual es atrapado y luego se titula



TITULACIÓN ácido débil (base débil) – ácido fuerte

Recepción en ácido bórico y titulando con HCl 0.1N es el más común, se titula con HCl valorado. La valoración es directa.



CATALIZADORES. (Todos presentan la eficiencia en la descomposición de la materia). Se utilizan comúnmente sulfato de cobre pentahidratado y sulfato de sodio anhidro. Los sulfatos aportan estos iones para asegurar la formación de amonio. El sulfato de sodio anhidro acelera la eliminación de agua disminuyendo el tiempo de digestión. El H_2O_2 acelera la digestión y reduce la formación de espuma, puede ser usado solo sin otro catalizador.

$$\% N = \frac{(mL p - mL b) \times NHCl \times meqN_2}{m} \times 100$$

$$\% P = \% N \times F$$

% N = Porcentaje de Nitrógeno

mL p = mililitros del problema

mL b = mililitros del blanco

NHCl = Normalidad del ácido clorhídrico

meq N₂ = miliequivalentes del Nitrógeno (0.014)

m = peso de la muestra

% P = Porcentaje de proteína

F = Factor de conversión

2.5.5 Determinación de fibra cruda

Fundamento

La determinación de fibra cruda permite calcular el contenido de fibra en la muestra, después de una digestión ácida con ácido sulfúrico y una digestión básica con hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de peso después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente. Se requiere de una solución de ácido sulfúrico 0.25 N, una solución de hidróxido de sodio 0.31 N, libre de carbonato de sodio.

Procedimiento

Pesar de 2 a 3 g de la muestra desengrasada y seca. Colocarla en un matraz y adicionar 200 ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición colocarlo en condensador y llevar a ebullición en un minuto. Dejar hervir exactamente 30 minutos. Instalar un embudo Buchner con papel filtro y precalentar con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, retirar el matraz, déjelo reposar por un minuto y filtrar cuidadosamente usando succión, la filtración se debe realizar en menos de 10 minutos. Lavar la muestra que está en el papel filtro con agua hirviendo. Transferir el residuo del matraz y agregar 200mL de

hidróxido de sodio en ebullición y dejar hervir por 30 minutos. Precalear el crisol y filtrar cuidadosamente después de dejar el hidrolizado por 1 minuto. Lavar el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Colocar el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y enfriar en desecador. Pesar rápidamente los crisoles con el residuo y colocarlos en la mufla a 550°C por 3 horas, dejarlos en un desecador y pesarlos nuevamente. El porcentaje de fibra cruda se obtiene por diferencia de peso.

$$\% F = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

% F = Porcentaje de fibra

P1 = Peso del crisol con fibra (a peso constante)

P2 = Peso del crisol con las cenizas

m = Peso de la muestra

2.5.6 Determinación de hidratos de carbono por diferencia

$$\% H.C. = 100 - \sum \%H + \%C + \%G + \%P + \%FC$$

2.6. Evaluación sensorial

Se aplicará una escala hedónica de 5 puntos bajo el siguiente formato.

Figura 10. Cuestionario para la realización de la evaluación sensorial.

<u>Evaluación sensorial</u>	
De la bebida en polvo que usted está consumiendo; favor de contestar las siguientes preguntas marcando con una "X" sobre la línea de acuerdo a la calificación que usted le otorga a cada atributo de la bebida.	
<i>Con respecto a la palatabilidad (viscosidad, sensación de permanencia en la boca)</i>	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta
<input type="checkbox"/>	Ni me gusta ni me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho
<i>Con respecto al sabor</i>	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta
<input type="checkbox"/>	Ni me gusta ni me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho
<i>Con respecto al dulzor</i>	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta
<input type="checkbox"/>	Ni me gusta ni me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho
<i>Con respecto al color</i>	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta
<input type="checkbox"/>	Ni me gusta ni me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho
<i>Con respecto al grado de aceptación de la bebida en conjunto con todos sus atributos (palatabilidad, color, sabor, y dulzor).</i>	
<input type="checkbox"/>	Me gusta mucho
<input type="checkbox"/>	Me gusta
<input type="checkbox"/>	Ni me gusta ni me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada
<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho

2.7 Mezclado

Se utilizó una máquina mezcladora de pantalón con capacidad de 200 kg, que requiere de su instalación eléctrica.

El procedimiento fue el siguiente:

- Limpieza y sanitización de la mezcladora
- Pesar las materias primas y aditivos
- Colocar las materias primas dentro de la mezcladora
- Cerrar la mezcladora
- Accionar el botón de encendido
- Mezclar durante 20 minutos
- Vaciado de la mezcladora

2.8 Envasado

- Material empleado; Poliéster con polietileno pigmentado blanco calibre de 250 micras.
- Máquina; Bartelt horizontal, de 22 pasos, con dosificador de tornillo sinfín
- Proceso
 - a).- dobles del material de empaque para formado del sobre
 - b).- sellado vertical
 - c).- corte
 - d).- soplado del sobre
 - e).- apertura del sobre con sistema de vacío
 - f).- dosificado del producto
 - g).- sellado horizontal
 - h).- recepción, conteo y empaqueo de sobres

El rollo del material de empaque (bobina) es colocado en el porta bobinas de la máquina entrando a un formador que dobla el material a la mitad y pasando a la etapa de sellado vertical con lo que se tiene el sobre formado, posteriormente es codificado el sobre con letras de golpe, se tiene un registro de foto celda que nos ayuda a mantener el tamaño del sobre en relación al ancho, con el fin que cuando

pase a la etapa de corte todos los sobres tengan la misma medida, después del corte pasa a una estación de soplado, y posteriormente a un sistema de apertura con ventosas manejado por vacío, paso siguiente es la dosificación del producto mediante un sistema de tornillo sinfín y finalmente pasa a la etapa de sellado horizontal teniendo así el sobre de producto terminado.

Figura 11. Planta



Figura 12a. Máquina ensobretadora



Figura 12b. Máquina ensobretadora



2.9 Índice glucémico (IG)

El IG es el área bajo la curva de la respuesta de glucosa en sangre a una carga de 50 gramos de hidratos de carbono disponibles de un alimento de prueba expresado como % de la respuesta a la misma cantidad de hidratos de carbono de un alimento estándar ingerido por el mismo sujeto. Según tablas internacionales se requiere de 5 a 7 sujetos sanos para determinar el IG de un alimento. Es un indicador específico de la respuesta a la glucosa pero no solo la glucosa se afecta por el IG, triglicéridos y colesterol son ligeramente disminuidos por un IG bajo de la dieta en personas diabéticas y no diabéticas. El consumo de dietas con IG altos por un tiempo prolongado, se ha asociado con *Diabetes mellitus* tipo II.

La hiperglucemia está implicada en la progresión de la resistencia a la insulina y disminución de la secreción de la misma.

Los objetivos de esta determinación es estudiar el efecto de las bebidas sobre el IG en sujetos sanos. Determinar el IG a los 0, 15, 30, 60, 90, 120 minutos después del consumo de la bebida.

Criterios de inclusión para determinar el IG

Sujetos femenino o masculino, de 20 a 50 años, índice de masa corporal (IMC) de 19-30 kg/m².

Criterios de exclusión para determinar el IG

Diabetes mellitus u otras enfermedades metabólicas o crónicas, consumo de medicamentos, IMC > 30 kg/m².

Procedimiento

- Solución de referencia que contiene 50 gramos de hidratos de carbono. Se prepara 1 día antes de la prueba disolviendo 50 g de glucosa pura en polvo en un vaso de 25mL con agua templada, se tapa y guarda en refrigerador. El día de la prueba la solución debe estar a temperatura ambiente.
- Horario de prueba: de 7:00 a 8:30 am. Antes de cada prueba los sujetos se pesan y entrevistan.
- Se les permite beber agua durante las horas de ayuno, no se permite el consumo de ningún producto que contenga cafeína.
- Se les indicara que traten de cenar lo que están acostumbrados a comer la noche antes de cada prueba.
- Después de 10 a 15 minutos se les toma una muestra capilar de sangre para determinar su glucosa basal. La respuesta glicémica en sangre capilar es mayor que en sangre venosa o plasma y los resultados de glucosa capilar son menos variables que la glucosa en plasma. Así las diferencias entre alimentos son amplia y fácilmente detectadas estadísticamente usando glucosa capilar.
- Después se les toman muestras de sangre venosa a los 0, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos después de que terminaron de tomar las bebidas. La sangre venosa se tomara para medir niveles de glucosa en plasma.
- Todos los sujetos deben firmar el consentimiento informado después de la explicación completa del estudio.

Calculo del área bajo la curva (IG)

El IG está basado en el incremento del área bajo la curva de la respuesta de glucosa en sangre y el área puede ser determinada como la suma de las áreas de los triángulos y rectángulos.

El área bajo la curva de glucosa incluye solo el área por arriba del nivel basal, cualquier área por debajo del nivel en ayunas es ignorada.

$$IG = \frac{\text{Área de glucosa en sangre después del alimento de prueba}}{\text{Área de glucosa en sangre después del alimento de referencia}} \times 100$$

2.10 Elaboración de etiqueta

Cumplimiento con la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados.

- Nombre o denominación del alimento o bebida no alcohólica pre envasado
- Lista de ingredientes
- Contenido neto o masa drenada: País de origen
- Identificación del lote
- Información nutrimental
- Declaración de propiedades nutrimentales
- Indicaciones de consumo

2.11 Reclutamiento de pacientes con Síndrome Metabólico

El protocolo se sometió al comité de ética para humanos del INCMNSZ; una vez aprobado se solicitó a personas que laboran en el Instituto y personas externas a participar en el estudio para evaluar el efecto de una bebida funcional elaborada a base de soya, nopal, chía y avena en pacientes con síndrome metabólico.

