



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“APLICACIÓN DE LOS INGREDIENTES FUNCIONALES Y SU
IMPACTO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA”**

**TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS
PRESENTA
JOANA JESSICA CRUZ VENTURA**



MÉXICO, D.F.

2011



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	Prof. María de Lourdes Gómez Ríos
VOCAL	Prof. Miguel Ángel Hidalgo Torres
SECRETARIO	Prof. Agustín Reyo Herrera
1er. SUPLENTE	Prof. René Julio de los Ríos Campanella
2do. SUPLENTE	Prof. Gabriela Alatorre García

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

BIBLIOTECA FACULTAD DE QUÍMICA UNAM, CIRCUITO ESCOLAR CIUDAD UNIVERSITARIA

ASESOR DEL TEMA:

Q. F. B. Agustín Reyo Herrera

SUSTENTANTE:

Joana Jessica Cruz Ventura

ÍNDICE

RESUMEN	1
OBJETIVOS.....	3
1. ANTECEDENTES	4
1.1 Definición de Ingrediente Funcional	4
1.2 El reto de utilizar un Ingrediente Funcional	7
1.2.1 Registro Sanitario.....	9
1.2.2 Comprobar Beneficios.....	10
1.2.3 Etiquetado	10
1.3 Principales Ingredientes Funcionales utilizados en la Industria Alimentaria....	11
1.3.1 Japón	12
1.3.2 Europa.....	13
1.3.3 Estados Unidos de América	14
2. PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS	15
2.1 Probióticos.....	15
2.1.1 Generalidades.....	15
2.1.2 Propiedades Funcionales.....	18
2.1.3 Aplicaciones	20
2.2 Prebióticos.....	21
2.2.1 Generalidades.....	21
2.2.1.1. Galacto-oligosacáridos (GOS)	22
2.2.1.2 Inulina y Fructo-oligosacáridos (FOS)	24
2.2.3 Aplicaciones	26
3. INGREDIENTES PROTEÍNICOS.....	27
3.1 Generalidades	27
3.2 Concentrados Proteicos	30
3.2.1 Generalidades.....	30
3.2.2 Propiedades Funcionales.....	31
3.2.2.1 Actividad anticancerosa	31
3.2.2.2 Efecto sobre la respuesta inmunitaria	31
3.2.3 Aplicaciones	31

3.3 Proteínas biológicamente activas de la leche.....	32
3.3.1 Inmunoglobulinas	33
3.3.2 Lactoferrina	35
3.3.3 Lactoperoxidasa.....	37
3.3.4 Lisozima.....	40
3.3.5 Proteínas de soya	41
4. INGREDIENTES LIPÍDICOS.....	44
4.1 Generalidades	44
4.2 Ácidos Grasos Poliinsaturados.....	45
4.2.1 Generalidades.....	45
4.2.2 Propiedades Funcionales.....	46
4.2.3 Aplicaciones	48
4.3 Fitoesteroles.....	49
4.3.1 Generalidades.....	49
4.3.2 Propiedades Funcionales.....	51
4.3.3 Aplicaciones	52
5. ANTIOXIDANTES	53
5.1 Generalidades	53
5.1.1 Antioxidantes Naturales	56
5.1.1.1 Vitamina E o Tocoferoles	57
5.1.1.2 Vitamina C o ácido ascórbico.....	58
5.1.1.3 Carotenoides.....	59
6. OTROS.....	61
6.1 Aloe Vera.....	61
6.1.1 Generalidades.....	61
6.1.2 Propiedades Funcionales Aloe vera.....	63
6.2 Té Verde.....	65
6.2.1 Generalidades	65
6.2.1.1 Composición química del Té Verde	66
6.2.2 Propiedades Funcionales	69
7. CONCLUSIONES	70

8. BIBLIOGRAFÍA	72
9. ANEXO 1.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la 4'-galactosil-lactosa; componente principal de los GOS.....	24
Figura 2. Estructura de la inulina y los FOS: con una molécula terminal de glucosa (β - D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (β - D-fructopiranosil) (B).....	25
Figura 3. Estructuras de las diversas clases de inmunoglobulinas.....	34
Figura 4. Conformación de la lactoferrina.	37
Figura 5. Lactoperoxidasa	38
Figura 6. Lisozima	41
Figura 7. Estructura de los ácidos omega 3 y 6.	46
Figura 8. Estructura química de los principales fitoesteroles y fitoestanoles.	51
Figura 9. Estructura química de los distintos isómeros del tocoferol.	57
Figura 10. Estructura química del ácido ascórbico.....	58
Figura 11. Estructuras químicas de algunos carotenoides.	59
Figura 12. Estructura de la aloína componente principal del Aloe Vera	62
Figura 13. Estructura química de las catequinas del té.	68

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS

Tabla 1. Principales Ingredientes utilizados para enriquecer los alimentos.....	4
Gráfica 1 Ventas globales y crecimiento de ventas de Ingredientes Funcionales a Nivel Mundial, 2008.	12
Gráfica 2 Ingredientes más usados en Japón.	12
Gráfica 3 Aplicación de Ingredientes Funcionales en Japón.	13
Gráfica 4 Ingredientes más utilizados en Europa.	13
Gráfica 5 Uso de Ingredientes Funcionales en Europa.	14
Gráfica 6 Ingredientes más utilizados en Estados Unidos.....	14
Gráfica 7 Uso de Ingredientes Funcionales en Estados Unidos.....	15
Tabla 2. Ejemplos de cepas de probióticos en productos	17
Tabla 3. Ejemplos de aplicaciones de la inulina y los FOS en la Industria Alimentaria.....	26
Tabla 4. Propiedades de las proteínas del suero lácteo y de otras proteínas activas de la leche.....	33
Tabla 5. Productos con ácidos grasos.	49
Tabla 6. Composición del Té Verde	67
Tabla 7. Concentración (mg/100g) de flavonoides en los diferentes tipos de té.	68

RESUMEN

El creciente interés por una alimentación saludable ha dado lugar a la aparición en el mercado de una nueva gama de alimentos y productos que, además de nutrir, mejoran la salud incrementando el bienestar y reduciendo el riesgo de contraer determinadas enfermedades. La idea de que los alimentos pueden ayudar al bienestar y la salud además de nutrir, es cada día más aceptada por los consumidores y los profesionales de la Industria Alimentaria.

Es por ello que se pretende proveer a la Industria Alimentaria de materias primas que sean capaces de brindar salud al cuerpo humano y, a través de una tecnología vanguardista, extraer y transformar los agentes activos para, partiendo de ahí, desarrollar una serie de productos de alta calidad especialmente orientados a suplementos alimenticios, nutracéuticos y alimentos funcionales. Los efectos benéficos demostrados científicamente por este tipo de alimentos deben de ir más allá de los propios derivados del valor nutritivo, mejorando el estado del individuo, su calidad de vida o bien disminuyendo el riesgo a sufrir una patología.

Cabe destacar que los consumidores están cada vez más conscientes de su bienestar y buscan en el mercado aquellos productos que contribuyan a su salud. Siguiendo esta tendencia, el consumidor a través de los medios recibe abundante información acerca de las propiedades «saludables» de los alimentos, y por la estrategia de mercadotecnia de las empresas alimentarias.

Japón fue el primer país que dispuso de una Legislación Alimentaria para regular su consumo, define a los alimentos funcionales (*Foods for Specified Health Use FOSHU*), como: «alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan a funciones corporales específicas, además de nutritivas», y conoce doce clases de ingredientes favorecedores de la salud, entre los cuales se cuentan la fibra dietética, los oligosacáridos, las vitaminas y bacterias lácticas; los minerales y los ácidos grasos poliinsaturados. Además cuenta con una legislación

específica para la comercialización y rotulado de este tipo de alimentos. (SERNAC, 2004).

Entre los principales ingredientes funcionales utilizados en la Industria Alimentaria se encuentran los siguientes:

- **Probióticos y Prebióticos** entre los probióticos se encuentran los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, mientras que en los prebióticos encontramos los oligosacáridos y otro tipo de hidrocoloides.
- **Ingredientes Proteínicos** algunos de ellos son la Lactoferrina, Lactoperoxidasa, Lisozima, Inmunoglobulinas, concentrados proteicos y proteínas de soya.
- **Ingredientes Lipídicos**, estos incluyen los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Los ejemplos más importantes son: Ácido linolénico (Ω -3), ácido linoleico (Ω -6) y los fitoesteroles.
- **Antioxidantes**, los que tienen interés como ingredientes funcionales son los que provienen de los alimentos como: la vitamina C, los carotenos y los flavonoides. La vitamina E, el betacaroteno y el licopeno.
- **Otros**, recientemente se han introducido en la Industria Alimentaria nuevos ingredientes funcionales para desarrollar nuevos productos, tales como el aloe vera y el té verde.

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar la relevancia en cuanto a volumen, costos e incidencia de los principales ingredientes funcionales en la Industria Alimentaria para presentar el panorama actual y un conocimiento general sobre algunos ingredientes funcionales utilizados en la Industria Alimentaria.

Objetivos Particulares

- Establecer de qué manera impacta la utilización de los ingredientes funcionales en la formulación de alimentos procesados.
- Determinar los niveles de aplicación de los ingredientes funcionales utilizados en la Industria Alimentaria.

1. ANTECEDENTES

1.1 Definición de Ingrediente Funcional

Existe un legítimo interés de los consumidores por su salud y bienestar, lo que ha derivado en la preocupación por incluir en su alimentación, alternativas que contribuyan a elevar estos satisfactores. La tendencia actual ha obligado a la Industria de Alimentos a enfocarse en la búsqueda de soluciones que le permitan cubrir estas necesidades y superar las expectativas del consumidor actual. Es por ello que se han presentado oportunidades para el mercado de los ingredientes funcionales, ya que estos poseen características aceptables que promueven beneficios específicos para la salud, al mismo tiempo que ayudan a prevenir y contrarrestar el riesgo de algunas enfermedades, como parte de una dieta saludable.

Estos “*ingredientes funcionales*” utilizados en la Industria Alimentaria generaron un concepto llamado “*alimentos funcionales*”, los cuales poseen uno o más componentes nutricionales que benefician las funciones del organismo, en forma adicional a sus propiedades tradicionales, que producen algún efecto relevante para mejorar el estado de salud. En la tabla 1, se presentan los principales ingredientes utilizados en los alimentos.

Tabla 1. Principales Ingredientes utilizados para enriquecer los alimentos

Ingredientes	Efectos	Uso en Alimentos
Fibra Dietética	Regulación del tránsito intestinal.	Bebidas, productos de confitería, de panadería, cereales.
	Reducción del riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer.	
	Disminución de los niveles de colesterol plasmáticos.	
Oligosacáridos	Son sustrato de elección para las Bifidobacterias.	Bebidas, productos de confitería, helados, productos lácteos, comidas preparadas,
	Favorecer el crecimiento de la	

	flora bacteriana beneficiosa.	pan, cereales de desayuno.
	Disminución de los niveles de colesterol plasmáticos.	
Probióticos	Contribuyen al equilibrio de la flora intestinal beneficiosa.	Yogures, Lácteos.
Minerales	Reducción del riesgo de sufrir osteoporosis.	Bebidas, yogures, lácteos, dulces, productos de panadería, comidas preparadas.
	Prevención de la anemia.	
Antioxidantes	Reducen el riesgo de padecer cáncer.	Bebidas, zumos de frutas y vegetales, yogures, postres, cereales para desayuno, panadería y confitería.
Ingredientes Lipídicos	Terapéutica y profilaxis de enfermedades cardiovasculares inflamatorias.	Bebidas, confitería, hamburguesas, bebidas con bacterias ácido-lácticas, yogures, conservas, leches infantiles, productos de panadería.

Fuente: (SERNAC, 2004)

Japón fue el primer país que dispuso de una legislación alimentaria para regular su consumo, define a los alimentos funcionales (*Foods for Specified Health Use FOSHU*), como: “*alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan a funciones corporales específicas, además de nutritivas*” y conoce doce clases de ingredientes favorecedores de la salud, entre los cuales se cuentan la fibra dietética, los oligosacáridos, las vitaminas y bacterias lácticas; los minerales y los ácidos grasos poliinsaturados. Además cuenta con una legislación específica para la comercialización y rotulado de este tipo de alimentos (SERNAC, 2004).

Por otro lado, la Comunidad Europea define un alimento como funcional: *“si contiene un componente alimenticio (sea o no un nutriente) con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse que es funcional (fisiológico) o incluso saludable”*.

En Estados Unidos la Academia Nacional de Ciencias ha definido los alimentos funcionales como:

“alimentos modificados, o que tengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene”.

En Chile, el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile, se refiere a los alimentos funcionales como:

“aquellos alimentos que en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud, que van más allá de la nutrición”.

Como se puede apreciar el común denominador de los alimentos funcionales es actuar de forma benéfica, más allá de lo que un alimento provee por si mismo ya sea sobre una o varias funciones específicas del organismo. Su percepción organoléptica, particularmente el olor y sabor de los alimentos funcionales es igual al de sus equivalentes tradicionales, y presentan el mismo aspecto. Es posible señalar que todos los alimentos funcionales se aprecian como promotores de la salud y bajo ciertas condiciones de ingesta pueden influir positivamente en una o más funciones del cuerpo, mejorar el estado de salud o de bienestar, y/o reducir el riesgo de enfermedades (SERNAC, 2004).

1.2 El reto de utilizar un Ingrediente Funcional

La relación entre la dieta y la salud es hoy día muy clara, es por ello que la alimentación es clave, por lo que la introducción de alimentos que ayuden a obtener las metas de salud y bienestar es una necesidad que se nota comercialmente. Por ejemplo, en México el mercado de los alimentos “funcionales” tiene un valor aproximado de mil millones de dólares con un crecimiento estimado de aproximadamente 10% al año durante los próximos cinco años. Para mantener este desarrollo, hay que enfrentar diversos retos que incluyen la determinación científica de la inocuidad del ingrediente, la comprobación científica de su actividad y beneficio, la formulación, la estabilidad del producto terminado, la aceptación del consumidor y la aprobación legal (USDA, 2009).

Cuando se superan los retos tecnológicos, sensoriales y comerciales y se logra demostrar, tanto en el laboratorio como clínicamente que un ingrediente puede representar un beneficio a la salud, queda uno de los grandes obstáculos, la aprobación por parte de las agencias regulatorias en cada país. Las autoridades no sólo deben establecer que un ingrediente es inocuo sino también deben considerar la veracidad de los supuestos beneficios a la salud en las dosis en las que se pretende usar. Legalmente, muchos de estos ingredientes novedosos no tienen historial de uso como ingredientes pero tampoco tienen alguna función tecnológica (conservador, estabilizador, espesante, etc.) por lo que no se les puede considerar aditivos. En muchos países existen procesos legales claros para la aprobación de un aditivo pero no de un ingrediente. Sin embargo, el usuario final requiere garantías de que es un ingrediente permitido aunque no exista un proceso legal para su aprobación (USDA, 2009).

En algunos países existen procesos claros para obtener la aprobación de los “*ingredientes funcionales*”. Por ejemplo, en Estados Unidos existe la posibilidad de declarar un producto “generalmente reconocido como seguro” o GRAS por sus siglas en inglés. Para lograr esto, un panel de expertos revisa toda

la evidencia toxicológica y el historial de uso del producto, y emite un juicio de opinión sobre su inocuidad. En este caso, existen tres etapas:

En la primera, el panel de expertos genera un documento declarando al ingrediente como inocuo.

En la segunda el documento se envía a la Administración de Alimentos y Fármacos o FDA a revisión y obtiene el estatus de “*FDA pending*”, que significa que la autodeterminación de inocuidad por el panel de expertos se está evaluando por la FDA.

Por último si la FDA no tiene ninguna objeción, emite una carta de no comentario al dossier del panel de expertos y así el ingrediente puede usarse en las dosis y las aplicaciones estudiadas por el panel de expertos. Este tipo de enfoque libera a las autoridades de hacer todas las evaluaciones y da más responsabilidad a la industria y a los expertos (USDA, 2009).

En el caso de Europa, los ingredientes se clasifican como “Alimentos Nuevos” o “*Novel Foods*”. Los “Alimentos Nuevos” son aquellos alimentos o ingredientes no utilizados de manera significativa dentro de la Comunidad antes del 15 de Mayo de 1997. La regulación EC 258/97 del 27 de enero de 1997 establece reglas detalladas para la autorización de los alimentos o ingredientes nuevos. Los alimentos que se comercializaban en al menos un país miembro antes de la entrada en vigor de la regulación del 15-05-97, están en el mercado bajo el principio de reconocimiento mutuo. Para asegurar el más alto nivel de protección a la salud humana, los “Alimentos Nuevos” deben pasar por una evaluación de la inocuidad antes de ser comercializados en cualquier país de la Unión. Cualquiera de estos dos tipos de aprobaciones representa documentos claves para obtener una autorización en la mayoría de los países de Latinoamérica.

