

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**NUTRACEUTICOS EN ESPARRAGO:
FLAVONOIDES Y SAPONINAS.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

JOHANA ANDREA CARRASCO TILLERIA

**TEMUCO – CHILE
2010**

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**NUTRACEUTICOS EN ESPARRAGO:
FLAVONOIDES Y SAPONINAS.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

JOHANA ANDREA CARRASCO TILLERIA

**TEMUCO – CHILE
2010**

NUTRACEUTICOS EN ESPARRAGO: FLAVONOIDES Y SAPONINAS.

PROFESOR GUIA:

RODOLFO PIHAN SORIANO

INGENIERO AGRÓNOMO

DPTO. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.

PROFESOR CONSEJERO:

EMMA BENSCH TAPIA.

INGENIERO AGRÓNOMO.

FAC. DE CIENCIAS AGROPECUARIA.

INDICE

Capítulo		Páginas
1	INTRODUCCION	1
2	CRITERIOS CARACTERISTICAS DE LOS NUTRACEUTICOS	5
3	VALOR DIETETICO DEL ESPARRAGO	6
4	COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL ESPARRAGO	9
5	COMPOSICION QUIMICA DE LOS FLAVONOIDES Y LAS SAPONINAS	10
5.1.1	Flavonoides en espárrago	10
5.1.2	Composición y química de los flavonoides	12
5.1.3.	Actividades biológicas de los flavonoides	16
5.1.3.1	Acción antioxidante	16
5.1.3.2	Acción anticarcinogénica	17
5.1.3.3	Otras actividades biológicas	18
5.1.2	Saponinas en espárrago	19
5.1.3	Composición y química de las saponinas	20
5.1.4	Actividades biológicas de las saponinas	23
5.1.4.1	Actividad antibacteriana	23
5.1.4.2	Actividad antifungica/antilevadura	23
5.1.4.3	Actividad citotóxica y antitumoral	24
5.1.4.4	Actividad hipocolesterolémica	24
5.1.4.5	Otras actividades	24
6	Evaluación de la capacidad antioxidante	25
7	Factores que influyen sobre la distribución y contenido de sustancias fitoquímicas en alimentos	27
8	Conclusión	30
9	Resumen	31
10	Summary	32
11	Literatura citada	33

1. INTRODUCCION

El término NUTRACÉUTICO fue acuñado desde “nutrición” y “farmacéutico” en 1989 por el Dr. Stephen DeFelice, Presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina (Foundation for Innovation in Medicine, FIM), en Cranfor, Nueva Jersey, Estados Unidos. El Dr. DeFelice definió la Nutracéutica como “un alimento o parte de un alimento que proporciona beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y/o el tratamiento de enfermedades”. con capacidad terapéutica definida, a parte de su papel nutritivo básico desde el punto de vista material y energético; también son productos de origen natural con propiedades biológicas activas.

Realmente DeFelice puso nombre a un concepto que venía siendo utilizado por el hombre desde el paleolítico y que ya se encontraba en pleno desarrollo en países industrializados, como por ejemplo Japón, donde no sólo sabían sino que ya utilizaban los alimentos como medicamentos.

El desarrollo de los compuestos nutracéuticos en las hortalizas ha tenido un tremendo impacto en la forma de visualizar la alimentación de adultos y niños. Considerando los problemas más frecuentes de obesidad, enfermedades crónicas y terminales, ha impulsado en muchos países a campañas para incrementar estos alimentos.

Un nutracéutico no actúa solo, sino en combinación con los compuestos nutricionales de los alimentos, los cuales favorecen su absorción, transporte a los tejidos, metabolismo y función protectora. Por ello, el consumo de hortalizas debe considerarse en forma permanente dentro de la dieta.

El aumento de la población que empieza a reconocer los alimentos por su verdadera calidad nutricional y nutracéutica, también se traduce en un desafío para que la agricultura para que provea alimentos hortícolas con valor agregado, donde la investigación debe jugar un rol de vanguardia, especialmente en lo referido al mejoramiento genético y el estudio de los efectos del ambiente sobre la calidad.

Los nutraceuticos no son nutrientes asociados con deficiencias en la dieta, sin embargo, son compuestos cuyo consumo ha sido asociado con la prevencion y el tratamiento de enfermedades. En algunos casos la evidencia cientifica sobre los beneficios en la salud humana es tan solida y reconocida por la comunidad cientifica internacional que los compuestos han sido avalados por agencias regulatorias gubernamentales como la Administracion de Alimentos y Drogas (FDA), quiere decir que tiene que haber estudios que prueben de su accion preventiva contra las enfermedades.

Este nuevo concepto merece investigacion cientifica participativa tambien de los privados, con el fin de establecer el mecanismo de funcionamiento biologico para conseguir una mejor salud y calidad de vida de la poblacion, y sistemas de produccion horticola que permitan competir mejor en los mercados internos y de exportacion.

Los nutraceuticos son el mundo de los medicamentos de origen natural. Cabe destacar que son productos con propiedades biologicas activas, beneficiosas para la salud y con capacidad preventiva y/o terapeutica definida. El mercado de los nutraceuticos apunta a una clara expansion. Tal vez por este motivo, las definiciones y los conceptos andan un tanto revueltos.