Figura 13. Cartel impreso como invitación al público para participar en el estudio.



...Si tienes una cintura arriba de 88cm (mujeres) y 94cm (hombres); sospechas que tienes sobrepeso, colesterol, triglicéridos altos y no tomas ningún medicamento.

Te invitamos a participar en un estudio con un plan de alimentación para mejorar tu salud.

Marca a la extensión 2801 o 2802, o búscanos en el departamento de Fisiología de la Nutrición

Dra. Martha Guevara
QA. Isaac Hernández
Nut. Patricia López
Dra. Nimbe Torres

2.11.1 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Masculino y femenino
- adultos entre 20- 60 años
- IMC ≥ 25 y ≤ 35 kg/m²
- Circunferencia de cintura > 88 cm mujeres, y > 102 cm hombres

- Glucosa en ayuno de > 110 a 125 mg/dL
- Triglicéridos > 150 mg/dL
- Presión arterial \geq 130/85mmHg
- Mexicanos mestizos
- Que sepan leer y escribir
- Firma del consentimiento informado

Criterios de exclusión

- Menores de edad o mayores de 60 años
- IMC mayor a 35kg/m²
- Pacientes con hipertensión: se define como hipertensión cuando la presión sanguínea sistólica es \geq 140mmHg o \geq 90mmHg la diastólica o que el paciente tome medicamentos antihipertensivos.
- Personas que no tengan padres o abuelos mexicanos
- Sujetos que consuman medicamentos hipolipemiantes:
- Sujetos con padecimientos metabólicos o endócrinos:
 - *Diabetes mellitus*: es definida como glucosa en ayuno de 126mg/dL o más
 - Enfermedad renal: se define como l enfermedad ya diagnosticada por un médico, con apoyo para clínico (síndrome nefrótico o insuficiencia renal crónica)
 - Hipotiroidismo: se define como la enfermedad diagnosticada por su médico, con apoyo de pruebas tiroideas.
 - Enfermedades hepáticas: se define como la enfermedad ya diagnosticada por un médico, con apoyo de estudios para clínicos (colestasis hepática o enfermedad obstructiva hepática)
- Pacientes con tabaquismo positivo
- Mujeres con terapia hormonal o estrogénica

2.12 Curva de tolerancia a la glucosa

Una vez seleccionados los pacientes se les realizó una curva de tolerancia a la glucosa. La persona no puede comer ni beber nada después de la media noche antes de la prueba. Para la prueba, se le solicita al paciente que se tome un líquido que contiene 75g glucosa. Se toman muestras de sangre al tiempo 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. Los niveles de glucosa en la sangre por encima de los límites normales en los momentos en que se hacen las mediciones se pueden utilizar para diagnosticar diabetes Tipo 2. También se pueden medir los niveles de insulina, la hormona producida por el páncreas que mueve la glucosa desde el torrente sanguíneo hasta las células.

Se recomienda comer normalmente durante algunos días antes del examen, pero se debe suspender la ingesta de alimentos y de líquidos durante las últimas 12 horas y tampoco se puede comer nada durante el examen. Se registran los datos y se calcula el área bajo la curva de glucosa e insulina.

Las determinaciones de glucosa se realizaron en un glucómetro YSI 2700 SELECT BIOCHEMISTRY ANALIZER.

2.13 Perfil de lípidos

La cuantificación de colesterol total, colesterol cHDL, colesterol cLDL, glucosa y triglicéridos se realizó en el Departamento de Endocrinología del INCMNSZ.

2.14 Medidas antropométricas

Se realizaron mediciones de la talla, peso, circunferencia de cintura y cadera en el Departamento de Fisiología de la Nutrición del INCMNSZ.

Estas mediciones se realizaron como criterios de inclusión, al inicio del estudio, en la visita número uno, en la visita número dos, número tres y al final del estudio.

Se ocupó una báscula digital marca E-BODY 205.

Se ocupó una cinta métrica de fibra de vidrio de 150 cm.

2.15 Presión arterial

Se realizaron cinco mediciones de la presión arterial con 3 minutos de diferencia cada una, con tal de obtener un promedio.

Las mediciones se realizaron en el Departamento de Fisiología de la Nutrición del INCMNSZ.

Se utilizó un baumanómetro digital marca OMROM modelo HEM-781INT.

2.16 Estandarización de la dieta

Una vez cumplidos con los criterios de selección, los sujetos con SM consumieron una dieta baja en grasa saturada como lo recomienda el ATP III a base de 15 % de proteína total de la cual el 7-8 % debe ser de origen vegetal, 60 % de hidratos de carbono, 22 g de fibra total, 25 % de grasa total de la cual 6-7 % deben ser ácidos grasos saturados, 12 % de ácidos grasos mono insaturados y 7 % ácidos grasos poli insaturados. Por último, el colesterol dietario debe ser de 200 mg por día.

Tabla 18. Composición de la dieta baja en grasa saturada. (60)

Componente	%	%
Hidratos de carbono		60
Lípidos totales		25
Ácidos grasos poliinsaturados	7	
Ácidos grasos monoinsaturados	12	
Ácidos grasos saturados	6	
Proteína total		15
Proteínas vegetales	8	
Proteínas animales	7	

Colesterol	200 mg
Fibra	22 g/día

El total de energía consumida es ajustado a la ingesta de calorías calculada para mantener en equilibrio el peso corporal con la ganancia de peso.

La Alimentación

Una alimentación recomendable es aquella que proporciona las sustancias necesarias para conservar la salud y vivir mejor. Debe tener las siguientes características:

Completa. Incluye los TRES GRUPOS de alimentos en cada comida.

Frutas y verduras.

- Fuente de vitaminas y minerales

Cereales y tubérculos.

- Proporcionan energía

Leguminosas y productos de origen animal

- Aportan proteínas

Equilibrada. Comer alimentos que tengan la cantidad de sustancias nutritivas necesarias para estar sanos.

Suficiente. Consumir la cantidad de alimentos según la edad, sexo y actividad.

Variada. Incluir en las comidas alimentos de diferentes sabores, colores, olores y consistencias.

Higiénica. Consumir alimentos limpios.

- Lave y desinfecte frutas y verduras.
- Cueza, hierva o fría muy bien los alimentos.



CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición final de la bebida

Se logró obtener un portafolio dietario en forma de bebida funcional con la siguiente composición.

Tabla 19. Composición de la bebida en polvo.

Componente	(g)	%
Soya	32.00	40.75
Avena	20.00	25.47
Maltodextrina	10.00	12.73
Nopal	7.00	8.91
Conc de avena	4.00	5.09
Chía	4.00	5.09
Saborizante	1.00	1.27
Thixogum	0.40	0.50
Colorante	0.08	0.10
Sucralosa	0.04	0.05
Total	78.52	100.00

Se agregaron 32 g de aislado de proteína de soya, que corresponde a 25 g de proteína de soya, requerimiento que de acuerdo con lo publicado por la FDA (72) reduce las probabilidades de padecer enfermedades cardiovasculares y disminuye significativamente las concentraciones de triglicéridos en suero. Esta cantidad equivale al 40.75 % del total de la bebida.

Se agregaron 20 g de avena molida, que corresponde al 25.47 % del total de la bebida, que contienen 4.4 g de betaglucano. La avena que nos proporcionó la marca QUAKER® se encontraba en grano entero, por lo que tuvo que ser molida en un molino de coronas con capacidad para 10 kg y se hizo pasar por una malla del número 80. El rendimiento del producto fue del 92 %. Para completar el requerimiento del betaglucano, se agregó 4.0 g OAT AVENTAGE® concentrado de avena con 54% de betaglucano comprado en la empresa CPI Ingredientes S.A. de C.V. logrando así el requerimiento recomendado para obtener el beneficio (51) y que corresponde al 5.09 % del total de la bebida.

Se agregaron 7g de nopal en polvo (NOP08), que corresponde al 8.91 % del total de la bebida, con un contenido de fibra total del 27.98 % que equivale aproximadamente a 100 g de nopal fresco y un contenido de 10 mg de polifenoles totales. Con este equivalente cumplimos con el requerimiento mínimo para obtener un efecto hipoglucemiante (45). Se agregaron 4.0 g de semillas de chíá, que corresponde al 5.09 % del total de la bebida, con un contenido del 60 % de ácido grasos omega 3, que corresponde al del requerimiento diario. Se agregaron 10 g de maltodextrina que corresponde al 12.73 % del total de la bebida, y con esta cantidad agregada, se logró una viscosidad y palatabilidad aceptable dentro de la evaluación sensorial.

Se adicionó 1 g del saborizante fresa con el cual se logró el mejor grado de aceptación en cuanto al sabor dentro de la evaluación sensorial. Se adicionó 0.8g del colorante rojo fresa que corresponde al 0.1 % del total de la bebida con el cual se logró el mejor grado de aceptación en cuanto al color dentro de la evaluación sensorial. Se adicionó 0.4 g de sucralosa como edulcorante que corresponde al 0.05 % del total de la bebida, con el cual se logró el mejor grado de aceptación en cuanto al dulzor dentro de la evaluación sensorial.

Tabla 20. Composición final de la BSNAC, y las cantidades totales de materias primas que se utilizaron durante es estudio.