1.2.1 Registro Sanitario

En algunos países de Latinoamérica como Chile y Brasil existe la figura del Registro Sanitario, mediante la cual se deben registrar todos los ingredientes que se importan o comercializan en el país. A través de este registro se puede obtener un documento de “aprobación” del ingrediente. Sin embargo, en otros países, no existe ningún proceso específico de aprobación o registro. Esto se complica todavía más por el hecho de que las reglas de etiquetado del producto final no son muy claras.

Es necesario presentar la información toxicológica relevante con los datos del nivel de exposición y el tipo de aplicaciones en las que se pretende introducir el ingrediente para que las propias autoridades puedan hacer su evaluación con respecto al nivel de exposición de la población.

Esto es importante ya que algunos de los productos o compuestos que ahora se comercializan como “ingredientes funcionales” tienen efectos sobre la salud, dado que tienen actividad biológica. Al introducirlos en alimentos nuevos procesados, se requiere verificar que la actividad biológica que se manifiesta se encuentre dentro de los intervalos de dosificación que presentan un beneficio. Es posible que, en concentraciones más altas o en combinación con medicamentos, puedan tener un efecto adverso. Por ejemplo, algunos de los compuestos que declaran mejorar la memoria y el nivel de alerta (por ejemplo, el *ginseng*) tienen efectos directos sobre la coagulación sanguínea y el sistema cardiovascular. Esto, que puede ser la base del mecanismo de su acción benéfica, puede resultar fatal para individuos que toman medicamentos para padecimientos cardiovasculares. Asimismo, algunos otros compuestos que dicen “reducir” los niveles de glucosa en sangre en pacientes diabéticos deben presentar los estudios pertinentes que garanticen que no tendrán un efecto adverso en la población normal.

Así pues, aunque los ingredientes se consideren y comercialicen como productos que benefician la salud, es importante verificar la información toxicológica. Esto adquiere especial relevancia cuando las autoridades

competentes de cada país realizan sus propios estudios de Evaluación del Riesgo (USDA, 2009).

1.2.2 Comprobar Beneficios

Una vez que se ha determinado la inocuidad del producto, es importante demostrar el supuesto impacto benéfico a la salud en los alimentos y las dosis en las que se pretende comercializar. En algunos casos, esto puede representar un reto ya que las concentraciones en las que se producen los beneficios en los estudios de laboratorio pueden llegar a ser muy altas para que se pueda introducir el compuesto a un producto sin afectar sus características sensoriales. En este caso, es importante determinar la dosis de aplicación y los niveles de consumo del producto a lo largo del día. Un ejemplo de esto, son los casos en los que se introducen nuevos compuestos que se declaran como “fibra dietética”, para ello es importante contar con los estudios que demuestren que los productos realmente se comportan fisiológicamente como una fibra. Esto es relevante para las nuevas fibras ya que en algunos casos existen compuestos que se comportan fisiológicamente como fibra pero no se caracterizan como tal en los análisis de laboratorio tradicionales. Se deben presentar los estudios de tolerancia al producto que se pretende considerar como fibra en las dosis en las que se pretende su consumo.

1.2.3 Etiquetado

Es necesario tomar en cuenta las Normas de Etiquetado y cualquier otra norma o reglamentación aplicable al producto final donde se va a utilizar el ingrediente. Por ejemplo, si se pretende usar un almidón modificado como fuente de fibra, se requiere determinar si el producto que se va a formular no considera la adición de almidón como un adulterante; o que, por la adición de almidón, la denominación del producto en la etiqueta deba ser modificada. Estas

consideraciones son importantes para formular claramente la información y los argumentos que se presentarán a las autoridades de cada país.

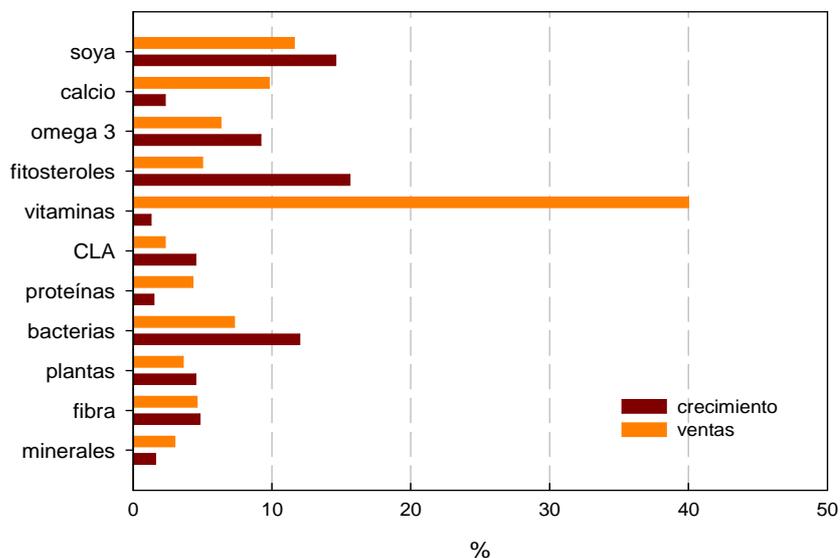
Si se considera el tema del etiquetado, uno de los principales retos se encuentra en la falta de reglas claras sobre las declaraciones de propiedades o “*claims*” que se pueden hacer en la etiqueta. En varios países existe un vacío regulatorio que dificulta la promoción de los beneficios de algunos productos (USDA, 2009).

1.3 Principales Ingredientes Funcionales utilizados en la Industria Alimentaria

Japón fue el país que creó el concepto de alimentos funcionales para el uso específico de mejorar la salud pública. El primer alimento funcional ahora conocido como “*Yakult*” fue desarrollado en Japón en la década de 1930 y actualmente es consumido por más de 23 millones de personas en el mundo.

Se estima que el mercado de los alimentos funcionales oscila entre 9, 28 y 30 millones de dólares en Estados Unidos, Japón y Europa, respectivamente. El desarrollo de los alimentos funcionales es conducido por el estilo de vida de los consumidores y sus cambios de actitud hacia una alimentación más sana.

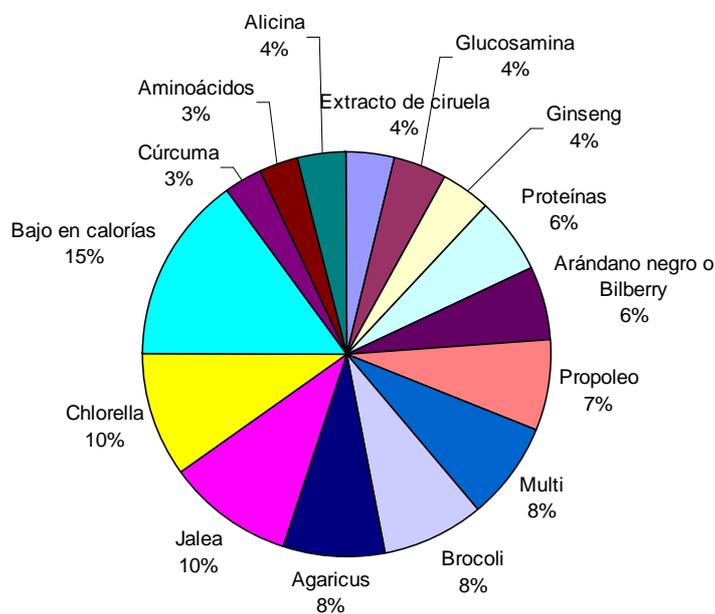
La popularidad de los alimentos funcionales es cada vez mayor en Japón, Europa y Estados Unidos, es por ello que los ingredientes funcionales son de suma importancia. En la Gráfica 1 se pueden apreciar las ventas globales de los ingredientes funcionales (Sungsoo Cho, 1999).



Gráfica 1 Ventas globales y crecimiento de ventas de Ingredientes Funcionales a Nivel Mundial, 2008. (Morán, 2009)

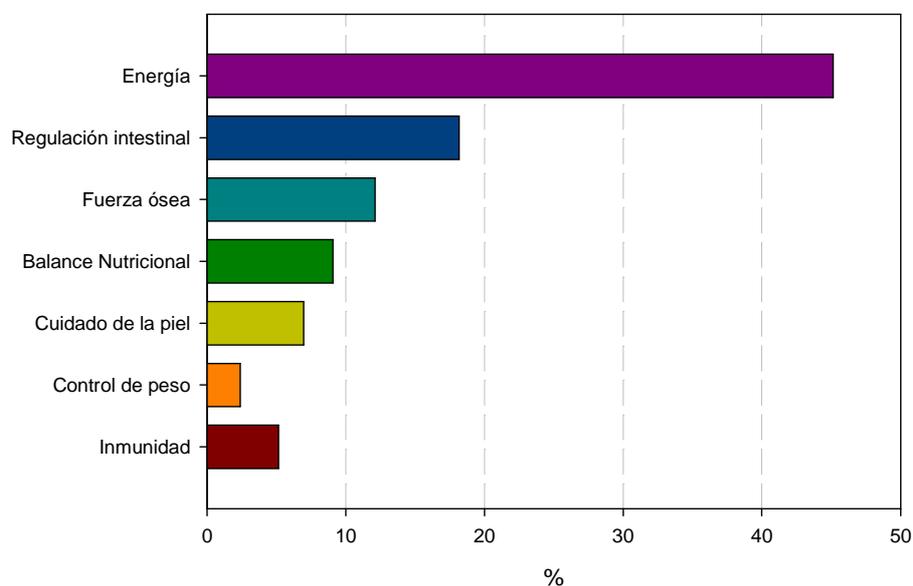
1.3.1 Japón

Entre los países con mayores ventas de alimentos funcionales se encuentra Japón, que utiliza alrededor de 15 ingredientes funcionales (Gráfica 2).



Gráfica 2 Ingredientes más usados en Japón. (Morán, 2009)

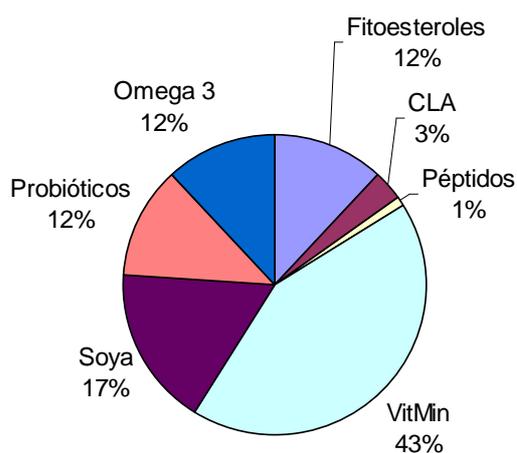
Algunos de los principales usos son con la finalidad de proporcionar energía, seguido de otros como la regulación intestinal; el listado completo se muestra en la Gráfica 3.



Gráfica 3 Aplicación de Ingredientes Funcionales en Japón.
(Morán, 2009)

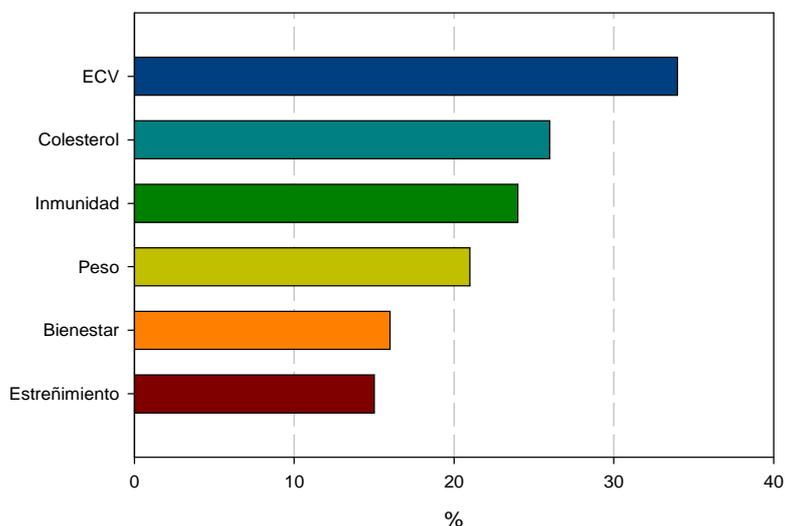
1.3.2 Europa

En el caso de Europa solo utiliza principalmente 7 ingredientes funcionales, siendo los de mayor uso las vitaminas y los minerales, seguido de la soya, los prebióticos, los ácidos omega 3 y los fitoesteroles (Gráfica 4).



Gráfica 4 Ingredientes más utilizados en Europa.
(Morán, 2009)

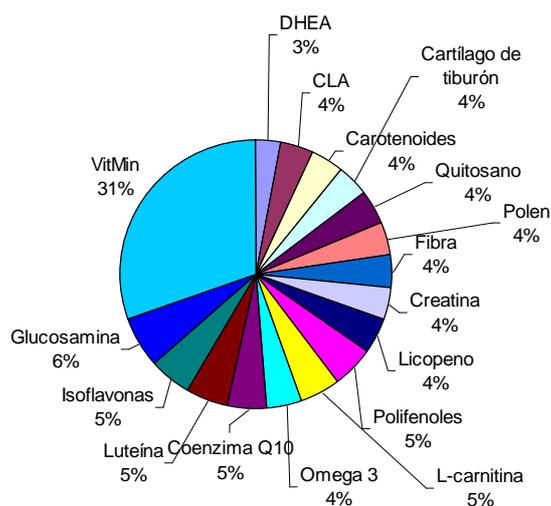
El principal uso que se les da a los ingredientes funcionales en Europa es para prevenir las enfermedades cardiovasculares (34%), el resto se muestran en la Gráfica 5.



Gráfica 5 Uso de Ingredientes Funcionales en Europa.
(Morán, 2009)

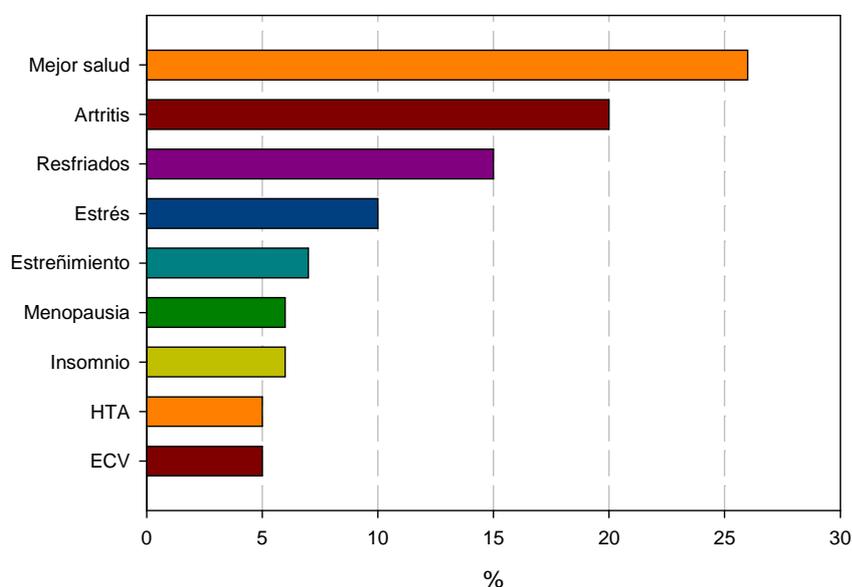
1.3.3 Estados Unidos de América

Aunque Estados Unidos tiene las ventas más bajas, en alimentos funcionales usa alrededor de 17 ingredientes de los cuales los más utilizados son las vitaminas y los minerales con un 31% (Ver Gráfica 6).



Gráfica 6 Ingredientes más utilizados en Estados Unidos. (Morán, 2009)

Los ingredientes funcionales, en Estados Unidos, se emplean principalmente en el mejoramiento de la salud (Ver Gráfica 7).



Gráfica 7 Uso de Ingredientes Funcionales en Estados Unidos.
(Morán, 2009)

2. PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

2.1 Probióticos

2.1.1 Generalidades

Aunque el concepto de los probióticos se introdujo en el Siglo XX, el término no fue acuñado sino hasta la década de 1960. La definición del término ha evolucionado a través de los años. Según Fooks y otros (1999), la palabra probiótico se deriva de dos palabras griegas que significan “para la vida”. Este término fue usado primero para describir una sustancia microbiana que estimuló el crecimiento de otros microorganismos o extractos de tejido que promovían el crecimiento microbiano, pero no recibió la aceptación general. Parker en 1974 fue el primero en utilizar la palabra probiótico y la definió como “organismos y sustancias que contribuyen al equilibrio de la flora intestinal” (Granato *et.al*, 2010).

De acuerdo con la definición de Fuller (1989), los probióticos son "un complemento alimenticio que contiene microorganismos vivos que afectan de manera saludable, el equilibrio de la flora intestinal" (Granato *et.al*, 2010).

Esta definición ahora se puede ampliar, ya que descubrimientos recientes muestran un papel de los probióticos en la fisiología intestinal y extra intestinal del huésped.

Muchas otras definiciones del término probiótico se han publicado desde entonces sin embargo, la definición más ampliamente aceptada es que "los probióticos son microorganismos vivos, administrado en cantidades determinadas que confieren beneficios para la salud del huésped" (FAO/OMS, 2001).

Los principales criterios para la selección de bacterias probióticas son la capacidad para resistir el jugo gástrico y los ácidos biliares (importantes para predecir su subsistencia en el tracto gastrointestinal).

A pesar de que varias cepas de bacterias lácticas se han descrito como probióticos, son relativamente pocos los que cumplen con los estándares de la FAO de tener documentación del ensayo clínico, y muchos son demasiado sensibles a la acidez intensa y la presencia de sales biliares en el tracto gastrointestinal humano, por lo que mueren en ruta hacia el intestino (Hekmat, 2006). La mayoría de los productos probióticos disponibles en el mercado contienen especies de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, que son los principales géneros de bacterias Gram-positivas que en la actualidad se caracterizan como probióticos (FAO/OMS, 2001).

Las diferentes especies de microorganismos probióticos que se han empleado en la Industria Alimentaria, son: *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. johnsonii*, *L. rhamnosus*, *L. thermophilus*, *L. reuteri*, *L. delbrueckii subsp.*

bulgaricus, *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. brevis*, *B. infantis* y *B. animalis* (Granato & et.al., 2010). *Lactobacillus. delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* se encuentran en una serie de productos, tales como yogures tradicionales y postres (Senok, 2009).

En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de cepas de probióticos utilizados en los productos.

Tabla 2. Ejemplos de cepas de probióticos en productos

Cepas (designaciones alternativas)	Nombre de Marca	Fabricante
<i>Bifidobacterium animalis</i> DN 173 010	Activia	Danone/ Dannon
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis</i> Bb-12		Chr. Hansen
<i>Bifidobacterium breve</i> Yakult	Bifiene	Yakult
<i>Bifidobacterium infantis</i> 35624	Align	Procter & Gamble
<i>Bifidobacterium lactis</i> HN019 (DR10)	Howaru™ Bifido	Danisco
<i>Bifidobacterium longum</i> BB536		Morinaga Milk Industry
<i>Enterococcus</i> LAB SF 68	Bioflorin	Cerbios- Pharma
<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917	Mutaflor	Ardeypharm
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA- 5		Chr. Hansen
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NCFM		Danisco
<i>Lactobacillus casei</i> DN- 114 001	Actimel, DanActive	Danone/ Dannon
<i>Lactobacillus casei</i> CRL431	Cultura	Chr. Hansen
<i>Lactobacillus casei</i> F19		Arla Foods
<i>Lactobacillus casei</i> Shirota	Yakult	Yakult
<i>Lactobacillus johnsonii</i> La1 (Lj1)	LC1	Nestlé
<i>Lactococcus lactis</i> L1A	Norrmejerier	NextFoods Probi
<i>Lactobacillus plantarum</i> 299V	GoodBelly, ProViva	
<i>Lactobacillus reuteri</i> ATTC 55730	Retueri	BioGaia Biologics
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 53013	Vifit y otros	Valio

<i>Lactobacillus rhamnosus</i> LB21 <i>Lactobacillus salivarius</i> UCC118	Verum	Noormejerier
<i>Saccharomyces cerevisiae (boulardii)</i> lio	DiarSafe, Ultralevure	Wren Laboratories, Biocodex y otros
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus acidophilus</i> CL1285 y <i>Lactobacillus casei</i> Lbc80r	Bio K+	Bio K+ International
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GR-1 y <i>Lactobacillus reuteri</i> RC-14	FemDophilus	Chr. Hansen
Analizado como mezcla: VSL#3 (mezcla de 1 cepa de <i>Streptococcus thermophilus</i> , cuatro <i>Lactobacillus</i> spp y tres cepas de <i>Bifidobacterium</i> spp)	VSL#3	Sigma-Tau Pharmaceuticals, Inc.
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60 y <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL 20		
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus helveticus</i> R0052 y <i>Lactobacillus rhamnosus</i> R0011	A' Biotica y otros	Institut Rosell
Analizado como mezcla: <i>Bacillus clausii</i> cepas O/C, NR, SIN y T	Enterogermina	Sanofi- Aventis

Fuente: (OMGE, 2008)

2.1.2 Propiedades Funcionales

Los principales beneficios basados en la ciencia relacionados con los probióticos son:

- actividad antimicrobiana y antimutagénica,
- propiedades anticancerígenas,
- propiedades de antihipertensivos,

- efectos beneficiosos sobre el metabolismo mineral en huesos,
- la atenuación de los síntomas de la enfermedad intestinal asociadas al síndrome de Crohn,
- reducción de los síntomas de las alergias alimentarias, y
- la reducción de los niveles de LDL-colesterol, entre otras

Algunas cepas de *Lactobacillus* también han demostrado la supresión de microorganismos patógenos tales como *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei*, y *Serratia marcescens* (Granato et.al., 2010).

Las bacterias ácido lácticas utilizan varios azúcares como la glucosa y la lactosa para la producción de ácido láctico mediante la fermentación. Algunas bacterias conocidas como anaerobias facultativas y otras como anaerobias obligadas, pueden colonizar transitoriamente el intestino y sobrevivir durante el tránsito intestinal; además por su adhesión al epitelio, modifican la respuesta inmune local del hospedero.

Los probióticos afectan el ecosistema intestinal estimulando los mecanismos inmunitarios de la mucosa y estimulando los mecanismos no inmunitarios a través de un antagonismo/competencia con los patógenos potenciales. Se piensa que estos fenómenos median la mayoría de los efectos beneficiosos, incluyendo la reducción de la incidencia y gravedad de la diarrea, que es uno de los usos más ampliamente reconocidos para los probióticos. También reducen el riesgo de cáncer de colon en modelos animales, probablemente porque suprimen la actividad de ciertas enzimas bacterianas que pueden aumentar los niveles de procarcinógenos, aunque esto no ha sido demostrado en humanos. Todavía se necesitan estudios clínicos aleatorizados bien diseñados para definir el papel de los probióticos como agentes terapéuticos en la enfermedad intestinal inflamatoria (OMGE, 2008).

2.1.3 Aplicaciones

Las aplicaciones más comunes de los probióticos son los productos lácteos y los alimentos fortificados con probióticos. Sin embargo, también existen en el mercado comprimidos y cápsulas que contienen bacterias en forma liofilizada.

La dosis de probióticos necesaria varía enormemente según la cepa y el producto. Si bien muchos productos de venta libre proporcionan entre 1–10 mil millones de ufc/dosis, algunos productos han demostrado ser eficaces a niveles más bajos, mientras que otros requieren cantidades mucho mayores. No es posible establecer una dosis general para los probióticos; la dosificación tiene que estar basada en estudios en humanos que muestren un beneficio a la salud. A pesar del consenso científico existente, no hay ninguna definición legal del término probiótico. Los criterios mínimos exigidos para los productos probióticos son que el probiótico debe:

- Estar especificado por género y cepa — la investigación sobre cepas de probióticos específicos no puede aplicarse a cualquier producto comercializado como probiótico.
- Contener las bacterias vivas.
- Ser administrado en dosis adecuada hasta el final de su vida útil (con variabilidad mínima de un lote a otro).
- Haber demostrado ser eficaz en estudios controlados en humanos.

Dado que las normas para las declaraciones de contenido y etiqueta sobre los productos no están establecidas universalmente y/o no se aplican universalmente, la Industria Alimentaria debe mantener la integridad en la formulación y el rotulado para que los consumidores puedan confiar en esta categoría de productos (OMGE, 2008).

2.2 Prebióticos

2.2.1 Generalidades

El concepto de prebiótico se ha acuñado a partir de dos observaciones:

- 1) Algunas bacterias, como cualquier organismo viviente, tiene requerimientos nutritivos específicos y,
- 2) ciertos hidratos de carbono complejos atraviesan el tracto gastrointestinal sin ser atacados por las enzimas digestivas y en el colon son utilizados como sustratos por las bacterias residentes.

Los prebióticos se definieron en 1995 como “ingredientes alimentarios no digeribles que afectan de manera beneficiosa al hospedador estimulando el crecimiento o la actividad de una o varias bacterias en el colon, y por tanto mejoran la salud” (Marti *et al*, 2003). Se ha demostrado que la proliferación de bacterias determinadas mediante la fermentación de hidratos de carbono no digeribles, puede inhibir la colonización del intestino por patógenos, ejerciendo un efecto protector hacia los desordenes intestinales agudos o crónicos.

Los ingredientes que cumplen con estos requisitos son los oligosacáridos, aunque no todos los oligosacáridos no digeribles son prebióticos. Los oligosacáridos son componentes habituales de muchos productos naturales como frutas y verduras pero también están presentes en la leche materna.

Los oligosacáridos que cumplen todos los requisitos para ser considerados prebióticos son los galacto-oligosacáridos (GOS) y los fructo-oligosacáridos (FOS) los cuales promueven el desarrollo de un amplio espectro de *Bifidobacterias* y *Lactobacilos* (Marti *et al*, 2003).

Actualmente, las fibras alimenticias tales como la inulina, también forma parte de esta categoría. Todas estas moléculas pueden formar parte de la

composición intrínseca de los alimentos o añadirse generando alimentos funcionales. Tanto los FOS como la inulina se usan regularmente en la Industria Alimentaria como sustitutos de azúcares y grasas y suelen aportar a los productos alimenticios textura, estabilizan la formación de espuma, mejoran las propiedades organolépticas de los productos lácteos fermentados, galletas, mermeladas, el pan y la leche.

Los prebióticos naturales más conocidos son inulina y los FOS, estos hidratos de carbono de reserva se extraen de las plantas y se añaden a los alimentos o se venden para complementar la dieta.

Los beneficios de estas sustancias no se limitan a la salud gastrointestinal, sino que varios estudios han demostrado que los prebióticos facilitan la absorción del calcio y otros minerales, como el magnesio y el hierro, por lo que podrían mejorar la densidad ósea y prevenir la osteoporosis. Otros efectos beneficiosos ocasionados por los prebióticos son:

- Previenen el estreñimiento.
- Previenen la diarrea.
- Reducen la presión sanguínea.
- Reducen el colesterol sérico.
- Confieren propiedades protectoras frente al cáncer colorectal.
- Producen ácidos grasos de cadena corta

Son numerosos los estudios realizados que demuestran las múltiples ventajas y beneficios de los alimentos funcionales y todavía hoy siguen siendo objeto de una intensa investigación (Marti *et al*, 2003).

2.2.1.1. Galacto-oligosacáridos (GOS)

Los galacto-oligosacáridos son azúcares que se encuentran de forma natural en la leche de mamíferos y en algunos productos procesados en los que

se pueden obtener mediante reacciones de transgalactosilación o por calentamiento excesivo de la leche. Una de las fuentes más ricas de oligosacáridos bioactivos es la leche humana, la cual juega un papel importante en la salud de los recién nacidos que es atribuible en gran medida a la presencia de dichos azúcares. Por esta razón, desde hace muchos años se han realizado estudios para identificar y estudiar el efecto de los diferentes oligosacáridos. En las últimas cinco décadas se han realizado diversos estudios de los oligosacáridos presentes en la leche humana para establecer su composición estructural y se ha llegado a la conclusión de que están formados por seis residuos de monosacáridos: glucosa, galactosa, N-acetilglucosamina, N-acetilgalactosamina y ácido siálico.

La función biológica de los oligosacáridos presentes en la leche humana aún no se ha dilucidado del todo, sin embargo, se proponen dos posibles mecanismos:

a) que previenen la adhesión de virus y bacterias en las células epiteliales; por ejemplo, los fucosil-oligogalactósidos son receptores de *Escherichia coli*, la lacto-N-tetraosa o lacto-N-neotrosa son receptores para *Streptococcus pneumoniae* y varios sialil-oligogalactósidos son receptores de *Helicobacter pylori*, *Mycoplasma pneumoniae* y el virus de influenza A, B y C.

b) promueven el crecimiento de *Bifidobacterium bifidus*, el cual es considerado como un microorganismo benéfico para la salud del humano.

Los oligosacáridos trans-galactosilados no son hidrolizados o absorbidos en el intestino delgado y parece ser que son rápidamente fermentados en el colon proximal en donde se ha observado que su fermentación por bifidobacterias favorece la proliferación de estas bacterias en estudios *in vivo*. Se ha reportado que el consumo diario de 2.5 g de galactooligosacáridos incrementan significativamente el número de bifidobacterias en el intestino. La ingesta de 5 g/día de galactooligosacáridos incrementa la frecuencia de la función del intestino, y facilita los movimientos del mismo. La ingestión de galactooligosacáridos reduce

la producción de ácidos biliares secundarios. Muchos estudios *in vitro* han mostrado que los galactooligosacáridos son utilizados por cepas de bifidobacterias y lactobacilos. Además se ha sugerido que los galactooligosacáridos son utilizados de manera más rápida por las bifidobacterias que otros oligosacáridos como lactulosa y rafinosa (Gopal, 2000).

Los oligosacáridos trans-galactosilados han sido producidos comercialmente para ser incorporados en productos como el Oligomato 55® que es el nombre comercial de un azúcar formado por la acción de la β -galactosidasa en la lactosa. El oligomato consiste principalmente en galactooligosacáridos, en los cuales el principal componente es el 4'-galactosil-lactosa (Figura 1). Otros componentes son lactosa y monosacáridos (Figueroa, 2004).

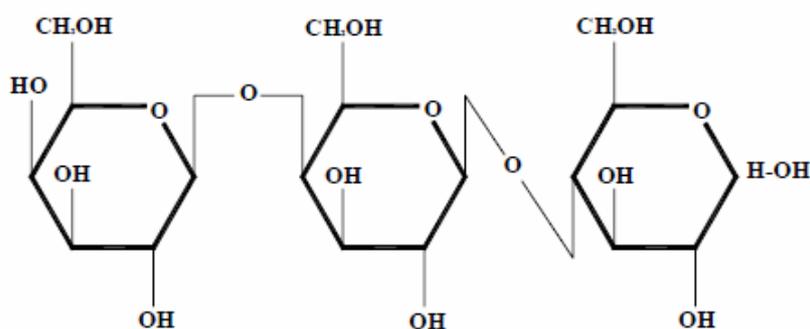


Figura 1. Estructura de la 4'-galactosil-lactosa; componente principal de los GOS.

2.2.1.2 Inulina y Fructo-oligosacáridos (FOS)

La inulina es una mezcla de polímeros y oligómeros lineales de fructosa, que están unidos por enlaces β (2-1). Una molécula de glucosa puede estar unida al final de cada cadena de fructosa por un enlace α (1-2) como en la sacarosa. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza como carbohidratos de

almacenamiento de plantas. La inulina está presente en cantidades significativas en varias frutas, verduras y cereales. El largo de la cadena de estos fructanos va de 2 a 60 unidades con un promedio de 10 a 12 (Figura 2).

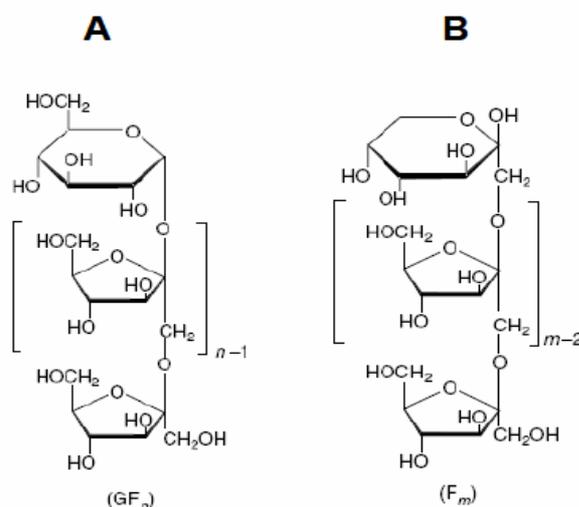


Figura 2. Estructura de la inulina y los FOS: con una molécula terminal de glucosa (β -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (β -D-fructopiranosil) (B).

La inulina se extrae industrialmente en forma mayoritaria de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*, Familia *Compositae*). A través de una hidrólisis enzimática parcial (endoinulinasa), se producen fructanos de cadena corta, llamados FOS u oligofructosa (grado de polimerización 2-10 promedio 4), el grado de polimerización del producto comercial raftilose va de 2 a 8. También se obtienen fructanos de cadena larga (grado de polimerización de 11 a 60, promedio 25), removiendo de la inulina los FOS de cadena corta; se produce así la inulina de HP (High Performance).

También se obtiene FOS por síntesis a partir de sacarosa por técnicas de transfructosilación, utilizando la β fructofuranosidasa, que une monómeros de fructosa a la molécula de sacarosa. Los fructanos formados de esta manera contienen 2-4 unidades de fructosa unidos a una glucosa terminal.

Se logra de esta manera tener una diversidad de fructanos de diverso largo de cadena, que tiene propiedades funcionales diferentes y pueden tener efectos fisiológicos distintos (Madrigal, 2007).