Componente	Cantidad (g)	%	Cantidad por 60 días de tratamiento (g)	Cantidad por 10 pacientes (kg)	Cantidad por 60 días de tratamiento + 5% por pérdidas (kg)
Soya	32.00	40.75	1920.00	19.20	20.16
Avena	20.00	25.47	1200.00	12.00	12.60
Maltodextrina	10.00	12.74	600.00	6.00	6.30
Nopal	7.00	8.91	420.00	4.20	4.41
Chía	4.00	5.09	240.00	2.40	2.52
Saborizante	1.00	1.27	60.00	0.60	0.63
Conc de avena	4.00	5.09	240.00	2.40	2.52
Thixogum	0.40	0.51	24.00	0.24	0.25
Colorante	0.08	0.10	4.80	0.048	0.051
Sucralosa	0.04	0.05	2.40	0.024	0.025
Total	78.52	100	4711.20	47.11	49.47

El tratamiento duró 60 días y fue administrado a 10 pacientes con SM, por lo que se procedió a comprar la cantidad suficiente para poder terminar el estudio. Se consideró un 5% más por las pérdidas que se pudieran presentar durante la operación del mezclado y del empaquetado. Una vez que se contó con todas las cantidades se procedió con la operación del mezclado, que se realizó en una mezcladora de pantalón con capacidad de 200 kg. Una vez obtenida la mezcla de las materias primas, se traslado a una planta para fuera empaquetada en sobres con la cantidad de polvo requerido. El material de empaque empleado fue de poliéster con polietileno pigmentado blanco calibre de 250 micras y se hicieron sobres de 12x8cm cada sobre contenía 20 g del polvo.

Costo por fórmula

Tabla 21. Costo por fórmula, por kilogramo de producto y costo por unidad.

Componente	Proveedor	Gramos (g) por sobre	Presentación (kg)	Precio por kg M.N.	Precio por sobre M.N.
Proteína de soya	Solae Company	8.01	15.00	50.8	0.027
Nopal en polvo		1.75	1.00	40.5	0.071
Conc, de avena	CPIngredientes	0.93	25.00	80.6	0.003
Avena	Qaker	5.01	1.00	46.25	0.231
Maltodextrina	CNI	2.51	20.00	18.5	0.002
Semillas de chía		1.01	1.00	90.5	0.091
Sabor fresa	MK Flavors	0.25	1.00	308	0.077
Color rojo fresa	Mastertaste	0.02	25.00	267.8	0.0002
Thixogum	CNI	0.05	25.00	135.9	0.0002
Sucralosa	Splenda	0.01	1.00	3473	0.035
Material de empaque	IME		300.00	75	0.865
Empaquetado	R&R		26.00	290	0.292
Fotocelda	R&R			3500	0.135
Total		19.55			1.832

En la tabla 21, se presentan las materias primas y su porcentaje dentro de la fórmula; también se indica el laboratorio o empresa que lo distribuye, su precio en moneda nacional y la presentación de venta. De esta forma se hizo el cálculo para

obtener el precio por kilogramo de producto y el precio por unidad de producto ya envasado, obteniendo un costo aproximado de \$1.83 M.N por cada sobre, lo que hace a nuestro portafolio dietario un producto de bajo costo y fácil acceso al consumidor.

3.2 Análisis Químico Proximal

El análisis químico proximal se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la División de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 22. Composición química de la bebida en polvo por 100 g.

Nutriente	Unidad	Valor por 100g
Humedad	g	7.25
Cenizas	g	3.29
Proteína	g	28.91
Extracto etéreo	g	3.67
Fibra cruda	g	2.90
Hidratos de carbono	g	53.48

Tomando en cuenta que los hidratos de carbono proporcionan 4 kcal por gramo al igual que las proteínas y que los lípidos proporcionan 9 kcal por cada gramo, obtenemos un contenido energético de 364.59 kcal/100g.

$$\text{H. C. } 53.48\text{g} \times 4\text{kcal/g} = 215.92\text{kcal}$$

$$\text{Lípidos } 3.67\text{g} \times 9\text{kcal/g} = 33.03\text{kcal}$$

$$\text{Proteínas } 28.91\text{g} \times 4\text{kcal/g} = 115.64\text{kcal}$$

$$\text{Total} = 364.59\text{kcal/100g}$$

Estos valores corresponden por cada 100 g del producto. La porción se determinó que sería de 40 g para que cada paciente hiciera dos tomas en el día consumiendo un total de 80 g del producto.

Por lo que el contenido por porción es el siguiente.

Tabla 23. Composición química de la bebida en polvo por porción.

Nutriente	Unidad	Valor por 40 g
Humedad	g	2.90
Cenizas	g	1.31
Proteína	g	11.56
Extracto etéreo	g	1.46
Fibra cruda	g	1.16
Hidratos de carbono	g	21.39

H.C. $21.39 \text{ g} \times 4 \text{ kcal/g} = 85.56 \text{ kcal}$

Lípidos $1.46 \text{ g} \times 9 \text{ kcal/g} = 13.14 \text{ kcal}$

Proteínas $11.56 \text{ g} \times 4 \text{ kcal /g} = 46.24 \text{ kcal}$

Total = 144.94 kcal por porción.

Con los resultados anteriores podemos decir que nuestro producto tiene las siguientes características (tabla 24).

Clasificación de acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHOLICAS CON MODIFICACIONES EN SU COMPOSICION. ESPECIFICACIONES NUTRIMENTALES.

Tabla 24. Propiedades nutrimentales de la bebida.

Bajo en grasa (< 3 g por porción)	X
Sin azúcar (0.5 g por porción)	X
Sucralosa (< 0.1 %)	X

Nuestro portafolio dietario además de tener un alto contenido de proteína vegetal, es bajo en grasa, no contiene azúcar, por lo que lo hace atractivo y benéfico para el consumidor. Además su contenido de humedad (tabla 22) es bajo, lo que nos garantiza la ausencia de microorganismo y una vida de anaquel más larga.

3.3 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevo a cabo con 100 jueces no entrenados que llegaron voluntariamente al laboratorio de análisis sensorial del Departamento de Tecnología de Alimentos del INCMNSZ, con cabinas individuales, con luz blanca, y señal de aviso.

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 25. Resultados de la evaluación sensorial.

Palatabilidad	Sabor	Dulzor	Color	Grado de aceptación	Edad	Sexo	
7.8	7.9	8.0	8.0	8.3	32	75 M	25 H

Setenta y cinco mujeres y veinticinco hombres fueron los jueces no entrenados que evaluaron el producto con una edad promedio de 32 años. En cuanto a la palatabilidad (sensación de permanencia en la boca) se obtuvo una calificación de 7.8 lo que se considera aceptable; fue el atributo que arrojó menor calificación. Algunos de los comentarios y observaciones de la evaluación sensorial fueron los siguientes: “está muy espesa, deja una sensación arenosa, está muy viscosa, muy aguada, etc.” En cuanto al sabor que fue sabor fresa, la calificación fue de 7.9 lo que se considera aceptable. Algunos de los comentarios y observaciones en la evaluación sensorial fueron los siguientes: “muy artificial el sabor, muy rico, me encanta el sabor fresa, muy fuerte el sabor, etc.”

Los atributos del color y el dulzor obtuvieron una calificación de 8.0 lo que se considera aceptable.

Tomando en cuenta la calificación del grado de aceptación del producto que fue de 8.3 “ME GUSTA” se puede considerar que es una calificación aceptable ya que se trata de un nuevo producto dirigido a personas con padecimientos específicos como lo es en este caso el SM (tabla 25).

3.4 Análisis microbiológico

Tabla 26. Análisis microbiológico del aislado de proteína de soya.

Alimento	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	Hongos y Levaduras
Aislado de proteína de soya	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Maltodextrina	200 UFC/g	NEGATIVO	NEGATIVO
Nopal en polvo	500 UFC/g	NEGATIVO	NEGATIVO
BSNAC	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO

Se realizó el análisis microbiológico solo a algunas materias primas, el aislado de proteína de soya, maltodextrina, y el nopal criogénico ya que de estas materias primas no se contaba con un certificado de calidad y ya tenían cierto tiempo de estar almacenados. Las demás materia primas se contaba con un certificado de calidad y por tal motivo se decidió no realizar el análisis microbiológico.

Se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras; son los tres indicadores en alimentos que pueden indicar la presencia de microorganismos patógenos. Se hizo el análisis de acuerdo a las normas mexicanas antes mencionadas y para las tres materias primas evaluadas con referencia en la NOM-147-SSA1-1996, el resultado fue negativo. Por lo que se considera un producto libre de microorganismos patógenos.

Se hizo el análisis microbiológico al producto terminado, resultado negativo (tabla 26) en los tres indicadores de alimentos. Lo que nos indica que no hubo contaminación durante el proceso de mezclado y empaquetado, esto debido a que se realizaron las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) durante el proceso.

3.5 Elaboración de etiqueta

Cumplimiento con la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados.

- Nombre o denominación del alimento o bebida no alcohólica pre envasado:
“SNAC”
- Lista de ingredientes: Aislado de proteína de soya, avena, nopal, semillas de chíá, maltodextrina, colorantes y saborizantes artificiales, edulcorantes (sucralosa).
- Contenido neto o masa drenada: 40 g
- Nombre y domicilio fiscal: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga No. 15 col. Tlalpán. Del. Tlalpán. c.p. 14000 México D.F.
- País de origen: México
- Identificación del lote: 0001
- Información nutrimental
- Declaración de propiedades nutrimentales
- Indicaciones de consumo

Instrucciones para preparar la bebida

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- La bebida viene en un sobre, usted tiene que consumir 2 sobres en la mañana y 2 sobres 15 minutos antes de su última comida fuerte.- Vacíe el contenido de los 2 sobres en el vaso de la licuadora y agregue 250ml (1 taza) de agua fría. Licue durante 30 segundos a una velocidad media.- Consuma todo el contenido de la bebida inmediatamente.- La bebida realza su sabor si se consume con hielo” frape” |
|--|

Figura 14. Etiqueta SNAC



3.6 Índice glucémico

A continuación se muestran en la tabla 27 los resultados de los sujetos sanos a los que se realizó las curvas de glucosa para poder determinar el índice glucémico de la bebida. El estudio se realizó con 7 sujetos sanos, 4 mujeres y 3 hombres con las características que ya se mencionaron anteriormente.