2.2.3 Aplicaciones

El mayor uso de los oligosacáridos es en las bebidas en las cuales se utilizan oligosacáridos de soya o xilo-oligosacáridos; estos compuestos empiezan a incluirse en yogur sólido y yogur para beber para producir simbióticos. Otras aplicaciones son los postres como jaleas y helados, productos de panadería y mermeladas, además de formulas lácteas para infantes. Los fructo-oligosacáridos pueden utilizarse como sustituto de la sacarosa en productos bajos en calorías (Tabla 3). Los oligosacáridos pueden utilizarse en la elaboración de productos cárnicos, bebidas carbonatadas, cafés, bebidas alcohólicas, leches fermentadas, conservas de frutas, dulces, etc. (Voragen, 1998).

La inulina y los FOS se pueden utilizar tanto por sus ventajas nutricionales como por sus propiedades tecnológicas, pero a menudo sus aplicaciones ofrecen una doble ventaja:

- a) una mejora de propiedades organolépticas de calidad y
- b) una composición nutricional más equilibrada.

En la tabla 3 se presenta un resumen general de sus aplicaciones en alimentos y bebidas (Madrigal, 2007).

Tabla 3. Ejemplos de aplicaciones de la inulina y los FOS en la Industria Alimentaria

Productos	Aplicaciones
Productos Lácteos	Cuerpo y palatabilidad Capacidad de formar gel Emulsificantes Sustituto de azúcar Sustituto de grasa

	Sinergia con edulcorantes
Postres congelados	Sustituto de azúcar y grasa Sinergia con edulcorantes Textura Depresión en el punto de congelación
Chocolates	Sustituto de azúcar Humectante
Productos horneados	Sustituto de azúcar Retención de humedad Disminución de a_w
Cereales de desayuno	Capacidad de expansión Crujencia
Preparaciones de frutas	Sustituto de azúcar Sinergia con edulcorantes Cuerpo y palatabilidad Capacidad de formar gel
Productos cárnicos	Sustituto de grasa Textura Estabilidad de emulsión

Fuente: (Madrigal, 2007)

3. INGREDIENTES PROTEÍNICOS

3.1 Generalidades

La leche y los productos lácteos son fuente de proteínas de alta calidad nutricional que proporcionan al organismo una amplia variedad de aminoácidos, de los cuales una gran proporción son aminoácidos esenciales. Además de por su elevado valor nutritivo, en los últimos años se ha prestado atención a distintos componentes lácteos para ser utilizados como ingredientes funcionales. Especialmente, el lactosuero, un subproducto de la industria láctea, es un

suplemento proteico muy popular en distintos alimentos funcionales con extensión a tratamientos alternativos de aplicación clínica.

Las proteínas de suero lácteo contienen todos los aminoácidos esenciales y en concentraciones más elevadas que otras fuentes proteicas, como las proteínas de origen vegetal (soya, maíz o trigo), y son ricas en aminoácidos tales como: leucina, isoleucina y valina. El aminoácido leucina está considerado un elemento clave en el proceso de síntesis proteica. Los avances de los procesos tecnológicos como la micro y ultrafiltración, ósmosis inversa y cromatografía han dado lugar a la aparición de distintos productos comerciales basados en la fracción de suero lácteo, como concentrados (con porcentajes de proteína que varían entre el 80-95%), suero bajo en lactosa, aislados de proteínas, suero desmineralizado, etc. La composición de estos productos varía, siendo éste un factor importante a la hora de seleccionarlos como ingredientes funcionales en distintas aplicaciones específicas (FECYT, 2006).

Las proteínas y los péptidos están desempeñando un papel relevante tanto en la tecnología de ingredientes como en la producción de alimentos funcionales. El desarrollo de la tecnología de producción de proteínas y péptidos derivados está determinado por el hecho de que, además de su papel nutricional por ser fuente de aminoácidos, son capaces de ejercer diferentes efectos biológicos específicos. Como consecuencia, su presencia en alimentos puede hacer que éstos sean considerados alimentos funcionales y por lo tanto tengan un gran valor añadido desde el punto de vista nutricional, terapéutico e industrial.

De los alimentos utilizados como fuentes de proteínas funcionales, probablemente en la actualidad la leche es el alimento del que se obtienen más productos proteicos de valor añadido. Las proteínas de la leche de vaca se pueden dividir en dos clases principales, en función de su capacidad para precipitar a pH 4.6, es decir:

- a) las caseínas precipitan a este pH y constituyen el 80% del total de las proteínas de la leche y
- b) mientras que el líquido amarillo que se obtiene después de eliminar las caseínas se denomina suero lácteo y contiene como proteínas principales la β -lactoglobulina y la α -lactoalbúmina, además de una serie de proteínas minoritarias (lactoperoxidasa, lactoferrina, inmunoglobulinas, etc.), de gran interés por sus efectos biológicos.

Cabe mencionar que las caseínas y proteínas del suero lácteo contienen en sus secuencias, péptidos que pueden ser liberados por hidrólisis enzimática y que poseen actividades biológicas muy apreciadas (Gil, 2010).

Por último, la leche aporta una serie de proteínas que poseen actividad implicada en el mantenimiento, la reparación o la proliferación celular. De hecho, actualmente se considera que estos factores pueden desempeñar un papel fundamental en la maduración y la función del sistema intestinal inmaduro y del sistema inmunitario. Algunos de ellos son muy importantes en la reparación de lesiones tisulares en el intestino. Estos factores se han englobado en la categoría de factores de la leche denominados factores de crecimiento (Gil, 2010).

Aunque los componentes biológicamente activos de la leche suponen menos del 0.08% del total de sólidos, excluyendo la α -lactoalbúmina, algunas de las fracciones pueden llegar a tener tal valor añadido que hacen rentable su obtención.

Las proteínas de la leche de vaca son utilizadas en la elaboración de fórmulas destinadas a la alimentación infantil. Es frecuente la aparición de alergias a proteínas de leche de vaca en los niños alimentados con estas fórmulas, especialmente en prematuros y en aquellos con antecedentes familiares de alergia. Con el fin de evitar la aparición de estas alergias y de tratarlas, las

proteínas de leche de vaca pueden ser sometidas a hidrólisis de modo que se evite la presencia de proteínas nativas y de péptidos alérgenos.

Se puede afirmar que los principales productos proteicos derivados de la leche que poseen interés por su valor biológico y terapéutico son los siguientes: concentrados proteicos: proteínas específicas aisladas del suero lácteo (α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas y caseínas), péptidos bioactivos, factores de crecimiento e hidrolizados enzimáticos de proteínas (Gil, 2010).

3.2 Concentrados Proteínicos

3.2.1 Generalidades

Actualmente se pueden obtener concentrados proteicos a partir de leche total *Total Milk Protein Concentrates*, (TMPC) y del suero lácteo *Whey Protein Concentrates*, WPC. Estos últimos tienen como máximo un 80% de proteína. Además, pueden obtenerse caseinatos que contienen generalmente un 95% de proteína (siempre más del 80%) y fracciones de proteínas totales aisladas del suero lácteo *Whey Protein Isolates*, WPI que se obtienen mediante técnicas de adsorción, por lo que actualmente son bastante caras. También se obtienen preparados que contienen sólo α -lactoalbúmina o β -lactoglobulina, proteínas mayoritarias del suero lácteo.

De los productos mencionados, se ha demostrado que los preparados que contienen mezclas de proteínas del suero lácteo (concentrados y fracciones aisladas) presentan una serie de actividades biológicas características (Gil, 2010).

3.2.2 Propiedades Funcionales

En general, las principales actividades descritas para el conjunto de las proteínas del suero son, por un lado, su actividad anticancerosa y más concretamente su papel protector frente al cáncer de colon y, por otro, su papel estimulador de la respuesta inmunitaria.

3.2.2.1 Actividad anticancerosa

En modelos animales en los que se inducen tumores, se ha demostrado que la administración de estas proteínas es más efectiva que la administración de proteínas de otras fuentes proteicas (proteínas cárnicas, caseínas o proteínas de soya) en la reducción de la incidencia de tumores de colon, así como en la reducción del número y de la extensión de éstos (Gil, 2010).

3.2.2.2 Efecto sobre la respuesta inmunitaria

Las proteínas del suero parecen potenciar la respuesta inmunitaria, tanto humoral como celular. La acción inmunomoduladora puede estar relacionada también con el aumento de la concentración de glutatión mediada por las proteínas del suero. De hecho, el glutatión es necesario para la actividad y la proliferación linfocitarias, particularmente de células T.

3.2.3 Aplicaciones

Los concentrados y preparados del lactosuero y los caseinatos tienen múltiples aplicaciones, siendo una de las más importantes la elaboración de

hidrolizados de proteínas. Las principales características y comunes a todos los preparados y concentrados de proteína de leche de vaca son su capacidad para inmovilizar agua, formar espumas y geles. Además, son buenos agentes emulsificantes, aunque no tan buenos como la albúmina de huevo. Por su propiedad de inmovilizar agua se utilizan en la elaboración de preparaciones de carne picada (*surimi* y carnes enlatadas). Por otra parte, sus propiedades gelificantes y emulsificantes los hacen útiles en la fabricación de salsas, natillas y rellenos para pasteles. Con estos fines, los concentrados de proteínas de suero lácteo son los más útiles ya que, además de ser baratos de obtener que las fracciones aisladas del suero lácteo, los geles que forman son estables durante la esterilización y congelación.

La información disponible sobre las aplicaciones de las proteínas mayoritarias del suero lácteo es muy limitada, ya que tanto los procesos para su obtención como la evaluación de su funcionalidad son en muchos casos guardados celosamente por las industrias alimentarias. No obstante, se sabe que la α -lactoalbúmina es útil en la elaboración de zumos gracias a su alta solubilidad en un espectro muy amplio de pH (3 a 9). También es útil como blanqueador de cafés y en la elaboración de fórmulas infantiles diseñadas para parecerse lo más posible a la leche humana, la cual contiene una alta cantidad de α -lactoalbúmina, mientras que no contiene β -lactoglobulina. La β -lactoglobulina también puede ser utilizada en la elaboración de bebidas ácidas, merengues, postres y *surimi* (Gil, 2010).

3.3 Proteínas biológicamente activas de la leche

Las proteínas del suero lácteo suponen aproximadamente el 20% de las proteínas de la leche de vaca. Entre estas proteínas se incluyen la α -lactoalbúmina, la β -lactoglobulina, la lactoferrina (LF), la lactoperoxidasa (LPx), las inmunoglobulinas (Ig) y una gran variedad de factores de crecimiento. Las

principales características de las proteínas biológicamente activas de la leche de vaca se encuentran recogidas en la tabla 4.

Tabla 4. Propiedades de las proteínas del suero lácteo y de otras proteínas activas de la leche

Proteína	Porcentaje de las proteínas del suero lácteo	Contenido en leche desnatada	Peso molecular ($\times 10^3$)	Cofactores	Sensibilidad al calor
β -Lactoglobulina	51	3.3 g/l	18		
α -Lactoalbúmina	11	0.7 g/l	14		
Albumina sérica	5	0.3 g/l	66		
Proteasa y peptonas	20	1.0 g/l	4-40		
Proteínas biológicamente activas	13				
Inmunoglobulinas		700 mg/l			
IgG ₁			153-163	Ninguno	Muy sensibles a pH menor a 6 pero estables a pH mayor a 6
IgG ₂			146-154		
IgA			385-417		
IgM			1000-960		
Lactoferrina		100 mg/l	76.5	HCO ₃ ⁻	Termoestable a 100°C/ 5 min (pH 4)
Lactoperoxidasa		30 mg/l	78	SCN ⁻ y H ₂ O ₂	Estable a 72 °C/15 seg
Lisozima		0.13 mg/l	14.3-14.6	SCN ⁻ y HCO ₃ ⁻	Termoestable

Fuente: (Gil, 2010)

3.3.1 Inmunoglobulinas

La leche contiene diversas clases de inmunoglobulinas, como IgG₁, IgG₂, IgA e IgM. Las IgG constan de dos cadenas ligeras (20kD) y dos cadenas pesadas (50 000 kD) y pueden resistir la digestión gástrica. Tanto la IgA como la IgM son similares a la IgG. No obstante, la IgA existe como dímero pero no puede encontrarse formando parte de un complejo denominado IgA secretora. En este

caso los dímeros de IgA se encuentran unidos por una cadena denominada componente secretor, que protege a la IgA secretora de la proteólisis, haciendo que sea resistente a la digestión gástrica. Por su parte, la IgM está formada por cinco subunidades unidas por enlaces disulfuros, formando un círculo. En la figura 3 se pueden apreciar las estructuras de las diversas clases de inmunoglobulinas.

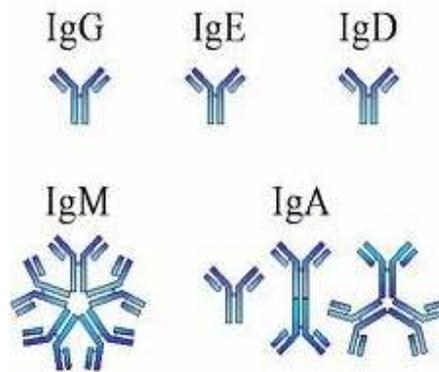


Figura 3. Estructuras de las diversas clases de inmunoglobulinas.

Se ha demostrado que las inmunoglobulinas aglutinan bacterias, neutralizan toxinas e inactivan virus. Además, la IgA secretora es capaz de prevenir la adherencia de bacterias patógenas a las células epiteliales, uniéndose a sus fimbrias. Este hecho es particularmente en neonatos. La IgA presente en la leche y el calostro protege frente a bacterias patógenas, proporcionando una inmunidad pasiva en el neonato hasta que su barrera intestinal se encuentra madura funcionalmente. Además, el componente secretor de la IgA es capaz de neutralizar virus y toxinas bacterianas (Gil, 2010).

Hay algunas pruebas de que la IgM es más eficiente que otras inmunoglobulinas en la fijación del complemento, la neutralización de virus y la aglutinación de bacterias, y se ha demostrado que defiende frente a agentes patógenos, tales como, *Escherichia coli* y *Salmonella spp* (Gil, 2010).

3.3.2 Lactoferrina

La lactoferrina es una de las principales proteínas de la leche humana, constituyendo entre el 10 y el 30% de la proteína total, dependiendo del estado de lactancia (hasta 7 g/L en calostro y 1.6 g/L en leche).

Esta proteína, perteneciente a la familia de la ferritina, es producida por distintos tejidos, incluyendo células del tejido inmunitario, y forma parte de distintas secreciones como la saliva, la leche o las lágrimas. La lactoferrina tiene dos puntos de unión a Fe^{3+} . De hecho, se ha estimado que el 8-30% de la lactoferrina nativa está saturada con hierro (Figura 4). La unión de la lactoferrina al hierro, a diferencia de la unión de la transferrina al hierro, es resistente al medio ácido. La lactoferrina es una proteína ácida, termoestable y resistente a la digestión por tripsina y quimotripsina, pero que puede ser hidrolizada por pepsina, liberándose como consecuencia un péptido con actividad antimicrobiana denominado lactoferricina B:

1. *Transporte de hierro.* La lactoferrina parece estar implicada en el transporte de hierro a través del borde en cepillo del duodeno, pero este aspecto de su función es todavía controvertido.
2. *Actividad bacteriostática y antivírica.* Esta proteína tiene actividad bacteriostática. Se cree que, al unirse al Fe^{3+} , lo secuestra y hace que no esté disponible para los microorganismos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae* y algunas especies de *Streptococcus*. No obstante, algunas bacterias entéricas producen fenolato y sideróforos que tienen más afinidad por el hierro que la propia lactoferrina y que pueden, por lo tanto, liberarlo de esta última y proporcionárselo a las bacterias gramnegativas para su metabolismo.

Además, se ha descrito que las bacterias pueden directamente unirse a la lactoferrina o a la ferritina y utilizar su hierro.

Por otra parte, la lactoferrina es capaz de producir alteraciones en la membrana bacteriana que conducen a pérdida de su integridad y, por lo tanto, a la muerte de las bacterias. Se ha demostrado que la lactoferrina podría liberar lipopolisacáridos de las membranas celulares de las bacterias gramnegativas. Otro mecanismo de acción implicaría la unión de la lactoferrina a un grupo de moléculas denominadas porinas, induciendo cambios en la permeabilidad de la membrana.

Entre los principales objetivos de la lactoferrina destaca *Helicobacter pylori*. Varios estudios han demostrado que la lactoferrina es efectiva en la curación de las úlceras producidas por *H. pylori* y podría ser un nuevo agente que, en conjunción con los antimicrobianos, podría ser útil en el tratamiento de la úlcera. Esta capacidad antimicrobiana no es exclusiva de la lactoferrina íntegra, sino que se ha demostrado que la lactoferrina bovina, posee actividad antimicrobiana. Además, la lactoferrina inhibe *in vitro* el crecimiento de virus que causan enfermedades en seres humanos como el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), el citomegalovirus y el herpes simple tipo I (Gil, 2010).

3. *Actividad reguladora del crecimiento celular.* La lactoferrina puede unirse a gran variedad de células animales a través de un receptor específico. De hecho, se une a distintas células sanguíneas normales y leucémicas y en su forma saturada de hierro es un inhibidor muy activo de la mielopoyesis, por lo que se ha propuesto que puede ser útil en el tratamiento de la leucemia. Además, actúa como factor de crecimiento esencial para líneas celulares de linfocitos.

Existen datos que sugieren que esta proteína es capaz de estimular el crecimiento celular en el intestino, de mejorar la función digestiva y de inducir el crecimiento de la microbiota no patógena intestinal. Existe la tendencia general a adicionar lactoferrina a las formulas destinadas a nutrición infantil.

Además, por su actividad bactericida y bacteriostática, la lactoferrina se añade a productos destinados a disminuir el crecimiento de bacterias en carnes.

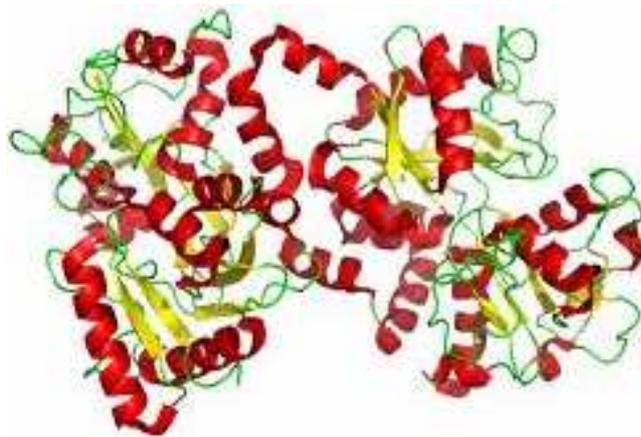


Figura 4. Conformación de la lactoferrina.

Las aplicaciones comerciales de la lactoferrina incluyen su uso como suplemento en alimentos como fórmulas maternizadas, algunos productos lácteos como yogur o chicles. Es prometedor su uso en alimentos para acuicultura, por su papel para prevenir infecciones bacterianas. En virtud de sus propiedades antibacterianas, también se está aplicando en productos de higiene personal (dentífricos) y en cosméticos (FECYT, 2006).

3.3.3 Lactoperoxidasa

La lactoperoxidasa es una de las enzimas cuya concentración en la leche se incrementa cuando disminuye la concentración de otras enzimas protectoras,

como la lisozima, la lactoferrina o las inmunoglobulinas. Los efectos bactericidas y bacteriostáticos de la lactoperoxidasa (Figura 5) sobre una gran variedad de bacterias han sido ampliamente demostrados. De hecho, esta enzima no tiene actividad antibacteriana por sí sola, sino que oxida el tiocianato (SCN^-) a hipotiocianato (OSCN^-) en presencia de peróxido de hidrógeno según la siguiente reacción:



El hipotiocianato es un agente oxidante de vida corta que reacciona con los grupos sulfhidrilo y amino de enzimas necesarias de las vías metabólicas de muchos microorganismos. Además, el hipotiocianato daña la membrana citoplasmática de bacterias gramnegativas como *E. coli* y libera aminoácidos y potasio. Se ha observado que la exposición de bacterias a hipotiocianato produce la muerte de éstas en 1 o 2 horas como consecuencia de la inhibición de la absorción de nutrientes y de la síntesis de proteínas, DNA y RNA.

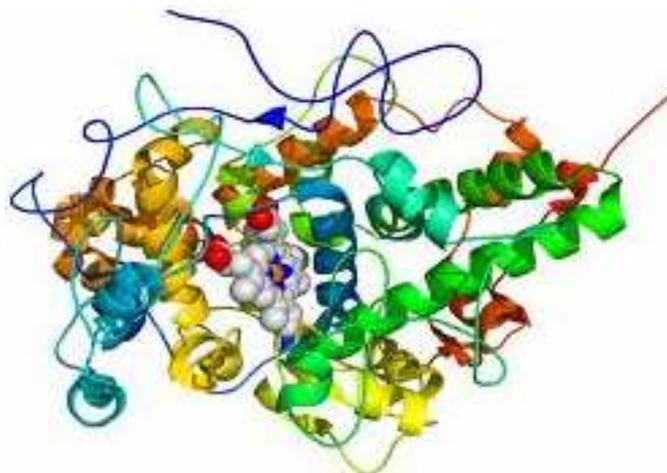


Figura 5. Lactoperoxidasa

La inhibición de bacterias grampositivas es más difícil. No obstante, los productos de oxidación de la lactoperoxidasa inhiben el transporte de ácido glutámico, valina, lisina y fenilalanina en bacterias productoras de ácidos como *Lactobacillus acidophilus*. Enzimas como la aldolasa y la hexoquinasa son también inhibidas por el hipotiocianato.

El factor limitante de la actividad de la lactoperoxidasa en leche es la concentración de los sustratos de la reacción. De hecho, la lactoperoxidasa de la leche puede activarse adicionando 10 partes por millón (ppm) de SCN^- y 8 ppm de H_2O_2 . Así, la Federación Internacional de Productos Lácteos (*Internacional Dairy Federation*) ha publicado un procedimiento para la conservación de la leche en países en desarrollo, que carecen de sistemas refrigerados para transportarla, que consiste en la adición de H_2O_2 y SCN^- con el fin de activar la lactoperoxidasa.

Como consecuencia de su actividad bacteriostática, la lactoperoxidasa se utiliza en el mantenimiento de la leche y con el fin de extender la vida media de productos lácteos frescos y pasteurizados. La activación de la lactoperoxidasa de la leche puede retrasar el crecimiento bacteriano hasta 8 días, en comparación con leche no tratada y almacenada a 10°C . Aunque la peroxidasa no es un inhibidor efectivo del crecimiento de bacterias ácido lácticas, sí puede inhibir en parte el crecimiento de estas bacterias y por lo tanto evitar su función como iniciadoras en la producción de productos lácteos fermentados y de queso. Esta inhibición se puede evitar, si se desea, seleccionando cepas bacterianas resistentes a la peroxidasa.

La lactoperoxidasa puede ser utilizada en la elaboración de quesos ya que, además de incrementar la vida media del queso, mejora sus características organolépticas.

En varios países de Europa se comercializan actualmente productos destinados a la alimentación del ganado que contiene lactoperoxidasa activada, ya que se ha demostrado que mejora la ganancia de peso de los terneros y reduce la incidencia de diarrea. Esta aplicación es muy interesante en estos países, ya que el uso de antibióticos en la alimentación del ganado, al contrario de lo que ocurre en Estados Unidos, está prohibido (Gil, 2010).

Las aplicaciones comerciales de esta enzima se basan, por tanto, en su potente actividad antimicrobiana para la conservación de distintos alimentos (leches refrigeradas y no refrigeradas, fórmulas infantiles) y en productos de higiene bucal (dentífricos y colutorios).

Otras aplicaciones de esta enzima derivan de su adición a cremas en pastelería con el fin de incrementar su vida media, ya que esta enzima reduce la presencia de *Campylobacter*. En estos productos se utilizan sistemas de activación de la peroxidasa, como preparaciones que contienen amiloglucosidasa y glucosa oxidasa, las cuales generan peróxido de hidrógeno, a partir del almidón o la glucosa presentes en la saliva, lo que activa el sistema peroxidasa. Otros sistemas de activación de la lactoperoxidasa utilizan tiocianato y glucosa, que mediante la conversión de purinas a ácido úrico produce radicales superóxido y peróxido de hidrógeno. No obstante, existe el riesgo de que estos procesos produzcan la oxidación de lípidos en productos como las fórmulas infantiles.

3.3.4 Lisozima

La lisozima es una enzima presente en la leche de algunas especies, particularmente en la leche humana. Existen dos tipos de lisozima: la que se encuentra en la clara de huevo, conocida como lisozima c o lisozima tipo pollo, y la que se encuentra en la yema del ganso y se conoce como lisozima tipo ganso o lisozima g. Las lisozimas equina y humana son del tipo c, mientras que la leche de vaca contiene una mezcla de las dos lisozimas.

La lisozima (Figura 6) contiene cuatro puentes disulfuro y la actividad de la enzima puede ser mantenida siempre que al menos dos de estos puentes estén intactos. La capacidad hidrolítica de la lisozima depende de su concentración y de la concentración de iones como el bicarbonato (HCO_3^-) y el tiocianato (SCN^-). Esta enzima es bastante resistente al calor, principalmente con un pH ácido, aunque existe gran cantidad de factores que influyen en su estabilidad.

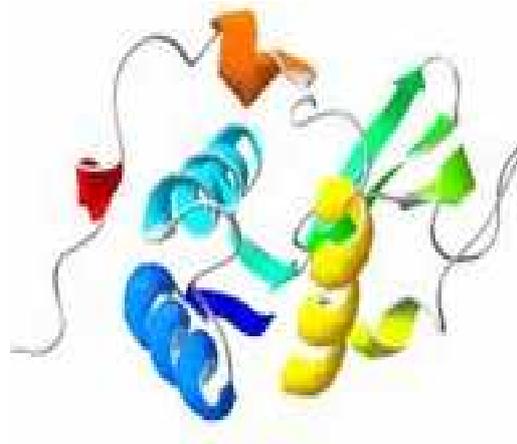


Figura 6. Lisozima

La lisozima (N- acetilmuramida glucano hidrolasa) es una proteína básica que inactiva gran cantidad de microorganismos al unirse a la pared bacteriana y romper el enlace β -1,4 entre el ácido N- acetilmurámico y la N- acetilglucosamina. Las bacterias grampositivas son en general más susceptibles a la hidrólisis por lisozima que las gramnegativas. Esta mayor susceptibilidad se atribuye al hecho de que la pared celular de las bacterias Gram(+) posee una estructura simple, constituida en un 90% por peptido glucano.

Por su actividad hidrolítica bacteriana las lisozimas se utilizan para prevenir la hinchazón butírica de los quesos, ya que son activas frente a clostridios. Asimismo, al menos potencialmente, se pueden añadir a fórmulas lácteas infantiles.

3.3.5 Proteínas de soya

Entre las distintas proteínas alimentarias de origen no lácteo, las que en mayor medida han demostrado su actividad biológica en distintos ensayos *in vitro* e *in vivo*, incluyendo ensayos clínicos en humanos, son las proteínas de soya. En concreto, las proteínas de soya han demostrado un efecto beneficioso en la

reducción del riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares. La fracción proteica de la soya ejerce en el organismo distintos efectos antiaterogénicos, puesto que disminuyen significativamente las concentraciones plasmáticas de colesterol-LDL, a la vez que tienden a aumentar los niveles de colesterol-HDL. Además, las isoflavonas de la soya, que normalmente acompañan a la fracción proteica, poseen propiedades antioxidantes, protegiendo a las lipoproteínas de baja densidad frente a la oxidación y ejerciendo, en general, un efecto favorable en la función cardiovascular. Estos efectos se han demostrado suficientemente en ensayos *in vitro* y en numerosos ensayos clínicos. Un metaanálisis realizado en 1995 recogió los resultados de 38 ensayos clínicos llevados a cabo en 730 voluntarios, a los que se administraron distintos productos como fuente de proteínas de soya a dosis comprendidas entre 17 y 124 g/día. Los resultados obtenidos en estos estudios fueron coincidentes, ya que 34 de los 38 estudios demostraron una disminución significativa de la concentración sérica de colesterol total. Además, la ingestión de proteínas de soya se asoció con una disminución del colesterol-LDL, una reducción de los niveles séricos de triglicéridos y un aumento, aunque no significativo en todos los casos, de los niveles de colesterol-HDL (Anderson *et.al*, 1995).

La intensidad de los efectos observados dependía de los niveles iniciales de lípidos séricos, de forma que los individuos con hipercolesterolemia severa mostraron mayor respuesta a la ingestión de proteína de soya. Además, no se encontraron diferencias significativas en el efecto observado en función del tipo de proteína de soya utilizado (aislado de proteína de soya frente a proteína de soya texturizada). Estos estudios dieron lugar a que, en 1999, la Food and Drug Administration (FDA) autorizara el uso de la fracción proteica de la soya con el argumento funcional de disminución del riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares, recomendándose una ingesta de 25 g/día (FECYT, 2006).

En principio, estos efectos benéficos no se atribuyeron exclusivamente a la fracción proteica de la soya, puesto que también podrían participar otros

compuestos que generalmente se encuentran acompañando a las proteínas, como fibra, isoflavonas y saponinas, entre otros.

Actualmente se comercializan diferentes productos lácteos suplementados con proteínas de soya. A este respecto, se ha publicado recientemente un ensayo clínico utilizando un yogur suplementado con proteína de soya que contenía una concentración estandarizada de isoflavonas. Los autores observaron una disminución significativa de los niveles de colesterol total, colesterol-LDL y de la relación colesterol total/colesterol- HDL en el grupo al que se le administró el yogur suplementado con proteína de soya, en concordancia con los resultados obtenidos previamente con productos basados exclusivamente en proteínas de soya (Puska, 2004).

Además del efecto sobre los lípidos séricos, se han propuesto otras actividades biológicas para la fracción proteica de la soya, como la protección contra ciertos tipos de cáncer y la reducción de los síntomas de la menopausia. Muchos de estos efectos se han atribuido a la fracción de isoflavonas que generalmente acompaña a la fracción proteica (genisteína, daidzeína, gliciteína). Sin embargo, hasta la fecha no existe aprobación, por parte de la FDA u otro organismo competente, de estos argumentos funcionales, ya que, en general, los datos que las apoyan no son concluyentes (FECYT, 2006).

4. INGREDIENTES LIPÍDICOS

4.1 Generalidades

Dentro de los ingredientes naturales que aportan funcionalidad a los alimentos, los lípidos ocupan un lugar destacado por dos motivos: varios lípidos están vinculados con efectos benéficos en la salud humana y la nutrición occidental aporta cantidades insuficientes de algunos de ellos. El hablar de lípidos significa el referirse a una gran variedad de estructuras, algunas muy distintas de otras, por ello se divide a los lípidos en dos grandes grupos:

- a) lípidos derivados del glicerol y
- b) los lípidos no derivados del glicerol.

Dentro de los primeros los más importantes son los triglicéridos (también llamados triacilglicéridos) y los fosfolípidos. El segundo grupo es mucho más numeroso, pero los representantes más importantes desde el punto de vista de la nutrición son los esteroides y los carotenoides.

Los triglicéridos son la estructura base de lo que conocemos como aceites y grasas. Los aceites están formados por triglicéridos que contienen mayoritariamente ácidos grasos insaturados (AGI), los que están constituidos por dos grandes grupos:

- a) ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y
- b) ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), los que son principalmente de origen vegetal, con la excepción de los aceites de origen marino.

Estos pueden provenir tanto de vegetales (algas, microalgas) como de animales marinos (peces, mamíferos, crustáceos, etc.). Las grasas están constituidas principalmente por ácidos grasos saturados (AGS) y pequeñas porciones de AGMI y AGPI. Los fosfolípidos se encuentran principalmente

formando las membranas celulares en los animales y vegetales, y normalmente contienen en su estructura AGMI y AGPI, y raramente AGS. Su función es aportar fluidez a las membranas, propiedad que es fundamental para que cumplan su función las numerosas moléculas proteicas y polisacáridos que se ubican en la matriz fosfolipídica de las membranas celulares.

Los esteroides más importantes son el colesterol, de origen exclusivamente animal y los fitoesteroides de origen vegetal. El colesterol es una molécula importante en la función orgánica celular ya que es importante en la formación de las membranas, en la síntesis de las sales biliares, en la formación de hormonas esteroideas y en la síntesis de la vitamina D y sus derivados metabólicos. Los fitoesteroides cumplen funciones similares a las del colesterol en la formación de las membranas celulares en los vegetales. Sin embargo, los lípidos más importantes involucrados en la funcionalidad de los alimentos son: los AGPI omega-6 y omega-3 y los fitoesteroides (Valenzuela, 2010).

4.2 Ácidos Grasos Poliinsaturados

4.2.1 Generalidades

Los ácidos grasos están constituidos por cadenas alifáticas de carbono e hidrógeno unidas a un resto carboxilo (Figura 7). Los ácidos grasos pueden ser almacenados en el organismo como triglicéridos, o formar parte de las membranas como fosfolípidos u otros lípidos de naturaleza compleja. Son componentes esenciales y constituyen la parte con mayor interés nutritivo, ya que el tipo de ácido graso y su posición en la molécula lipídica determinan las características físico-químicas de las membranas celulares, como la fluidez, flexibilidad y la permeabilidad selectiva, y funcionales, como la adaptación al frío y la supervivencia, la defensa frente a patógenos, la endocitosis y exocitosis, la modulación de los canales iónicos, las actividades de enzimas asociadas a membrana y las de algunos factores nucleares (FECYT, 2006).