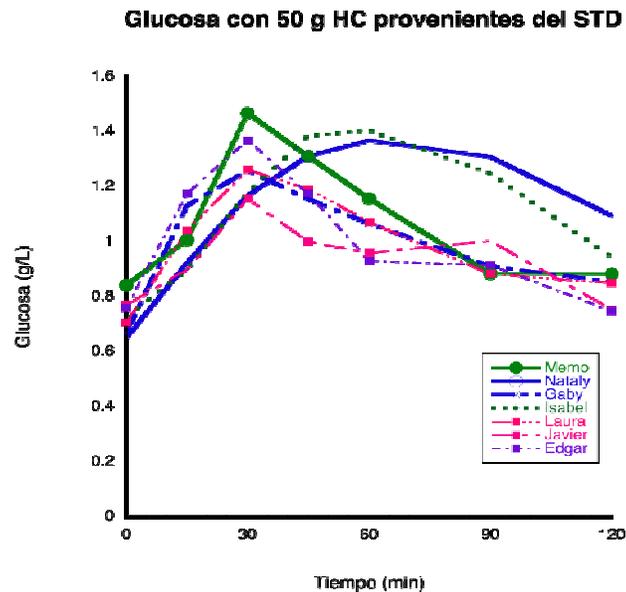
Tabla 27. Valores de glucosa (promedio de las 3 curvas de glucosa) en los 7 sujetos estudiados a diferentes tiempos y el área bajo la curva (ABC) después del consumo oral del estándar de glucosa.

Tiempos (min)	sujeto 1 (g/L)	sujeto 2 (g/L)	sujeto 3 (g/L)	sujeto 4 (g/L)	sujeto 5 (g/L)	sujeto 6 (g/L)	sujeto 7 (g/L)
0	0.842	0.65	0.67	0.72	0.71	0.77	0.76
15	1.007	0.92	1.13	0.90	1.04	0.90	1.17
30	1.467	1.17	1.26	1.18	1.26	1.16	1.37
45	1.311	1.31	1.15	1.38	1.19	1,00	1.17
60	1.156	1.37	1.07	1.40	1.07	0.96	0.93
90	0.884	1.31	0.91	1.25	0.88	1.00	0.91
120	0.883	1.09	0.85	0.94	0.85	0.75	0.75
ABC	161.5	357.5	234.4	298.03	202.4	124.51	167.37

Tabla 28. Promedio del área bajo la curva (ABC), desviación estándar y error estándar de la media de las concentraciones de glucosa de los 7 sujetos estudiados después del consumo de 50g de glucosa para la obtención de IG.

Tiempos (min)	Promedio de la concentración de glucosa (g/L)	DE	ESM
0	0.731	0.06	0.02
15	1.010	0.11	0.04
30	1.266	0.11	0.04
45	1.219	0.13	0.05
60	1.137	0.19	0.07
90	1.022	0.18	0.07
120	0.875	0.12	0.04
ABC	220.821	82.4	31.17

En la gráfica 1 se muestran el promedio de tres curvas de glucosa de los siete sujetos sanos, a los que se les dio un estándar de glucosa equivalente a 50 g de hidratos de carbono. Se observa que al minuto 30 después de haber consumido el estándar de glucosa, la mayoría de los sujetos alcanza los valores máximos de glucosa (1.5g/L) para su posterior descenso hasta el minuto 120 que se reduce aproximadamente 0.90 g/L.



Gráfica 1. Área bajo la curva después del consumo de 50 g de glucosa en 7 sujetos sanos.

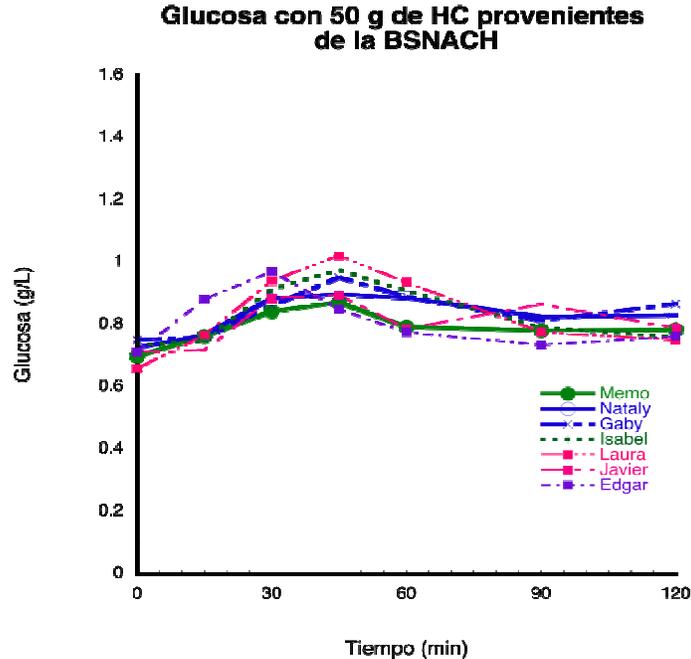
Para obtener el IG de la bebida funcional, se les dio la bebida funcional de soya, nopal, chía y avena (BSNAC) con equivalente de 50 g de hidratos de carbono disponibles a siete sujetos sanos. Como se puede observar en la grafica 2 los valores de glucosa no alcanzaron a los observados por el estándar de glucosa. Estos hallazgos son de gran interés ya que indican que el consumo de la bebida funcional es capaz de reducir las concentraciones de glucosa por un 27.3%. También se observa que el máximo valor alcanzado fue al minuto 45 y no al 30 como se observo con el estándar de glucosa.

Tabla 29. Valores individuales de glucosa en 7 sujetos después del consumo de la BSNAC a diferentes tiempos.

Tiempos (min)	Sujeto 1 (g/L)	Sujeto 2 (g/L)	Sujeto 3 (g/L)	Sujeto 4 (g/L)	Sujeto 5 (g/L)	Sujeto 6 (g/L)	Sujeto 7 (g/L)
0	0.70	0.72	0.75	0.73	0.66	0.71	0.71
15	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.72	0.88
30	0.84	0.88	0.86	0.91	0.94	0.88	0.98
45	0.87	0.89	0.95	0.97	1.02	0.89	0.85
60	0.79	0.88	0.89	0.91	0.93	0.79	0.77
90	0.78	0.82	0.81	0.79	0.77	0.86	0.73
120	0.78	0.83	0.86	0.76	0.75	0.79	0.76
ABC	64.66	76.04	62.77	70.12	124.3	72.7	63.95
IG	40.03	21.27	26.77	23.52	61.39	58.49	38.2

Tabla 30. Promedio, desviación estándar y error estándar de la media de los 7 sujetos estudiados después del consumo de 50g de hidratos de carbono disponibles después del consumo de una BSNAC para la obtención de IG.

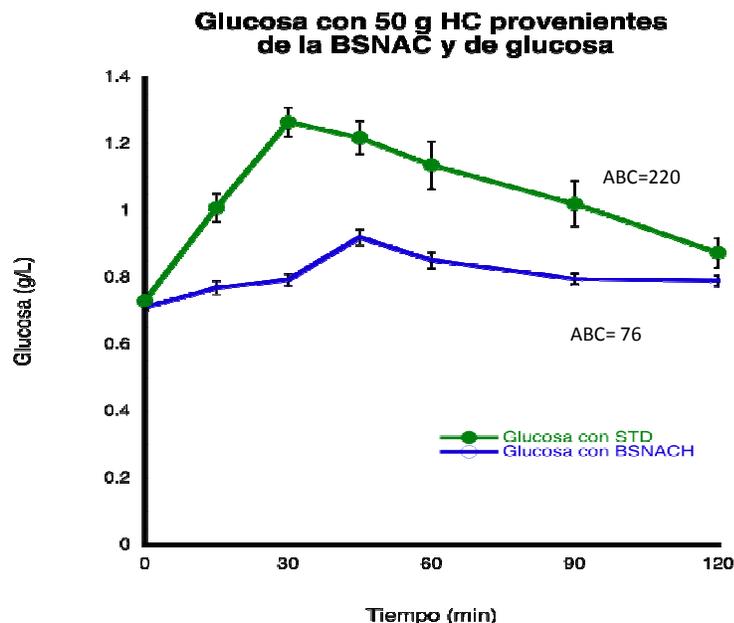
Tiempo (min)	Promedio de la concentración glucosa (g/L)	DE	ESM
0	0.712	0.03	0.01
15	0.771	0.05	0.02
30	0.794	0.04	0.02
45	0.922	0.06	0.02
60	0.853	0.07	0.02
90	0.797	0.04	0.01
120	0.791	0.04	0.01
ABC	76.359	21.69	8.20
IG	38.524	16.25	6.14



Gráfica 2. Área bajo curva después del consumo de una bebida funcional (50g de hidratos de carbono disponibles) a base de soya, nopal, chía y avena en sujetos sanos.

Estos resultados indican que la bebida funcional es capaz de retardar la absorción de glucosa. En la tabla 29 se muestran los valores de glucosa después del consumo de la BSNAC.