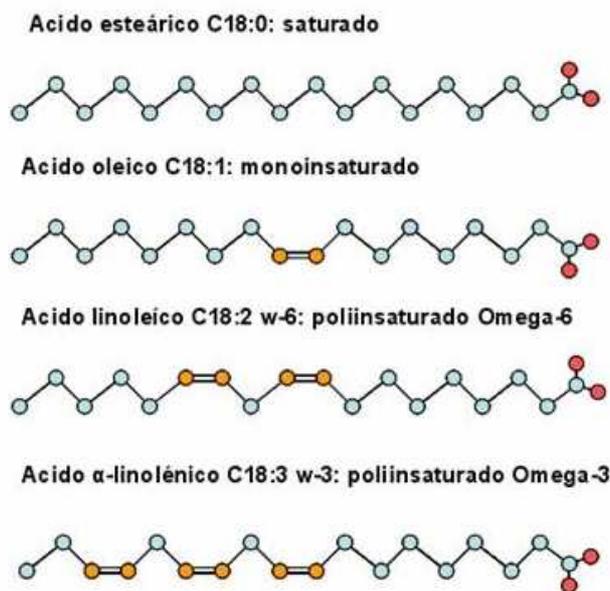


Figura 7. Estructura de los ácidos omega 3 y 6.

4.2.2 Propiedades Funcionales

Los ácidos grasos omega-6 y omega-3, son esenciales, por lo cual los debemos de consumir en una determinada cantidad y proporción cada uno de ellos. Sin embargo, entre ellos hay notables diferencias en cuanto a sus efectos fisiológicos y disponibilidad nutricional. Los ácidos grasos omega-6 están principalmente representados por el ácido linoleico (C 18:2, LA), el cual es muy abundante en la nutrición occidental.

La mayoría de los aceites que consumimos habitualmente son fuentes importantes de LA (soya, girasol, maíz, etc.), con lo cual, en una nutrición equilibrada este ácido graso no es deficitario. Una de las principales funciones del LA en nuestro organismo es su transformación en ácido araquidónico (C20:4, AA), el cual a su vez origina los llamados eicosanoides, importantes biomoléculas involucradas en la regulación de la homeostasis vascular y de los procesos inflamatorios. Los ácidos grasos omega-3 de importancia nutricional son varios. El principal exponente de ellos es el ácido alfa linolénico (C 18:3, LNA), pero de él

derivan ácidos grasos de mayor tamaño e insaturación con importantes funciones metabólicas, siendo el ácido eicosapentaenoico (C 20:5, EPA) y el ácido docosahexaenoico (C 22:6, DHA) los más importantes.

A diferencia del LA, el LNA es deficitario en la nutrición occidental ya que son muy pocos los aceites que lo aportan en cantidades significativas (canola, linaza, chía), además de ser muy sensible al deterioro por oxidación, por ejemplo el producido por el proceso de fritura. Con lo cual éste es un ácido graso considerado dentro del concepto de “funcionalidad”, ya que se puede incrementar su cantidad en ciertos alimentos para transformarlos en buenos aportadores de LNA.

La función fisiológica del LNA es su transformación en EPA y en DHA. El EPA se asocia principalmente con la protección de la salud cardiovascular, ya que se ha demostrado que el consumo de EPA, como tal, ejerce efectos antitrombóticos, antiinflamatorios, hipotriglicéridémicos y secundariamente hipocolesterolémicos. Además mejora la función cardíaca disminuyendo el riesgo de fibrilaciones y arritmias. Todos estos efectos se obtienen sólo si se consume EPA como tal.

El DHA es fundamental en la formación y función de las neuronas al depositarse principalmente en la membrana plasmática y sinaptosomal de las células neuronales. La neurona no tiene la capacidad de formar DHA por lo cual lo debe de recibir preformado, ya sea proveniente de las células gliales o de origen hepático, su principal fuente de formación a partir del LNA. El DHA puede atravesar tanto la barrera hematoencefálica como la placenta. En el tejido visual facilita el proceso de transducción de la señal luminosa en una señal eléctrica que el cerebro interpreta como una imagen, con lo cual la presencia del DHA es fundamental en las membranas que forman los conos y bastoncitos de la retina. El DHA tiene un fuerte efecto protector de la muerte neuronal además de permitir sus complejas funciones (Valenzuela, 2010).

4.2.3 Aplicaciones

Actualmente es posible encontrar numerosos alimentos enriquecidos con Omega-3, desde productos elaborados en los que se incorporan directamente aceites ricos en Omega-3 hasta productos de origen animal como huevos, carne, o leche; obtenidos de animales alimentados con piensos especialmente formulados para la obtención de productos enriquecidos en Omega-3.

Mediante el control nutricional de los piensos se consiguen cambios muy significativos en el perfil lipídico de la carne, leche y huevo.

Actualmente se conoce con mucha precisión la síntesis endógena y la tasa de transferencia de los AG de la dieta a la carne o huevos, lo que permite la formulación precisa de los piensos encaminados a enriquecerlos en AG Omega-3 obteniendo una carne con una calidad tecnológica óptima y un más saludable perfil lipídico.

Un ejemplo de este tipo de productos son los huevos enriquecidos en Omega-3 disponibles en el mercado y producidos por gallinas alimentadas con piensos especiales formulados con un alto contenido en AG Omega-3 que son transferidos a la yema del huevo de forma natural, de esta manera se consigue un huevo más saludable sin perder ninguna de sus propiedades nutricionales ni organolépticas.

La posibilidad de modificar el perfil lipídico de los alimentos de origen animal mediante el control de la nutrición veterinaria es un hecho que ya se está aplicando en la industria de producción animal y alimentaria. Es una vía de mejora de los productos desde la base de la cadena alimentaria consiguiendo alimentos de mayor calidad y más saludables para la población humana y también para los animales.

Algunos otros productos enriquecidos con ácidos grasos son las leches con oleico, omega-3 y omega-6, galletas con omega-3, salchichas de ave y huevos

con DHA y margarinas con omega-3. Sin embargo, el mercado más ampliamente enriquecido con ácidos grasos es el lácteo (Tabla 5) (Cano, 2008).

Tabla 5. Productos con ácidos grasos.

Alimento Funcional	Ingrediente Funcional	Posibles efectos en la salud
Leches enriquecidas	Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA)	Contribuyen a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.
Leches infantiles de iniciación y de continuación	Ácidos grasos	Ayudan a mejorar el desarrollo de los niños de 0 a 3 años.
Leches fermentadas	Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) y ácido oleico.	Contribuyen a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.
Huevos enriquecidos	Ácidos omega-3	Puede reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.

Fuente: (Cano, 2008)

4.3 Fitoesteroles

4.3.1 Generalidades

Los fitoesteroles y los fitoestanoles (formas reducidas de los fitoesteroles) son esteroides de origen vegetal y cuya estructura química es muy similar a la del colesterol. Sin embargo, los fitoesteroles difieren estructuralmente del colesterol (que posee 27 carbonos, C27) por la presencia de sustituyentes de tipo metilo o etilo en la cadena lateral de la molécula.

Los fitoesteroles son particularmente abundantes en el reino vegetal: están presentes en los frutos, semillas, hojas y tallos de prácticamente todos los vegetales conocidos. Por este motivo, también están presentes normalmente en nuestra dieta. Se estima que la ingesta diaria de fitoesteroles, la que obviamente es muy variable ya que depende de los hábitos alimentarios de la población, se

encuentra en un intervalo que va desde los 160 mg/día hasta los 500 mg/día. Si bien los fitoesteroles químicamente identificados suman más de 25 estructuras diferentes, son tres los que están en mayor proporción en sus fuentes de origen: el α -sitosterol (C29), el campesterol (C28) y el stigmasterol (C29), quienes en su conjunto constituyen el 95%-98% de los fitoesteroles identificables en extractos vegetales. Los fitoesteroles comparten con el colesterol el núcleo central de la molécula, esto es la estructura ciclopentano perhidrofenantreno (Δ -5 insaturado, conservando el grupo -OH que sustituye el carbono 3 de la estructura cíclica). La diferencia estructural de los fitoesteroles con el colesterol y entre los diferentes fitoesteroles radica en la cadena hidrocarbonada lateral. En el colesterol esta cadena está formada por ocho carbonos y es saturada. En los fitoesteroles está formada por 9 o 10 carbonos y en algunos de ellos presenta un doble enlace (stigmasterol). Los fitoestanoles están en menor proporción que los fitoesteroles en el reino vegetal, pero pueden ser formados por la reducción química del doble enlace de la posición Δ -5 de la estructura cíclica (Valenzuela *et al*, 2004).

Industrialmente se preparan los respectivos derivados saturados del α -sitosterol (sitostanol), del campesterol (campestanol) y del stigmasterol (stigmastanol). Se ha propuesto que la diferencia estructural en la cadena lateral de los fitoesteroles y de los fitoestanoles con el colesterol es responsable de los particulares efectos hipocolesterolémicos atribuidos a ambos esteroides vegetales y también de la baja absorción a nivel del tracto intestinal que se ha observado para estos esteroides. En la figura 8 se muestra la estructura del colesterol y de los principales fitoesteroides y fitoestanoles.

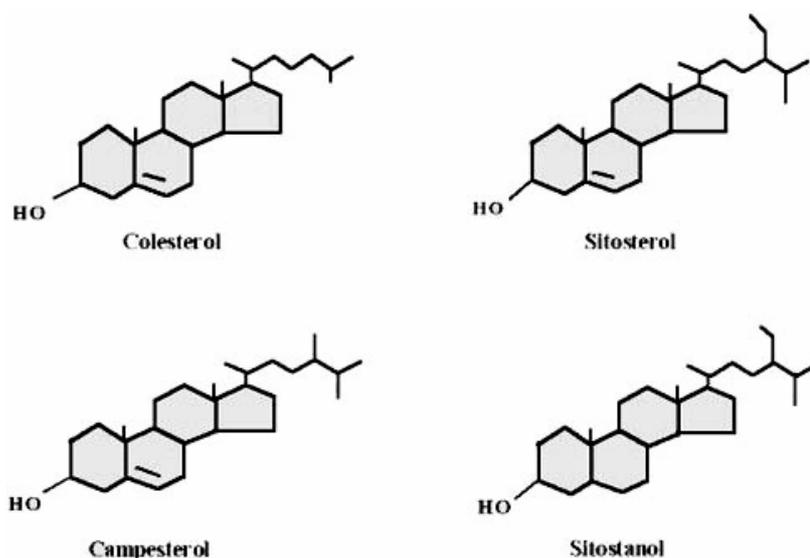


Figura 8. Estructura química de los principales fitoesteroles y fitoestanoles.

4.3.2 Propiedades Funcionales

La literatura científico-médica describe para los fitoesteroles y fitoestanoles una gran variedad de efectos fisiológicos. Se les atribuye propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas y fungicidas. Sin embargo, el efecto mejor caracterizado y científicamente demostrado, es el efecto hipocolesterolémico, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL. En 1950 se realizó la primera observación a que el consumo habitual de fitoesteroles como componentes de la dieta, ejerce un marcado efecto hipocolesterolémico. La evidencia experimental de este efecto es contundente y está avalada por abundante literatura científica en trabajos realizados con ratas y en humanos. Trabajos recientes han demostrado que el consumo de margarinas enriquecidas con α -sitosterol, campesterol y stigmasterol o con el derivado hidrogenado sitostanol, administradas a individuos moderadamente hipercolesterolémicos (220-240 mg/dL colesterol), producen reducciones del colesterol circulante de un 10% en promedio y de un 8% en el colesterol-LDL, sin afectar el contenido de colesterol-HDL y el nivel de triglicéridos. El consumo promedio de fitoesteroles en

estos estudios fue de 1,5-2,2 g/día y el de sitostanol de 2,0 g/día (Valenzuela *et.al*, 2004).

4.3.3 Aplicaciones

En 1995 una empresa finlandesa desarrolló una margarina “ligera” enriquecida con sitostanol y que fue un impacto primero en Finlandia y posteriormente en toda Europa. El sitostanol se obtiene a partir de la hidrogenación controlada de la oleo-resina obtenida de pulpa de pino. En este producto, el sitostanol está esterificado con ácidos grasos con el propósito de aumentar su liposolubilidad y de disminuir su absorción a nivel intestinal. Los diferentes estudios nutricionales realizados con la margarina adicionada de sitostanol han demostrado su eficacia para disminuir el colesterol sanguíneo en individuos levemente hipercolesterolémicos sin alterar el nivel de colesterol-HDL y de los triglicéridos. La empresa finlandesa ha licenciado sus estanoles a diferentes empresas europeas, lo cual ha permitido la aparición en el mercado de diferentes productos conteniendo fitoestanoles (yogurth, leches, jugos, entre otros).

En Estados Unidos también se han realizado desarrollos similares y actualmente se comercializa una margarina del tipo “ligera” que contiene α -sitosterol, campesterol y stigmasterol, la que también ha demostrado su efecto hipocolesterolémico en protocolos clínicos controlados. Actualmente este producto se comercializa en algunos países Latinoamericanos. También se han desarrollado en Europa, Estados Unidos y en algunos países Latinoamericanos, bebidas, jugos, leches y yogurth adicionados de fitoesteroles o de fitoestanoles (Valenzuela *et al*, 2004).

5. ANTIOXIDANTES

5.1 Generalidades

Actualmente la industria alimentaria utiliza diversas técnicas para evitar o retardar la oxidación, algunas de estas son el envasado al vacío o en recipientes opacos, así como el uso de antioxidantes.

Hoy en día, existe una marcada tendencia en la industria alimentaria con respecto al uso de antioxidantes, siendo los de origen natural los que van ganando terreno ante los sintéticos no sólo por los beneficios a la salud que se les atribuyen (Iglesias, 2009).

Los antioxidantes están presentes en los alimentos como vitaminas, minerales, carotenoides y polifenoles, entre otros. Muchos antioxidantes son identificados con frecuencia en los alimentos por su color distintivo: el rojo intenso de las cerezas y de los jitomates; el naranja de las zanahorias; el amarillo del maíz, mangos y azafrán; y el azul púrpura de los arándanos, bayas y uvas. Los más conocidos de los componentes de los alimentos por sus actividades antioxidantes son las vitaminas A, C y E, el beta-caroteno; el selenio mineral y más recientemente el licopeno (Foundation, 2006).

Una sustancia antioxidante es “aquella que, cuando está presente a bajas concentraciones en comparación con el sustrato susceptible a la oxidación sobre el que actúa, produce un retardo significativo o previene la oxidación de ese sustrato” (Iglesias, 2009). Los antioxidantes son moléculas de tipo orgánico, de origen sintético o natural, que pueden actuar mediante diversos mecanismos inhibiendo el progreso de la oxidación lipídica en cualquiera de las distintas etapas que constituyen esta reacción o interactuando con los distintos antioxidantes endógenos impidiendo su consumo durante el desarrollo de la oxidación. Según su mecanismo de actuación, podrían dividirse en 7 tipos:

- 1) Inhibidores de las reacciones que implican la formación de radicales libres: Son los llamados “antioxidantes preventivos”. Entre los más importantes destacan los que son capaces de evitar la descomposición de los hidroperóxidos formados en la etapa de iniciación.
- 2) Antioxidantes que inhiben o interrumpen el mecanismo de auto-oxidación en la etapa de propagación, también llamados “verdaderos antioxidantes”.
- 3) Sustancias que inhiben la activación de la oxidación lipídica promovida por la luz desactivando moléculas excitadas como el oxígeno singulete. Son las llamadas “sustractoras” y normalmente son el grupo de los carotenos.
- 4) Sustancias que actúan de forma sinérgica con los “verdaderos antioxidantes”. Pueden ser sustancias que no poseen gran actividad antioxidante por sí solas pero que potencian la actividad de otros antioxidantes, tanto aditivos como endógenos. El ejemplo más claro de este tipo de compuestos es el ácido cítrico.
- 5) Agentes reductores como los tioles, que son capaces de convertir hidroperóxidos lipídicos en compuestos más estables mediante un mecanismo no radicalario.
- 6) Los agentes quelantes convierten los metales pro-oxidantes como el Fe o el Cu en productos más estables evitando el efecto catalítico de los mismos. La quercetina y los taninos son ejemplos de agentes quelantes eficientes.
- 7) Inhibidores de enzimas prooxidantes como las lipoxigenasas.

No todas las sustancias con capacidad antioxidante desde el punto de vista químico pueden utilizarse como aditivos antioxidantes en un alimento, ya que, además de su actividad para inhibir el deterioro oxidativo, deben cumplir una serie de requisitos relacionados con aspectos económicos y de salud, entre los que destacan:

- 1) Deben ser inocuos. Los efectos de un aditivo alimentario sobre la salud deben ser el primer parámetro a tener en cuenta a la hora de elegir su uso.

La legislación sobre antioxidantes naturales no permite la utilización de compuestos puros pero si de extractos que contengan esos componentes.