Como se puede observar en la gráfica 3, el índice glucémico de la BSNAC fue de 38.52 que se considera bajo de acuerdo a los valores internacionales para índice glucémico. (73) Es importante hacer notar que actualmente se sugiere el consumo de alimentos con un IG bajo ya que mejoran el control de la glucosa en sangre y del perfil de lípidos y que pueden tener un papel terapéutico en el tratamiento de enfermedades relacionadas con la resistencia a la insulina. (74)



Gráfica 3. Índice glucémico y del estándar de glucosa e índice glucémico de BSNAC.

Efecto de la BSNAC en sujetos con síndrome metabólico

El propósito del diseño de este tipo de bebidas funcionales o portafolios dietarios específicos para enfermedades relacionadas con la nutrición es que puedan ser probadas en la enfermedad para la que fueron diseñadas. Para lo cual se estudiaron diez pacientes, 2 hombres y 8 mujeres que presentaban síndrome metabólico con una edad promedio de 42 años \pm 10 años. Todos los pacientes fueron informados sobre el protocolo y dieron a conocer por escrito el consentimiento informado. El protocolo del estudio fue aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Durante el estudio los pacientes fueron motivados por medio de carteles, llamadas telefónicas, etc. para el apego al protocolo de investigación. Durante el estudio, los pacientes no tuvieron pérdida significativa de peso (tabla 33) debido al tratamiento dietario, y tampoco hubo cambios de estilo de vida como la actividad física.

3.7 Curva de glucosa al inicio y al final del tratamiento

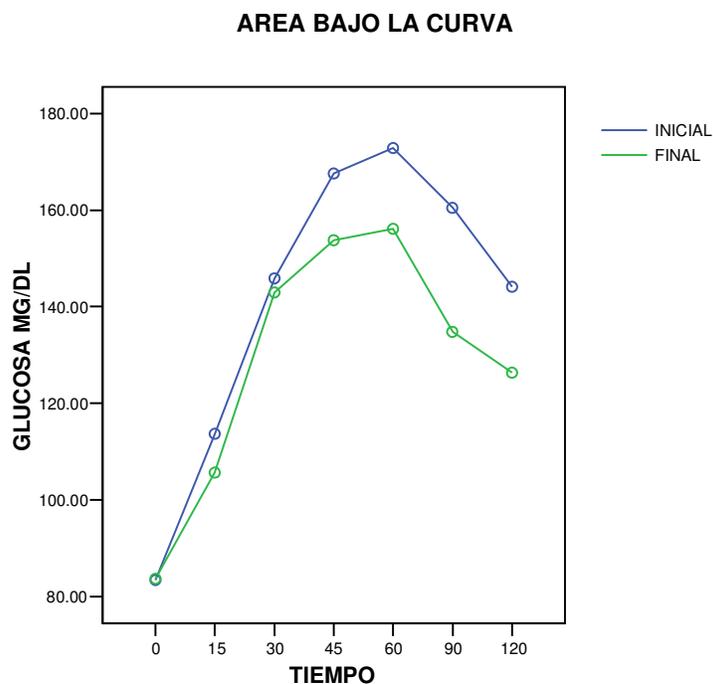
A los pacientes se les realizó una curva de tolerancia a la glucosa al inicio y al final del tratamiento (60 días de consumo de la BSNAC). En la tabla 31 se muestran los valores promedio de 10 pacientes con síndrome metabólico y las áreas bajo la curva de glucosa e insulina.

Tabla 31. Área bajo la curva de glucosa e insulina en pacientes con síndrome metabólico.

	Basal ¹	60 días después del tratamiento con la BSNAC	p ²
Área bajo la curva de glucosa	428.098 ± 33.07	336.92 ± 35.80	0.078
Área bajo la curva de insulina	105743.5 ± 913.13	52881.7 ± 540.15	0.014

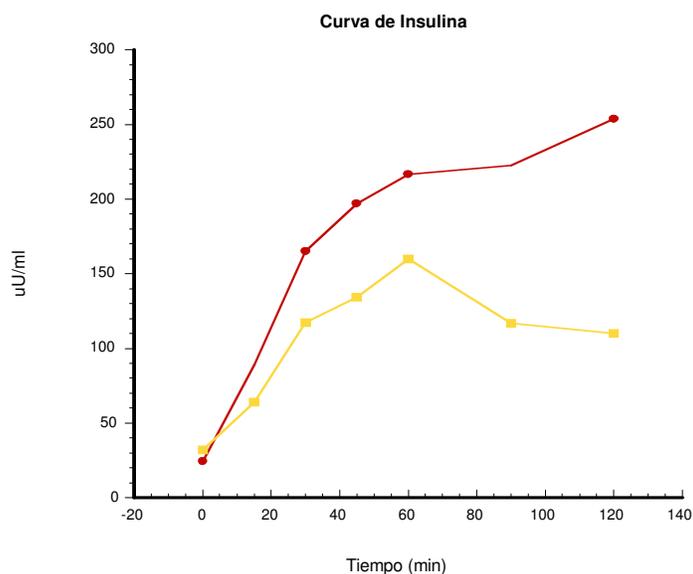
¹Todos los valores son en promedio ± error estándar; n=10

²Los datos fueron analizados con ANOVA de una vía al comparar el perfil de lípidos a lo largo del estudio.



Gráfica 4. Curva de tolerancia a la glucosa con 75 g de glucosa oral en pacientes con síndrome metabólico al inicio y al final del tratamiento.

Como se puede observar en la grafica 4, los pacientes que consumieron el portafolio dietario a base de BSNAC disminuyeron significativamente el área bajo la curva de glucosa ($p = 0.078$) y de insulina ($p = 0.014$) mostrado en la grafica 5. Estos resultados nos indican que después del tratamiento dietario se mejoro la tolerancia a la glucosa, la sensibilidad a la insulina y disminuyo la resistencia de la misma.



Grafica 5. Área bajo la curva de insulina antes (línea roja) después del tratamiento dietario con BSNAC (línea amarilla).

3.8 Perfil de lípidos al inicio y final del tratamiento con BSNAC

Las concentraciones de los perfiles de lípidos séricos de todos los pacientes fueron analizados a lo largo del tratamiento dietario, observando una reducción en las concentraciones de Triglicéridos del 36.7 % ($p = 0.028$) y sin cambio en las concentraciones de colesterol total, colesterol cLDL y colesterol cHDL. (Tabla 32).

Los triglicéridos son un parámetro bioquímico del SM, por lo que una reducción del 36.7 % hace a nuestro portafolio una herramienta útil para combatir esta enfermedad tan común en nuestro país. El cHDL también es un parámetro de

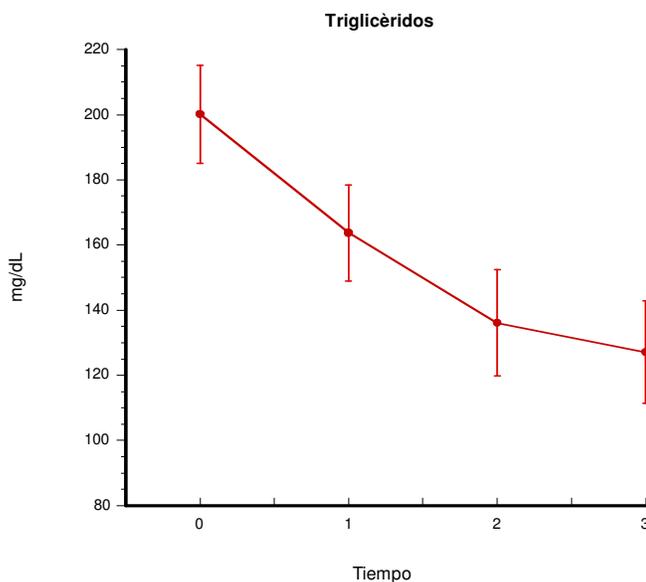
SM, sin embargo este no se logró aumentar de manera significativa durante el tratamiento, pero un punto importante a considerar es que no se vio disminuido.

Tabla 32. Perfil de lípidos al inicio, durante y al final del estudio.

	Basal ¹	Tiempo 1 2 semanas con DBGS	30 días de tratamiento	60 días de Tratamiento	P ²
Colesterol total (mg/dl)	197.2 ± 5.45	199.4 ± 7.64	189.0 ± 8.29	193.7 ± 6.91	0.753
Colesterol HDL (mg/Dl)	37.6 ± 3.65	38.8 ± 3.43	39.1 ± 3.36	36.3 ± 3.16	0.935
Colesterol LDL (mg/dl)	127.2 ± 5.83	130.5 ± 7.40	122.7 ± 55.61	132 ± 6.02	0.731
Triglicéridos (mg/dl)	200.1 ± 23.6	163.7 ± 14.73	136.1 ± 16.28	127.1 ± 15.15	0.028

¹Todos los valores son en promedio ± error estándar: n=10

²Los datos fueron analizados con ANOVA de una vía al comparar el perfil de lípidos a lo largo del estudio.



Gráfica 6. Concentraciones de triglicéridos antes y después de 2 meses con el tratamiento dietario a base de soja, nopal, avena y chíá.

3.9 Medidas antropométricas al inicio y final del tratamiento

Al final del estudio no se encontró significancia en las medidas antropométricas como el IMC, peso, circunferencia de cintura y % de masa grasa (Tabla 33).

Tabla 33. Mediciones antropométricas al inicio y después del tratamiento dietario con BSNAC.

	¹ Basal	Tiempo 1	30 días de tratamiento	60 días de tratamiento	P ²
Peso	84.05 ± 3.47	83-64 ± 3.21	81.64 ± 3.08	81.37 ± 3.01	0.908
IMC	32.76 ± 1.24	32.42 ± 2.11	31.68 ± 1.12	31.99 ± 3.95	0.919
Cintura	99.49 ± 2.59	97.93 ± 2.77	95.67 ± 2.7	95.03 ± 2.07	0.588
% masa grasa	38.59 ± 2.42	38.88 ± 1.61	38.36 ± 1.67	39.92 ± 2.22	0.950

¹Todos los valores son en promedio ± error estándar; n=10

²Los datos fueron analizados con ANOVA de una vía al comparar el perfil de lípidos a lo largo del estudio.

Durante el estudio estas medidas antropométricas fueron cuantificadas y no mostraron cambio a lo largo de los dos meses que duro el estudio. Lo que demuestra que las reducciones en los parámetros bioquímicos no se debieron a cambios en el peso corporal o en el diámetro de cintura, indicando que los pacientes mantuvieron un apego constante a la dieta y no hubo incremento en la actividad física durante el estudio.

3.10 Presión arterial al inicio y final del tratamiento

Al final del estudio no se encontró diferencia significativa en la medición de la presión arterial sistólica y diastólica (Tabla 34) esto puede ser debido a que los pacientes no eran hipertensos desde el inicio del estudio.

Tabla 34. Presión arterial al inicio y después del tratamiento dietario.

	¹ Basal	Tiempo 1	30 días de tratamiento	60 días de tratamiento	P ²
Presión arterial sistólica	114.65 ± 5.14	111.87 ± 5.67	108.85 ± 2.86	108.38 ± 3.23	0.726
Presión arterial diastólica	77.75 ± 2.88	76.3 ± 3.31	75.73 ± 2.34	73.90 ± 2.65	0.813

¹Todos los valores son en promedio ± error estándar; n=10

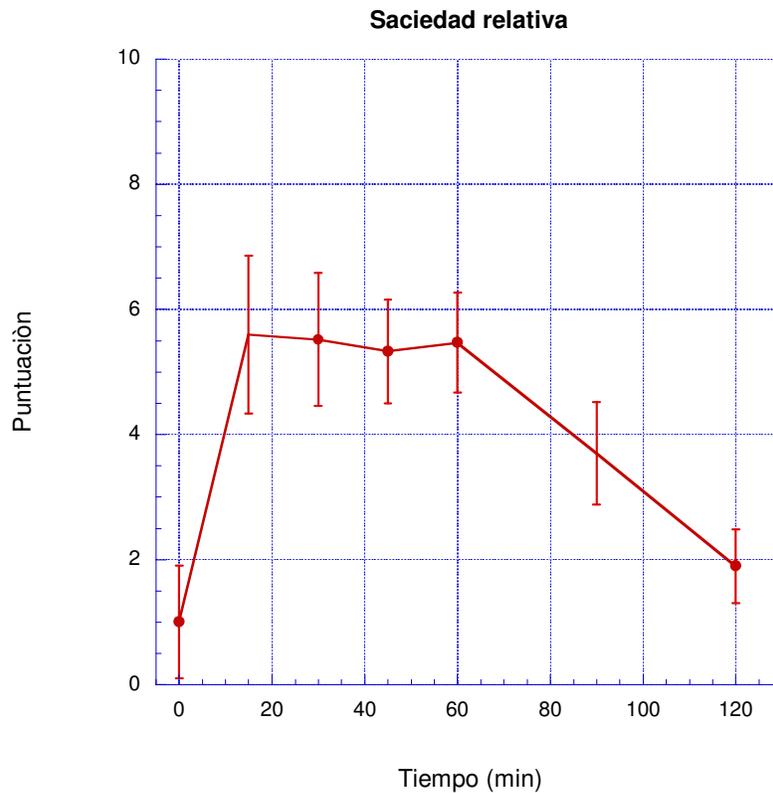
²Los datos fueron analizados con ANOVA de una vía al comparar el perfil de lípidos a lo largo del estudio.

3.11 Escala de saciedad

A lo largo del tratamiento dietario por 2 meses, dos pacientes reportaron que después del consumo de la bebida se sentían muy satisfechos y ya no apetecían desayunar o cenar. Con el objeto de conocer la saciedad relativa después del consumo del portafolio dietario se les pidió a 20 sujetos sanos que llenaran un cuestionario que contenía una escala hedónica lineal para conocer que tan satisfechos se encontraban después del consumo del portafolio dietario. Se les citó en ayuno mínimo de 8 horas. Los sujetos tenían que consumir la bebida en el menor tiempo posible y en una escala hedónica lineal de 100 mm tenían que marcar que tan satisfechos se sentían. El cuestionario se presenta a continuación y lo contestaron al minuto 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 después de haber consumido la bebida.

Medición de la saciedad subjetiva de una bebida en polvo		Edad _____
Sexo _____		
<p>Usted tendrá que consumir la bebida en el menor tiempo posible (el tiempo no debe ser mayor a un minuto). Inmediatamente después de haber consumido la bebida, <u>marque con una "X" sobre la línea</u>, donde usted crea conveniente de acuerdo a la sensación de saciedad o de hambre según sea el caso.</p>		
Al minuto 0	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 15	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 30	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 45	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 60	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 90	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho
Al minuto 120	_____	
Nada satisfecho		Muy satisfecho

Una vez recolectados los datos se graficaron y se observó que al minuto 15 después de haber consumido la bebida se alcanza la máxima saciedad relativa (5.5 puntos), lo que se considera una saciedad relativa baja; por lo que el consumo de la bebida teóricamente no afectaría el cumplimiento con la dieta establecida, gráfica 10.



Gráfica 7. Escala de saciedad en sujetos sanos

Como se observa en la gráfica 7, la máxima saciedad alcanzada ocurrió al minuto 15 después de haber consumido el portafolio dietario y se mantiene constante hasta el minuto 60. La saciedad relativa no es muy alta y los errores estándar no son muy grandes por lo que esta escala se puede tomar como referencia para medir la saciedad relativa.

Discusión

Debido a que existe una epidemia mundial de obesidad, es importante el desarrollo de estrategias dietarias para cada país en particular que puedan ser llevadas a cabo por casi toda la población. La obesidad forma parte del síndrome metabólico que se define como un conjunto de alteraciones metabólicas que incrementan el riesgo de presentar enfermedad cardiovascular y diabetes. Este conjunto de alteraciones; triglicéridos > 150 mg/dL, IMC > 30 kg/m², hipertensión, colesterol cHDL < 40 mg/dL para hombres una cintura mayor a 102 cm y colesterol cHDL < 50 mg/dL y cintura mayor de 88 cm para mujeres; se relacionan con el síndrome metabólico. En la encuesta Nacional de Enfermedades crónicas (59) la prevalencia de SM ajustada por edad fue de 13.61% tomando en cuenta la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de 26.6% con los criterios del Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol/Panel de Tratamiento del Adulto (NCEP/ATPIII) (60). Esto refleja que de acuerdo con estos criterios alrededor de 6.7 a 14.3 millones de adultos en México podrían estar afectados, respectivamente.

Una de las estrategias dietarias que se ha recomendado actualmente es la implementación de portafolios dietarios que se define como un conjunto de alimentos específicos diseñados para un padecimiento específico relacionado con la nutrición. Este portafolio debe de ser previamente validado o probado en la población en estudio para poder ser recomendado, ya que existen en el mercado miles de productos que indican que tienen un efecto sobre la salud pero que nunca han sido probados científicamente.

Por lo cual la presente investigación logró el desarrollo de una bebida funcional en polvo hecha a base de proteína de soya, nopal, semillas de chía y avena como materias primas para el control de las anormalidades bioquímicas del síndrome metabólico. Esta mezcla de alimentos fue escogida debido a sus efectos benéficos sobre la salud. La soya y la avena por sus características antihiperlipémicas, el nopal por su característica antihiperglucemiante debido al tipo de polisacáridos y contenido de fibra, y la semilla de chía por su alto

contenido de ácidos grasos omega 3 y actividad antioxidante. Sin embargo aunque se conozca el efecto benéfico de estos alimentos, lograr su conjunción en una bebida es un proceso que incluye muchas variantes que deben de ser controladas. En este caso se utilizó un nopal que fue deshidratado para evitar el efecto de la viscosidad. La avena tuvo que ser molida y el conjunto de los alimentos tuvo que pasar por proceso de molienda para obtener una bebida en polvo fino. Además de que tuvo que haber sido añadido un sabor para la mejor aceptación en sujetos de estudio y pacientes. También se tomó en consideración la cantidad de cada alimento para que realmente tuviera un efecto benéfico en la salud.

Con respecto al desarrollo de la bebida se agregó de Thixogum como un agente espesante y estabilizante y se hicieron varias pruebas de ensayo y error hasta encontrar la cantidad adecuada para lograr las características deseadas de textura y viscosidad, así mismo para prolongar la sinéresis y separación de las fases. Una vez obtenidas las características físicas deseadas, se continuó con la incorporación del saborizante; se probaron varios saborizantes hasta encontrar el perfil de sabor más adecuado y más aceptado en conjunto con todos los ingredientes; el saborizante más aceptado fue el “sabor fresa”. De la misma forma se procedió con la incorporación de colorante, se hicieron varias pruebas hasta encontrar el perfil de color deseado. El colorante usado fue el “color rojo fresa”.

Una vez obtenida la concentración de cada uno de los ingredientes se obtuvo la formulación final de la bebida funcional, presentada en la tabla 20.

El costo de las materias primas así como el costo por fórmula y el costo por sobre se presentan en la tabla 21. De esta forma se hizo el cálculo para obtener el precio por kilogramo de producto y el precio por sobre de producto ya envasado, obtenido un costo aproximado de \$1.83 M.N por cada sobre, lo que hace a nuestro portafolio dietario un producto de bajo costo y fácil acceso al consumidor.