- 2) No deben de modificar organolépticamente al alimento. Cambios en el olor, sabor o color pueden generar el rechazo del producto por parte del consumidor.
- 3) Deben ser efectivos a bajas concentraciones ya que a mayores concentraciones se incrementa el riesgo de toxicidad, o aumenta el riesgo de modificaciones de tipo organoléptico en el alimento.
- 4) La incorporación de un antioxidante al producto que se adiciona es un aspecto muy importante desde el punto de vista de su eficacia. La actividad no depende exclusivamente de las propiedades químicas del mismo sino también de la accesibilidad o difusión hacia los puntos sensibles a la oxidación del alimento.
- 5) Deben ser térmicamente estables frente a los distintos métodos de procesamiento ya que a menudo son aplicados a productos que posteriormente son sometidos a métodos que implican la utilización de altas temperaturas.
- 6) El costo del antioxidante y su aplicación no debe encarecer significativamente el precio del producto sobre el que se adiciona.

La utilización de la combinación de varias sustancias antioxidantes puede dar lugar a lo que significa efecto sinérgico. Esto es, la aplicación de dos o más antioxidantes produce una efectividad mayor que la suma de efectividades de ambos compuestos actuando individualmente.

Diversas sustancias utilizadas como aditivos antioxidantes en alimentos, pueden tener, en ciertas condiciones, actividad prooxidante. Se ha comprobado que los flavonoides pueden actuar como prooxidantes en presencia de Cu^{2+} , o que pueden reducir el hierro férrico a hierro ferroso, su forma pro-oxidante. Antioxidantes como quercetina, miricetina y kamferol, pueden inducir la lipoperoxidación y daños en el ADN en presencia de metales de transición. Por lo

tanto, es muy importante conocer las condiciones en que una sustancia puede funcionar como anti- o prooxidante antes de su aplicación como aditivo (Iglesias, 2009).

5.1.1 Antioxidantes Naturales

Es muy difícil proporcionar una definición exacta de antioxidante natural pero, en general, el término alude aquellas sustancias, con propiedades antioxidantes, que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales. Debido a la mala imagen adquirida y al rechazo por parte del consumidor de los antioxidantes sintéticos, el uso de los antioxidantes naturales como aditivos alimentarios ha adquirido un gran interés en los últimos años. Este tipo de sustancias presenta una serie de ventajas con respecto a la utilización de sus homólogos sintéticos: en primer lugar, no existe una legislación restrictiva en caso de que el aditivo sea un extracto y no un compuesto puro, son aceptados tanto por las autoridades sanitarias como por los consumidores y, en ciertos casos, pueden ser utilizados como colorantes o para impartir ciertos olores o sabores a los alimentos sobre los que son aplicados. Sus mayores inconvenientes son la presencia de otras sustancias no deseadas presentes en los extractos utilizados, el desconocimiento real de los riesgos que aportan sobre la salud o los caracteres organolépticos no deseados que pueden aportar a los alimentos. La mayoría de los compuestos son fenólicos, entre los cuales, los principales son los tocoferoles, los flavonoides, y los ácidos fenólicos. El ácido ascórbico y los tocoferoles son los antioxidantes naturales más empleados comercialmente. Los carotenoides, los aminoácidos y ciertas proteínas son otros constituyentes del reino vegetal y animal, con actividad antioxidante.

Con el fin de aumentar el ámbito de acción de los antioxidantes naturales, se están realizando esfuerzos para obtener nuevas sustancias vegetales. Hasta ahora, estos han resultado bastante infructuosos ya que las sustancias naturales a menudo presentan otras características menos deseables. Los científicos han observado varias sustancias vegetales presentes en la salvia y el romero que son

antioxidantes eficaces. Sin embargo, existen dos aspectos fundamentales que siempre hay que tener en cuenta en la producción de alimentos.

En primer lugar, las sustancias naturales no siempre son seguras para la salud humana; en segundo lugar, las sustancias naturales de origen vegetal suelen tener un sabor propio fuerte y característico. Éste es el motivo de que las sustancias recién descubiertas no siempre se utilicen para producir alimentos. En cualquier caso, dichas sustancias deberán ser sometidas a rigurosos análisis para evaluar su seguridad, tal y como se estipula en la legislación sobre aditivos y nuevos alimentos (Iglesias, 2009).

5.1.1.1 Vitamina E o Tocoferoles

Los tocoferoles y tocotrienoles son el grupo de sustancias antioxidantes mejor conocidas y más ampliamente utilizadas. Cada una de estas familias está formada por hasta cuatro isómeros (α -, β -, γ -, δ -) (Figura 9) con distintas capacidades para donar hidrógenos, que siguen el orden δ - > β - = γ - > α -.

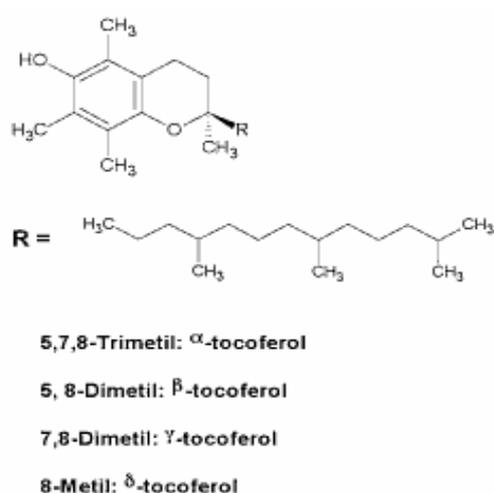


Figura 9. Estructura química de los distintos isómeros del tocoferol.

La capacidad antioxidante de los tocoferoles es fuertemente dependiente de la concentración: a concentraciones bajas ($\leq 50 \mu\text{g/g}$) el α -tocoferol es más efectivo que el γ -tocoferol pero a concentraciones altas ($>100 \mu\text{g/g}$) es más efectivo el segundo. En los alimentos, los tocoferoles actúan como antioxidantes relativamente débiles y su eficacia es mayor en sistemas emulsionados de aceite en agua que en un sistema monofásico debido a su carácter lipofílico (Iglesias, 2009)

5.1.1.2 Vitamina C o ácido ascórbico

Es un compuesto hidrosoluble, cuya capacidad para actuar como antioxidante se debe a que al reaccionar con radicales libres, fundamentalmente radicales peroxilo, los neutraliza y se transforma en el radical dehidroascorbato, mucho menos reactivo que los radicales libres que existían previamente (Fig 10). Existen sistemas enzimáticos intracelulares para regenerar este radical de dehidroascorbato a su forma original, usando como poder reductor NADH (en el caso de la NADH- semidehidroascorbato reductasa) o GSH (en el caso de la dehidroascorbato reductasa).

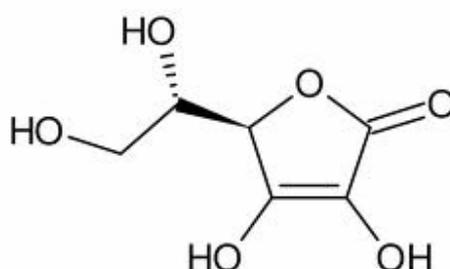


Figura 10. Estructura química del ácido ascórbico.

Por otro lado, actúa sinérgicamente con el tocoferol para regenerar los radicales tocoferil. También puede inhibir la citotoxicidad inducida por oxidantes. Además puede prevenir o reducir la peroxidación lipídica inducida por H_2O_2 y la

formación de OH- deoxiguanosina, producida como consecuencia de la oxidación del ADN (Yen *et al*, 2002).

5.1.1.3 Carotenoides

Son pigmentos naturales, tetraterpenoides sintetizados en plantas y otros organismos fotosintéticos, así como en algunas bacterias no fotosintéticas y levaduras. La mayoría de los carotenoides están formados por una cadena central de átomos de carbono con enlaces sencillos y dobles alternados y con diferentes grupos cíclicos o acíclicos. Los carotenos sólo tienen átomos de carbono e hidrógeno, mientras que las xantofilas también contienen átomos de nitrógeno. La figura 11 muestra las estructuras químicas de algunos carotenoides.

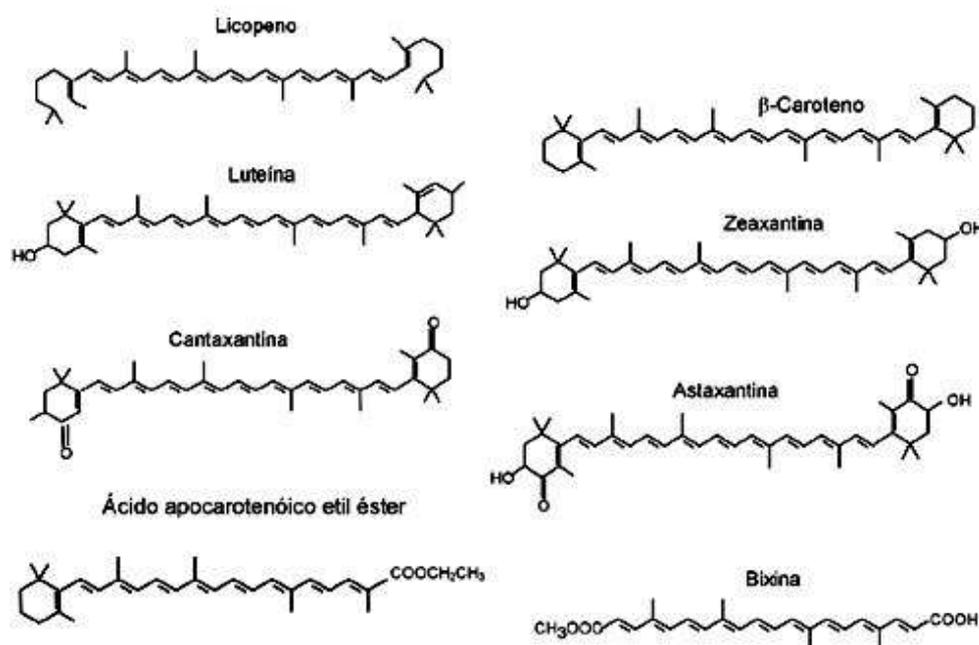


Figura 11. Estructuras químicas de algunos carotenoides.

Se conocen unos 600 carotenoides, aunque sólo 19 han sido detectados en distintos tejidos humanos. Los carotenoides pueden captar radicales peróxido,

mediante transferencia de electrones o sustracción de átomos de hidrógeno, mecanismos que llevan a la formación de una gran variedad de carotenoides. De hecho, en función de la posición que ocupe el carotenoide en la membrana lipídica, estando orientado hacia la fase acuosa o hacia la orgánica, en la reacción de un mismo carotenoide con un mismo radical libre se pueden generar diferentes productos. Por otro lado, los carotenoides pueden captar oxígeno singulete, algo que no pueden hacer los polifenoles. Su capacidad de captación dependerá del número de dobles enlaces presentes en la cadena carbonada. También pueden presentar efectos sinérgicos con otros antioxidantes, como la vitamina E o la C.

Su absorción va paralela a la de los lípidos, sufriendo el proceso de emulsificación e incorporación en micelas que, por difusión pasiva, entran en los enterocitos. Desde allí, son transportados a los tejidos, donde se incorporan en los quilomicrones y son transportados a la circulación vía sistema linfático. Su absorción es mayor cuando se encuentran en frutos de color anaranjado, donde están presentes como gotas de aceite, que cuando están en hojas verdes, donde forman parte de estructuras fotosintéticas.

A pesar de que su capacidad antioxidante está demostrada, los estudios *in vivo* con β -caroteno han dado resultados contradictorios. Así mismo, se han observado niveles significativamente más altos de este compuesto en el cáncer de mama, colon, tiroides y renal; también se han observado niveles más elevados de licopeno, otro carotenoide, en cáncer de boca respecto a controles. Por otro lado, en presencia del humo del tabaco, el β -caroteno se puede transformar de antioxidante en pro-oxidante (Metin Donma *et al*, 2005).

6. OTROS

Debido a la preocupación e interés actual de la población por las condiciones de salud y calidad de vida, es que ha aumentado la demanda de productos naturales, lo cual hace que las industrias farmacéuticas y de los alimentos centren sus esfuerzos en investigaciones relacionadas con su utilización. Una de las materias primas de gran demanda, es el Aloe vera, vegetal del cual se pueden obtener productos con fines cosmetológicos, farmacéuticos y alimenticios.

6.1 Aloe Vera

6.1.1 Generalidades

Desde el punto de vista de la nutrición humana, aunque los científicos han identificado más de 75 compuestos en el Aloe vera, la aloína es el componente principal (Fig 12). Dentro de los compuestos identificados en la Aloe Vera se encuentran vitaminas, minerales, enzimas y aminoácidos, además de otras sustancias de interés para nuestro organismo con acción emoliente, cicatrizante, coagulante, hidratante, antialérgica, desinfectante, antiinflamatoria, astringente, colerética y laxante. Por lo tanto, esta planta puede aportar componentes nutricionales como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales, considerados en la actualidad como los alimentos del futuro. Así, el Aloe vera puede convertirse en una excelente fuente de productos químicos nutricionales para el desarrollo y comercialización de nuevos productos para la industria de alimentos.

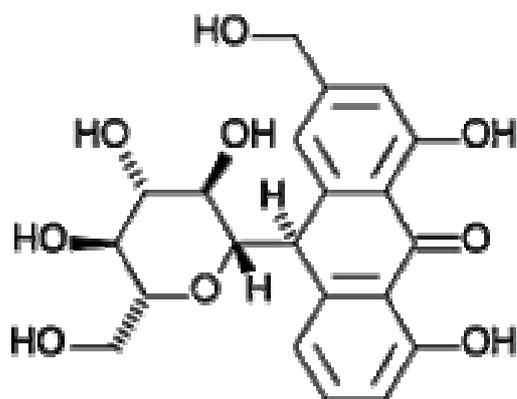


Figura 12. Estructura de la aloína componente principal del Aloe Vera

El gel de Aloe vera contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables. Químicamente se caracteriza por la presencia de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante, que son generalmente clasificados en dos grupos principales: las cromonas y las antraquinonas.

Las cromonas son componentes bioactivos en fuentes naturales, se utilizan como antiinflamatorios y antibióticos. Dentro de ellos podemos encontrar al Aloesin, también denominado Aloeresin B y el Aloeresin A.

Las antraquinonas son compuestos aromáticos polihidroxiados, que constituyen el numeroso grupo de sustancias polifenólicas que conforman la base y la fuente de una importante cantidad de colorantes. Las antraquinonas pueden encontrarse en la corteza y la raíz de diversos géneros y especies de las familias: Leguminosas, Rubiáceas, Liliáceas. Dentro de las antraquinonas se encuentran la Aloína llamada también Barbaloína; la Isobarbaloína y la Aloemodina.

Varios polisacáridos han sido detectados y aislados de la pulpa del Aloe vera, incluyendo manosa, galactosa, arabinosa, sustancias pécticas y ácido glucurónico. Estudios han identificado a la manosa como el azúcar más

importante presente en el gel de Aloe vera, mientras que otros estudios han reportado la ausencia de este azúcar, encontrando a su vez a las sustancias pécticas como el mayor componente. Las discrepancias señaladas se deben principalmente a los diferentes lugares geográficos en donde se desarrolla la planta de Aloe vera.

Otros polisacáridos presentes en el gel de Aloe vera son: glucomanano y acemanano. El primero es un polisacárido, del tipo heteropolisacárido, el cual presenta una estructura química compuesta por D-manosa y D-glucosa (en una porción 8: 5, respectivamente), unidas por enlaces β (1 \rightarrow 4) al igual que el acemanano (Vega, 2005).

6.1.2 Propiedades Funcionales

El Aloe vera contiene algunas vitaminas hidrosolubles como: tiamina (B_1), riboflavina (B_2), niacina (B_3), ácido fólico y ácido ascórbico (C); y entre las liposolubles las vitaminas A y E. Algunas investigaciones sugieren que también presenta trazas de vitamina B_{12} , la cual es normalmente extraída de fuente animal.

La vitamina B_1 , ayuda al cuerpo a convertir los alimentos en energía y colabora con la actividad del corazón y el sistema cardiovascular, ayudando también a la función del cerebro y del sistema nervioso. La deficiencia de esta vitamina ocasiona una polineuritis (proceso inflamatorio o degenerativo de los nervios) resultando en una debilidad general y rigidez dolorosa de los miembros.

La vitamina B_2 , funciona en conjunto con otras vitaminas del complejo B y es importante en el crecimiento corporal, la producción de glóbulos rojos y en la liberación de energía de los carbohidratos. La deficiencia de esta vitamina produce una grave inflamación en la boca y lengua. En casos extremos ocasiona una inflamación gastrointestinal con abundante diarrea.

La función principal de la vitamina B₃ es convertir los alimentos en energía y la deficiencia de ella se traduce en la enfermedad conocida como pelagra, cuyos efectos son dermatitis, diarreas y en casos extremos trastornos mentales.

El ácido fólico en la actualidad es de mucha importancia, pues se ha demostrado que la ingesta de éste ácido previene las malformaciones congénitas del Sistema Nervioso Central que se traduce en abortos espontáneos, muertes al nacer, muertes durante el primer año de vida o discapacidad permanente. La vitamina C ayuda al desarrollo de dientes y encías sanos, a la adsorción del hierro y al mantenimiento del tejido conectivo normal, así como también a la cicatrización de heridas. Además es un antioxidante poderoso atrapando radicales libres en la fase acuosa.