Una vez obtenidos los sobres se le repartió a cada paciente la cantidad de sobres que necesitaban consumir.

Ya terminado el proceso de desarrollo del portafolio dietario, se procedió a probar este en pacientes 10 pacientes que presentaran síndrome metabólico de acuerdo a los criterios de inclusión ya mencionados. Se reclutaron cerca de 100 pacientes, ya que algunos no cumplían con los criterio de inclusión. En la visita número 1 se les tomó una muestra de sangre para medir los parámetros bioquímicos y se les hicieron las medidas antropométricas; también se les hizo una curva de tolerancia a la glucosa y se les dio una dieta baja en grasa saturada por 2 semanas de acuerdo al ATP III para estandarizar a la población con el objeto de que todos consumieran un mismo tipo de dieta. Durante este periodo se les estuvo monitoreando vía telefónica para asegurarnos de que llevaban un apego a la dieta.

En la visita numero 2 se les tomó una muestra de sangre para medir nuevamente los parámetros bioquímicos y también las medidas antropométricas. Se les dio la cantidad de sobres necesaria para 30 días. Se les dio la siguiente información para el consumo de la bebida.

La visita numero 3 fue de la misma forma, se les pidió que entregarán todos los sobres vacios que habían consumido, y se les dio nuevamente la cantidad de sobres para otros 30 días.

En la visita numero 4 se procedió de la misma forma y se les realizó nuevamente una curva de tolerancia a la glucosa.

En la tabla 31 y 32 se observa una disminución significativa del 36.79 % en los niveles de triglicéridos y del 21.29 % en la curvas de tolerancia a la glucosa y de un 50% en las curva de insulina. Durante el estudio estos parámetros siempre demostraron una tendencia a la baja.

Con respecto a los demás parámetros bioquímicos como el colesterol total, colesterol cHDL y colesterol cLDL, no se observó cambio significativo probablemente debido a que las concentraciones de colesterol total están dentro de los valores normales. Lo mismo se observó en las mediciones antropométricas y en la presión arterial. En estos parámetros, se empieza a observar un cambio a la baja en la visita numero 3, sin embargo en la visita numero 4 se mostró un ligero aumento en estos parámetros. La investigación se inició en el mes de

octubre del 2009 y se concluyó en el mes de diciembre muy próximo a las fiestas de esta temporada, por lo que consideramos que este aumento en estos parámetros se debe a una falta de apego a la dieta.

La presente investigación demostró que los pacientes con SM, disminuyen significativamente las concentraciones de triglicéridos en suero y mejora su curva de tolerancia a la glucosa y de insulina después del consumo de un portafolio dietario en forma de una bebida funcional hecha a base de proteína de soya, nopal, semillas de chía y avena, en conjunto con una dieta baja en grasa saturada durante dos meses. Es importante señalar que la reducción de triglicéridos y las curvas de tolerancia a la glucosa e insulina no se debieron a cambios en el peso corporal, o a cambios en la actividad física.

Parte del éxito de este estudio en relación con la disminución en la concentración de triglicéridos y mejora en las curvas de tolerancia a la glucosa e insulina, se debió al apego a la dieta y a las recomendaciones del NECP/ATP III, como el estrecho contacto con los pacientes durante el estudio, ya que se llevo un manejo individualizado por personal especializado, haciendo promoción con mensajes de salud con carteles como se muestran a continuación y motivación de los pacientes con asesoramiento individual. Es importante hacer notar que el desarrollo de estos portafolios dietarios son de gran importancia para control de ciertas enfermedades relacionadas con la nutrición.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

- Se logró elaborar un portafolio dietario en forma de una bebida funcional a base de proteína de soya, nopal, chía y avena con un color, sabor, textura aceptables, de acuerdo a los resultados arrojados en la evaluación sensorial, para reducir algunas de las anormalidades bioquímicas del SM.
- A este nuevo producto se le realizó un análisis químico en base a los resultados el producto se considera bajo en grasa y sin azúcar de acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHOLICAS CON MODIFICACIONES EN SU COMPOSICION.
- El análisis microbiológico fue satisfactorio ya que los tres indicadores para alimentos resultaron ser negativos, indicando la ausencia de microorganismos patógenos.
- Se obtuvo un alimento con un índice glucémico bajo lo que significa que personas con DM o resistencia a la insulina pueden consumirlo sin mayor problema.
- Los resultados presentados pueden indicar la forma y las recomendaciones nutricionales y dietéticas que deben de seguir los pacientes con SM, para poder reducir algunas anormalidades bioquímicas como son las concentración de triglicéridos en suero y una mejora en las curvas de tolerancia a la glucosa e insulina; de tal forma que contribuyan a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares tan frecuentes en nuestro país.
- Algunas de las fortalezas de este portafolio dietario desarrollado en forma de bebida funcional, es un alimento con un alto contenido de proteína vegetal, bajo contenido de grasa, alto en fibra con antioxidantes naturales y sin azúcar. Por lo que pacientes con SM, hipercolesterolemia, DM o resistencia a la insulina pueden consumirlo como una alternativa o un complemento a los medicamentos recetados para estos padecimientos que acompañado con un dieta baja en grasa saturada se pueden obtener grandes beneficios. Nuestro portafolio dietario convertido en un nuevo alimento funcional ahora cuenta con una base científica que prueba sus beneficios.

- Las oportunidades de nuestro portafolio dietario son que presenta características sensoriales aceptables, como el sabor, el color, el dulzor, etc. esta elaborado con materias primas accesibles y de bajo costo, que se transforma en un producto de fácil acceso al consumidor mexicano. Actualmente hay una tendencia hacia el consumo de alimentos funcionales que proporcionan beneficios a la salud por lo que la incorporación al mercado es factible, aún cuando existen infinidad de productos en el mercado respaldados por grandes empresas transnacionales y sustentadas con grandes campañas publicitarias. Además de tener un bajo costo.
- Por lo anterior, se debe señalar que el público consumidor demanda el desarrollo de un nuevo campo en la industria alimenticia y la nutrición y se prevé que en los próximos años se fortalezcan algunas áreas tales como estudios de mercado de los alimentos funcionales, actualización de las leyes que regulan la venta de estos productos.
- Se espera el surgimiento de nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de nuevos productos y su preservación. Por último, en el área científica es posible vislumbrar que se investigue la relación de los componentes alimenticios con el organismo, además de conocer la interacción entre los componentes funcionales y las enfermedades para identificar mejor el mecanismo de acción de los componentes funcionales con los procesos patológicos.

Bibliografía:

1. Consejo Europeo de Información sobre los Alimentos (UEFIC) 2010. <http://www.uefic.org/index/es/>.
2. Alvídrez M.A., González M.B.E. y Jiménez S.Z. 2002. Tendencias en la Producción de Alimentos: Alimentos Funcionales. *Revista Salud Pública y Nutrición*. México 3(3).
3. Fábregas, Jaime. 2003. *Aplicaciones de Alimentos Funcionales*. Universidad de Santiago Compostela. Madrid, España. 14(63).
4. European Commission Community Research (2000) Project Report: Functional Food Science in Europe, Volume 1; Functional Food Science in Europe, Volume 2; Scientific concepts of Functional Foods in Europe, Volume 3. EUR-18591, Office for Official Publications of the European Communities, L-2985, Luxemburgo.
5. Arzate R.E., Navarro O.A. 2007. *Alimentos Funcionales de México: Determinación de compuestos bioactivos en nopal deshidratado*. Tesis de licenciatura, Facultad de Química UNAM. p 3-15.
6. Araya L.H. y Lutz R.M. 2003. *Alimentos Funcionales y Saludables*. *Revista Chilena de Nutrición* 30(1):103-117.
7. Arvanitoyannis I. S. y Houwelingen K. M. V. 2005. *Functional Foods: A Survey of Health Claims, Pros and Cons, and Current Legislation*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45: 385-404.
8. Arai S. 1996. *Studies on functional foods in Japan. State of the art. Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. Department of Applied Biological Chemistry, Division of Agricultural Life Sciences. The University of Tokyo, Bunkyo-Ku 113. Japan. 60(1):9-15.
9. Chasquibol S. N., Lengua C. L., Delmas I., Rivera C. D., Bazan D., Aguirre M. R. y Bravo A. M. 2003. *Alimentos Funcionales o fitoquímicos, clasificación e Importancia*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 5(2): 9-20.
10. Pratt D. E., 1992. *Natural antioxidant from plant material. Phenolic compounds in food and their effects on health II. Antioxidants and cancer prevention*. American Chemical Society, Washington, DC 54-68.

11. Riezzo G., Chiloiro M. y Russo F., 2005. Functional Foods: Salient Features and Clinical Applications. *Current Drug Targets-Immune, Endocrine and Metabolic Disorders* 5: 331-337. 2005.
12. Etherton K., D., R. D., Hecker K. D., M. S., R. D., Bonanome A., M. D., Coval S. M., M. S., Binkoski A. E., B. S., R. D., Hilpert K. F., Griel A. E., M. Ed., Etherton T. D. 2002. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *The American Journal of Medicine* 113(9B): 71-87.
13. Hooper L. y Cassidy A., 2006. A review of the health care potential of bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86:1805-1813.
14. .Milo O. L., 2002. Nutraceuticals and Functional Foods: Circulating Herat-Smart News. *Institute of Food Technologists* 56: (6).
15. Losso Jack N., 2002. Preventing Degenerative Diseases by Anti-angiogenic Functional Foods. *Food Technology* 56(6): 78-87.
16. Mazza G. y Ph. D., 2000. Alimentos Funcionales aspectos bioquímicos y de procesado. Editorial Acriba. Zaragoza, España. p. 10-21.
17. Bravo L., 1998. Polyphenol: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Revista de Nutrición* 56(11): 317-333.
18. Andary C. y Mondolot C. L. 1997. Histolocalization of plant polyphenols in tissues and cell walls. Some applications. En: *Polyphenols in foods. Proceedings of a European COST concerted action scientific workshop*, 41-44.
19. Martínez V. I., Periago M. J. y Ros G., 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *ALAN* 50(1):1-5.
20. Velioglu Y. S., Mazza G, Gao L. y Oomah B. D., 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(10): 4113-4117.
21. Rosado L. J., López P., Huerta Z., Muñoz E. y Mejía L., 1993. Dietary Fiber in Mexican Foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 6: 215-222.

22. Periago M. J., Ros G., López G., Martínez M. C. y Rincón, 1993. Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* 33: 229-245.
23. Journal of the American Dietetic Association, 2002. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber 102(7): 993-999.
24. Casanueva E., Kaufer H. M., Pérez L. A. B. y Arroyo P., 2001, "Nutriología Medica", 2a edición, Editorial Medica Panamericana, México. p. 473-499.
25. Grant R. A., D. D.Sc. 1980. *Applied Protein Chemistry*. Ed Applied science publishers LTD. Inglaterra. p. 301-309.
26. Padgett, S.R., K.H. Kolacz, X. Delannay, D.B. Re, B.J. LaVallee, C.N. Tinius, W.K. Rhodes, Y.I. Otero, G.F. Barry, D.A. Eichholtz, V.M. Peschke, D.L. Nida, N.B. Taylor, & G.M. Kishore. 1995. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Sci.* 35:1451–1461.
27. Blackman SA, Obendorf RL, Leopold AC (Sep 1992). «Maturation Proteins and Sugars in Desiccation Tolerance of Developing Soybean Seeds». *Plant Physiol.* 100 (1): pp. 225–230. doi:10.1104/pp.100.1.225. PMID 16652951. PMC 1075542.
28. National Nutrient Database for Standard Reference (USDA) Nutrient Data Laboratory. 2010. <http://www.usda.gov/>.
29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2010. http://www.fao.org/index_es.htm.
30. Torre-Villalvazo, Tovar-Palacio, AR, Ramos-Barragan. VE, Cerbón-Cervantes MA and Torres y Torres N. 2008. Soy protein Ameliorats Metabolic Abnormalities in Liver and Adipose Tissue of Rats Fed a High Fat Diet 4Departamento de Fisiología de la Nutrición, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, DF, 14000. *The Journal of Nutrition.* 138 p. 462-468.
31. Torres y Torres Nimbe. 2006. Índice glicémico, índice insulinémico y carga glicémica de bebidas con un contenido bajo y alto de hidratos de carbono. Departamento de Fisiología de la Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias

Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Revista de Investigación clínica. México. 58(5):487-497.

32. Bravo-Hollins H., 1978. Las cactáceas de México 2a ed Vol 1 U.N.A.M México.

33. Stintzing F. C. y Reinhold C., 2005. Cactus stems (*Opuntia* sp) A review on their chemistry, technology and uses. Molecular Nutrition and Food Research. 49: 175-194.

34. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en línea. 2010. <http://www.sagarpa.gob.mx>.

35. Ríos y Quintana, Supervivencia Y Producción de Nopal para Verdura (*Opuntia ficus-indica*) Utilizando Fracciones Mínimas. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 154 de Huitzilac, Morelos. 2004.

36. Calderón de Rzedowski, G. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México 2da. Ed. México Instituto de Ecología, A. C. México. p. 40-43.

37. Andary C. y Mondolot C. L. 2007. Histolocalization of plant polyphenols in tissues and cell walls. Some applications. En: Polyphenols in foods. Proceedings of a European COST concerted action scientific workshop, 41-44.

38. De Luna J.A. 2007. Composición y procesamientos de la soya para consumo humano. Investigación y Ciencia, enero-abril, año/vol. 15, número 037. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes. México pp.35-44.

39. Manach, C. Scalbert, A. Morand, A. Rémésy, C. and Jiménez, L. 2009. Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of clinical nutrition. 16(1):77-84.

40. Jung-Hoon, Jung-Mi, Hyoung-Chun. 2006. *Opuntia ficus-indica* attenuates neuronal injury in vitro and in vivo models of cerebral ischemia Journal of Ethnopharmacology 104. 257–262.

41. Hyang Dok-Go , Kwang Heun Lee. 2003. Neuroprotective effects of antioxidative flavonoids, quercetin, (1)-dihydroquercetin and quercetin 3-methyl ether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var *saboten*. Brain Research 965. 130–136.

42. Rodríguez-García, De Lira E. Hernández-Becerra. Cornejo-Villegas.2002. Physicochemical Characterization of Nopal Pads (*Opuntia ficus indica*) and Dry Vacuum Nopal Powders as a Function of the Maturation. *Plant Foods Hum Nutr.* 62:107–112 DOI 10.1007/s11130-007-0049-5.
43. Ning Yang a, Mouming Zhao, 2008. Anti-diabetic effects of polysaccharides from *Opuntia monacantha* cladode in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9. 570–574.
44. Basurto S.D, Lorenzana-Jiménez, Magos Guerrero G, 2006. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. *Rev. Facultad de Medicina UNAM.* 49 (4) Julio-Agosto.
45. Muñoz Villagrán M, 2009. El mercado de la avena. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA Ministerio de Agricultura.
46. <http://www.botanicalonline.com>. 2010.
47. Yokoyama, W.H., Knuckles, B.E., Wood, D.F., Inglett, G.E. 2002. Food Processing Reduces Size of Soluble Cereal B-Glucan Polymers Without Loss of Cholesterol-Reducing Properties. *American Chemical Society Symposium Series* 8:105-116.
48. Optivita Kellogg's. Evidencias Científicas del Betaglucano y Beneficios de Optivita. Marzo-2007.
49. De Groot AP, Luyken R, Pikaar NA, 1963. Cholesterol-lowering effect of rolled oats. *Lancet*; 2:303–304.
50. US Food and Drug Administration. FDA, 1997. Final rule for federal labelling: health claims: oats and coronary heart disease. *Fed Regist*; 62:3584-681.
51. Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM, 1999. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr*; 69(1):30-42.
52. DGSCA/UNAM. *The Medieval Miniaturæ Compendium*, 1997-1999.
53. Clemens von Schacky, MD; Peter Angerer, MD; Wolfgang Kothny, MD; Karl Theisen, MD; and Harald Mudra, MD, 1999. The Effect of Dietary {omega}-3 Fatty Acids on Coronary Atherosclerosis", *Annals of Internal Medicine*, 130(7) 554.562.
54. A P : Salem, N, 1992. Egg yolk as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding", Simopoulos, *Am-J-Clin-Nutr.* 55(2): 411-4.

55. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids", A. P. Simopoulos, Dossier: Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases. *Biomedecine & Pharmacotherapy*, 56(8):365-379.
56. Laboratorio de Fisiología de la Nutrición. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.
57. Stola, M., 2007. Metabolic Syndrome. Contraversial but useful. *Clevel Clin J of Med*, 74: p. 199-207].
58. Aguilar-Salinas CA, R.R., Gómez-Pérez FJ, Valles V, Ríos-Torres JM, Franco A, 2003. Analysis of the agreement between the World Health organization criteria and the national cholesterol education program III: definition of the metabolic syndrome: results from a population based Survey. *Diabetes Care*, **26**.]
59. Giugliano D, C.A., Esposito K, 2008. *Are there specific treatments for the metabolic syndrome?* *Am J Clin Nutr.* **87**: p. 8 - 11.]
60. Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III) *JAMA*, 2001. 285(19): p 2486-2497.
61. Fauci B., Wilson, Martin, Kasper, Hauser, 2006. Principios de Medicina Interna, in Harrison McGraw-Hill, Editor. Estados Unidos.
62. Branen, Larry, 2002. Food Aditives, 2nd Edition. Ed Borrada. New York Estados Unidos.
63. Cummings J.H. 2007. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*. 61(10):5-18.
64. FAO/OMS. CODEX alimentarius. Normas Oficiales del CODEX. 2010. <http://www.codexalimentarius.net>.
65. Association of Oficial Analytical Chemists (AOAC) Oficial Methods of Analysis 16th. Edition.2003. p. 925-991.
66. Pomeranz K. y Meloan, CE, 1994. Food Analysis, Theory and Practice, Chapman & Hall. Estados Unidos. p. 64-68.
67. Maron and Prutton, 1999. Fundamentos de fisicoquímica. Ed Limusa. pp 902-909.

68. Lewis, M, 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas procesados. Ed. Acriba, S.A. Zaragoza, España.
69. Gean Kaplis, J.C, 1995. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Ed. Continental. México.
70. Pedrero L D.L.; Pangborn R.S. 1989. "Evaluación sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos". Alhambra Mexicana.
71. Food and Drug Administration FDA., Soy protein and coronary heart disease. F. register, Editor 1999, Online via GPO Acces. <http://www.fda.gov/ohrms/dockets/dailys/02/Aug02/080102/02N-0209-EC-294.html>.
72. Tovar-Palacio AR, Torres y Torres N., 2010. The role of dietary protein on lipotoxicity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*. 1801(3):367-371.
73. Kaye Foster-Powell, Susanna HA Holt, and Janette C Brand-Miller, 2002. International table of glycemic index and glycemic load values. 76(1):5-56.
74. Elin M Östman, Helena GM Liljeberg Elmståhl, and Inger ME Björck, 2001. Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. *Journal Clinical Nutrition*. 74:96-100.