La principal función de la vitamina E es actuar como antioxidante natural ya que reacciona con los radicales libres que se generan en la fase lipídica protegiendo a los lípidos de las membranas, también desempeña una función fisicoquímica en el ordenamiento de las membranas lipídicas, estabilizando las estructuras de membranas. La vitamina A también actúa en la fase lipídica atrapando radicales libres y protegiendo de la oxidación a las sustancias liposolubles. En general esta vitamina ayuda a proteger la piel para que no se produzca erupciones cutáneas, acné y psoriasis.

En cuanto a la presencia de minerales en Aloe vera, han sido identificados: calcio, fósforo, potasio, hierro, sodio, magnesio, manganeso, cobre, cromo y zinc.

El Aloe contiene alrededor de 17 aminoácidos, donde el aminoácido principal es Arginina representando un 20% del total de los aminoácidos.

Además presenta enzimas como la oxidasa, catalasa y amilasa. La catalasa integra parte del sistema antioxidante y es importante ya que su función es destruir el H₂O₂ generado durante el metabolismo celular.

El glucomanano es una fibra muy soluble, que posee una excepcional capacidad de captar agua, formando soluciones muy viscosas. Posee un alto peso molecular y una viscosidad más elevada que cualquiera fibra conocida. Se ha demostrado que es eficaz para combatir la obesidad, por la sensación de saciedad que produce; en el estreñimiento debido a que aumenta el volumen fecal; así mismo disminuye los niveles de glucosa e insulina, probablemente debido a que retrasa el vaciado gástrico y, por lo tanto, dificulta el acceso de la glucosa a la mucosa intestinal.

Como consecuencia de las investigaciones científicas realizadas sobre la composición y las propiedades del Aloe vera, donde se demuestra que posee características y propiedades específicas y beneficiosas para la salud y nutrición humana, es que el Aloe vera puede ser considerado como materia prima o ingrediente principal en la elaboración de alimentos funcionales. Convirtiéndose así en una excelente fuente de productos químicos nutricionales para el desarrollo y comercialización de nuevos productos para la industria de alimentos funcionales (Vega, 2005).

6.2 Té Verde

6.2.1 Generalidades

El té (*Camellia sinensis*) ha sido usado durante siglos como bebida medicinal y es consumido por cerca de dos tercios de la población mundial diariamente. Es originario del sur de China y es cultivado extensamente en Asia y en los países de África central.

Los tres principales tipos de son: negro, oolong y verde. El té verde es una bebida no fermentada y su consumo es habitual en los países asiáticos. Este último se produce a partir de las hojas frescas de la planta *Camellia sinensis* y en ellas existe: agua, proteínas, hidratos de carbono, minerales, vitaminas y polifenoles del tipo flavonoides. Los principales flavonoides en el té verde son las catequinas, las cuales constituyen cerca de un tercio de su peso seco total. La catequina más abundante es la galato de epigallocatequina (>50%). En los últimos años ha crecido el interés en el té verde y sus catequinas y su papel en la disminución de los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares (ECV).

La importancia que se le atribuye al té verde en cuanto a sus propiedades funcionales frente al resto de las especies reside en su proceso de fabricación. Las hojas no fermentadas al sol contienen mayor número de polifenoles, ya que las enzimas que contribuyen a su oxidación quedan inactivas.

El proceso es el siguiente: 1. Inmediatamente después de recolectar las hojas se llevan a la fábrica. Se cuecen al vapor o por acción del aire caliente para detener el proceso de oxidación de las enzimas. 2. Se enrollan las hojas sobre placas o bandejas calientes para reducir el contenido de humedad. 3. Se retuercen las hojas, para adaptar el contenido de agua. 4. Se dejan secar y se envasan. Todos estos procesos no alteran la composición química del té verde (Hernández & et.al., 2004).

6.2.1.1 Composición química del Té Verde

A pesar de que tanto el té verde como el té negro se obtienen a partir de las hojas de la especie *Camellia sinensis*, presentan diferente composición química debido a que, se aplican diferentes procedimientos para su obtención. En la hoja fresca de la planta destaca la presencia de agua, proteínas (15-20%), glúcidos (35%), minerales, vitaminas (ácido ascórbico y algunas del complejo B),

bases púricas (cafeína, teobromina y teofilina) y derivados polifenólicos (flavonoides) (Tabla 6).

Tabla 6. Composición del Té Verde por 100g

Té Verde		
	Hoja	Infusión
Macronutrientes (g)		
Proteínas	24	0.1
Lípidos	4.6	0
Azúcares	35.2	0.1
Fibra	10.6	0
Cenizas (g)	5.4	0.1
Minerales (mg)		
Calcio	440	2
Fósforo	280	1
Hierro	20	0.1
Sodio	2	2
Potasio	2200	18
Vitaminas		
Vitamina A (UI)	13000	0
Tiamina (mg)	0.35	0
Riboflavina (mg)	1.4	0.3
Niacina (mg)	4	0.1
Vitamina C (mg)	250	4
Cafeína (mg)	2.3	0.02

Fuente: (Hernández *et al*, 2004)

De los polifenoles totales, el 59,9% lo constituyen las catequinas. Se han definido ocho catequinas diferentes al extraer los polifenoles del té con etilacetato, siendo las mayoritarias el (-)-galato de epigalocatequina (EGCG) y (+)-

galocatequina (GC), que representan el 51,8% de las ocho catequinas. En menor cantidad se encuentran otras catequinas (Figura 13).

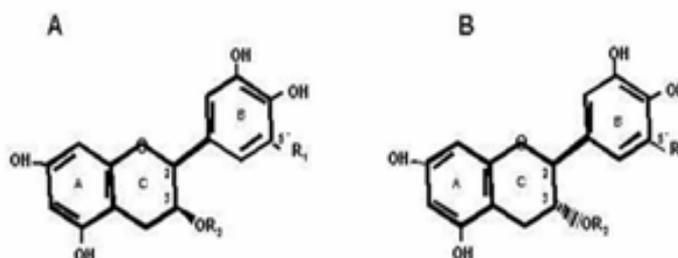


Figura 13. Estructura química de las catequinas del té.

Dado que en el caso del té verde no se dejan fermentar las hojas, la enzima polifenoloxidasa no actúa, por lo que las catequinas apenas sufren transformación y son los componentes mayoritarios de la hoja, representando el 6-16% del peso seco de la misma (Tabla 7) (Hernández & et.al., 2004).

Tabla 7. Concentración (mg/100g) de flavonoides en los diferentes tipos de té.

	Té Verde	Té Negro
Catequina	1.4	2.85
Epicatequina	2.34	8.66
Galato de epicatequina	7.15	21.96
Epigalocatequina	9.23	16.72
Galato de epigalocatequina	10.31	88.32
Galocatequina	1.26	Trazas
Teaflavinas	6.09	0.07
Tearubiginas	73.44	1.08

Fuente: (Hernández *et al*, 2004)

6.2.2 Propiedades Funcionales

El té verde y sus catequinas:

- 1) Tienen efecto reductor del peso corporal, posiblemente a través de su interferencia sobre el sistema adrenosimpático y de enzimas que intervienen en la síntesis de ácidos grasos.
- 2) Presentan actividad antioxidante con incrementos de la fase de latencia en la oxidación de las LDL.
- 3) Reducen la absorción del colesterol y sus niveles plasmáticos.
- 4) Interfieren la expresión de moléculas de adhesión celular.
- 5) Tienen actividad antitrombótica al inhibir la agregación plaquetaria.
- 6) Disminuyen la presión arterial sistólica y diastólica.

Se puede afirmar que el mecanismo de acción de los antioxidantes del té verde en el organismo cursa con su acumulación en la pared arterial y con la disminución de la oxidación de las LDL (al aumentar el estado antioxidante de las células, mediante la quelación de iones metálicos o inhibición de la actividad de enzimas oxidantes). Independientemente del mecanismo de acción, la mayoría de los estudios realizados sugieren que el consumo diario de té verde convierte a las LDL en más resistente a la oxidación, lo que conduce a una disminución del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Hernández & et.al., 2004)

7. CONCLUSIONES

- ✓ Los ingredientes funcionales se encuentran ya sea de manera natural en los alimentos funcionales y su efecto beneficioso puede obtenerse del consumo de sus fuentes naturales, o bien pueden extraerse y utilizarse en un sinnúmero de productos alimenticios.

- ✓ El mercado nacional e internacional de este tipo de productos continuará creciendo, conforme aumente la demanda del consumidor por productos saludables. Algunos de los factores que contribuyen a esta nueva formación del suministro de alimentos funcionales son: una población que está envejeciendo; los costos crecientes del cuidado de la salud; la evidencia científica que avanza y que demuestra que la dieta puede alterar el predominio y el progreso de las enfermedades; y los cambios que se están dando a nivel internacional en la regulación de los alimentos.

- ✓ La Industria Alimentaria debe enfatizar la aplicación de los ingredientes funcionales naturales para el desarrollo de productos, ya que muchos de estos ingredientes, tales como, fibras, antioxidantes, el té verde y el aloe vera entre otros, pueden utilizarse en la formulación de nuevos productos con beneficios a la salud y al mismo tiempo, satisfacer la constante demanda del consumidor.

- ✓ La gran mayoría de los denominados “ingredientes funcionales” utilizados en la Industria Alimentaria, forman parte de la composición natural de los alimentos, tales como, la leche, los vegetales, frutas y cereales.

- ✓ A pesar de que existe una gran cantidad de información sobre los ingredientes funcionales es poca la que procede de fuentes confiables,

- ✓ En la mayoría de los ingredientes funcionales se requiere de mayor investigación para comprobar científicamente sus propiedades funcionales para validar su seguridad, así como la dosis a utilizar.
- ✓ La mercadotecnia se ha encargado de introducir términos que promueven el consumo de ingredientes funcionales naturales o de productos elaborados a base de los mismos.
- ✓ No existen instancias de Salud a nivel nacional que regulen la seguridad de los ingredientes funcionales utilizados en la Industria Alimentaria.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J. W., & et.al. (1995). Meta-analysis of effects of soy protein intake on serum lipids in humans. *N. Engl. J. Med.* (333) , 276-282.
- Cano, M. J. (8 de Febrero de 2008). *Boletín Oncológico del área sanitaria de Teruel España*. Recuperado el 3 de Agosto de 2011, de Boletín Oncológico del área sanitaria de Teruel España: <http://www.boloncol.com/boletín-25/mecanismos-funcion-y-obtencion-de-alimentos-enriquecidos-con-acidos-grasos-omega-3.html>
- DEIA. (2009). *Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria*. México: Thomson PLM, S.A. de C.V.
- FAO/OMS, F. a. (2001). *Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria*. Córdoba, España: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization.
- FECYT, F. E. (2006). *Alimentos Funcionales*. España: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Figueroa, G. I. (2004). *Estudio de agentes selectivos en el crecimiento de bacterias probióticas*. México: Universidad Autónoma de México.
- Foundation, I. F. (2006). Alimentos Funcionales: Antioxidantes. *Mundo Alimentario* , 18-20.
- Gil, H. Á. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Gopal, K. A. (2000). Utilisation of galacto-oligosaccharides as selective substrates for growth by lactic acid bacteria including *Bifidobacterium lactis* DR10 and *Lactobacillus rhamnosus* DR20. *International Dairy Journal* 11 , 19-25.
- Granato, D., & et.al. (2010). Probiotic Dairy Products as Functional Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , 455-470.
- Hekmat, S. R. (2006). Sensory properties of probiotic yogurt is comparable to standard yogurt. *Nutr Res* 26 , 163-166.

- Hernández, F. T., & et.al. (2004). El Té Verde ¿ una buena elección para la prevención de enfermedades cardiovasculares? *ALAN* , 380-394.
- Iglesias, N. J. (2009). *Diseño de ingredientes antioxidantes de origen natural y su aplicación en la estabilización de productos derivados de la pesca*. Universidad de Santiago de Compostela.
- Madrigal, L. (2007). La Inulina y derivados como ingredientes claves en Alimentos Funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* , 388-394.
- Marti, d. M., & et.al. (2003). Efecto de los Prebióticos sobre el metabolismo lipídico. *Nutrición Hospitalaria* 18 (4) , 181-188.
- Metin Donma, M., & et.al. (2005). Phytonutrient and children the other side of the medallion. *Food Research International* (38) , 681-692.
- Morán, J. (2009). Ingredientes Funcionales: Tendencias en su adición a diferentes productos. *IX Congreso Peruano de Nutrición*. Lima, Perú.
- OMGE, G. P. (2008). *Probióticos y Prebióticos*. España: World Gastroenterology Organisation.
- Puska, P. K. (2004). Isolated soya protein with standardised levels of isoflavones, cotyledon soya fibers and soya phospholipids improves plasma lipids in hypercholesterolaemia: a double-blind, placebo-controlled trial of a yoghurt formulation. *Br.J.Nutr.* 91 , 393-401.
- Senok, A. (2009). Probiotics in the Arabian Gulf region. *Food Nutr Res* 1 , 1-6.
- SERNAC, D. d. (2004). *Alimentos Funcionales*. Chile.
- USDA, F. A. (2009). *Market Snapshot: Health Food*. EUA: Market Development Reports.
- Valenzuela, A., & et.al. (2004). Phytosterols and phytosterols: Natural allied for the protection of cardiovascular health. *Rev Chil Nutr* 21 (1) , 161-169.
- Valenzuela, B. A. (2010). Ingredientes Funcionales de Naturaleza Lipídica. En J. G. Aranceta, *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil* (págs. 66-73). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Vega, A. (2005). El Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición* Vol. 32, No. 3 .

- Voragen, G. J. (1998). Technological aspects of Functional Food-related carbohydrates. *Trends in Food Science and Technology* (9) , 328-335.
- Yen, G. C., & et.al. (2002). Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and galic acid. *Food Chemistry* (79) , 307-313.

9. ANEXO

**PRINCIPALES PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES DE
INGREDIENTES FUNCIONALES A NIVEL NACIONAL**

	Aloe Vera	Antioxidantes	Ácidos Grasos Pliinsaturados (2)	Fitoesteroles	Oligosacáridos (1)	Péptidos	Probióticos	Proteínas de Soya	Té Verde
ABARAN MATERIAS PRIMAS, S.L.		X		X	X				
ADM BIOPRODUCTOS, S.A. DE C.V.		X		X				X	
ALIMENTACIÓN Y FARMACIA, S.A.			X	X				X	
APC EUROPE, S.A.						X			
ALMIDONES MEXICANOS, S.A. DE C.V.					X				
ARENAS DISTRIBUCIÓN		X							
BARENTZ, CAMPI YJOVE, S.L.			X						
BDF NATURAL INGREDIENTS, S.L.							X		
BIÓPOLIS, S.L.							X		
BIOWELLCOME, S.L.				X					
BRENNTAG QUÍMICA, S.A.					X			X	
CHEM WORLD, S.A.									
CHR HANSEN DE MÉXICO, S.A. DE C.V.							X		
COGNIS IBÉRICA, S.A.U.			X	X					
COLLOIDES NATURELS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.			X		X				
COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.			X		X	X	X		
CONDIMENTOS NATURALES TRES VILLAS, S.A. DE C.V.		X							
CPINGREDIENTES, S.A. DE C.V.					X				
DANISCO MEXICANA, S.A. DE C.V.		X			X				
DISPROQUIMA, S.A.		X	X	X	X				
DSM NUTRITIONAL PRODUCTS		X	X						X

EMULIFT IBÉRICA, S L.					X				
EXQUIM, S.A.			X	X	X		X		
GOMAS NATURALES, S.A. DE C.V.	X								
HELM IBÉRICA, S.A.								X	
IMCD ESPECIALIDADES QUÍMICAS, S.A.				X		X			
IMPEX QUÍMICA, S.A.			X		X	X			
INDUKERN, S.A.			X						
INNOVAFOOD 2005, S.L.					X				
LAB. ENSAYOS Y ANÁLISIS GIRONA,			X		X				
LACTOTECNIA, S.L.								X	
LARBUS, S.A.							X		
LIPOFOODS, S.L.			X	X					
MEGAFARMA, S.A. DE C.V.					X				
MILLIKAN, S.A. DE C.V.					X				
MONTELOEDER, S L.			X						
NUTRITEC, S L.							X		
ORAFI ESPAÑA, S L.					X				
PULEVA BIOTECH, S.L.-EXXENTIA			X						
QUIMIDROGA, S.A.		X		X	X	X			
SAFE IBEROAMERICANA, S.A. DE C.V.		X							
TECOMM INGREDIENTS, S.L.		X	X	X					
TRADES, S.A.		X	X		X		X		
VITAE CAPS, S.A.			X	X					
ZEUS QUÍMICA, S.A.		X	X			X	X	X	

(1) Incluye inulina, oligosacáridos y fructooligosacáridos.

(2) Incluye DHA y EPA.

FUENTE: (DEIA, 2009)