El volumen mundial de nutraceuticos en la actualidad es de 6.000 MM US\$ y 4.000 MM US\$ en EEUU. Se espera que el mercado de los nutraceuticos crezca en los proximos cinco años a tasas del 18-20%, dominado principalmente por los productos dieteticos y en segundo lugar por los medicamentos naturales. La demanda mundial de ingredientes nutraceuticos se pronostica en un aumento de 5,8% anualmente, con 15,5 MM US\$ para el año 2010. En ese año, estos compuestos servirán un mercado global proyectado en 197 MM US\$, para preparaciones alimenticias y medicinas naturales. Debido a la evidencia clinica y cientifica de subsidios para la seguridad en contra de enfermedades, las mejores oportunidades mundiales de crecimiento para ingredientes nutraceuticos emergerán en añadidos funcionales de luteína, licopeno, ácidos grasos omega-3, probióticos, calcio y magnesio (MARKET RESEARCH, 2007).

Con el objetivo de aportar un panorama global de los ingredientes nutraceuticos que están siendo utilizados, o están en proceso de desarrollo, éstos se pueden clasificar de acuerdo con las propiedades de actividad biológica que presentan, lo cual está directamente relacionado con su estructura química. Es común escuchar información sobre el consumo de antioxidantes este grupo de nutraceuticos encabezan esta clasificación. En general, los seres humanos estamos expuestos a un gran número de “agentes oxidantes” como la contaminación, el estrés, humo del cigarro, entre otros. Además, nuestro cuerpo produce los denominados radicales libres, que pueden causar la oxidación de membranas y daño al ADN desencadenando una serie de reacciones no deseables que conocemos comúnmente como cáncer, problemas cardiovasculares y envejecimiento.

El objetivo general del presente estudio, fue investigar antecedentes actualizados en base a una exhaustiva revisión bibliográfica dentro del ámbito científico mundial acerca de los nutraceuticos más representativos del espárrago verde, además de su rol como antioxidante y otros beneficios para la salud en los seres humanos. Como objetivos específicos se contemplaron los siguientes:

- Conocer el impacto de los nutraceuticos en la actualidad.
- Analizar la composición molecular y química de los nutraceuticos en espárrago
- Investigar propiedades benéficas de los nutraceuticos

Para la realización del estudio se recopiló y analizó información existente en revistas electrónicas ISI de alto impacto mundial, tales como Journal Agricultural Food Chemistry, Plant Biology, Food Chemistry, Phytochemistry, Postharvest Biology and Technology, Analytical Chemistry, Food Technology, Japanese Journal of Cancer Research, Food Research Internacional, Journal nutrition, Journal of Food Composition and Analysis, Journal Clinic Nutrition, entre otras, a través del motor de búsqueda SCIENCE DIRECT, ESCOPUS, EBSCO, SHOOULAR GOOGLE, entre otros. Esta información fue complementada con publicaciones especializadas en el Agro, química y salud, disponibles en Internet.

Para satisfacer los objetivos propuestos, la estructura del trabajo comprende siete capítulos centrales, más un capítulo final que expone las conclusiones obtenidas. El primer capítulo se describe a los nutraceuticos como término, además de su origen e impacto en la comunidad. El segundo capítulo aborda los criterios y las características de los nutraceuticos. El tercer capítulo aborda el espárrago y sus características nutricionales. El cuarto capítulo trata los componentes bioactivos del espárrago. En el quinto capítulo se describe la composición y estructura de los nutraceuticos más importantes del espárrago flavonoides y saponinas destacando la importancia ante la prevención en enfermedades crónicas. El sexto capítulo trata la capacidad antioxidante de las frutas y hortalizas. En el séptimo capítulo se revisan factores que influyen sobre la distribución y contenido de sustancias fitoquímicas en alimentos. Al final del documento, se incluye un resumen del mismo.

2. CRITERIOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS NUTRACEUTICOS

Al hablar de nutraceuticos estamos hablando de una medicina biológica y de una categoría muy amplia de productos que deben cumplir los siguientes criterios:

- Ser productos de origen natural.
- No aportan calorías
- Aislados y purificados por métodos no desnaturalizantes
- Que aporten efectos beneficiosos para la salud:
 1. Mejora de una o más funciones fisiológicas
 2. Acción preventiva y/o curativa
 3. Mejora de la calidad de vida
- Que aporten estabilidad temporal.
- Análisis químico. Con análisis de estabilidad y toxicología.
- Estudios reproducibles de sus propiedades bioactivas
- Investigación y desarrollo de acuerdo con los métodos más avanzados.
- Proceso de desarrollo y validación siguiendo criterios científicos equiparables a cualquier otro medicamento (Criterios FDA).
- Que aporten reproducibilidad, calidad, seguridad y eficacia.
- Composición química. Son sustancias complejas de diversa naturaleza, no son elementos, en el sentido químico de la palabra.
- Sólo en vegetales. Sobre todo en verduras, hortalizas, legumbres y frutas
- Se encuentran en cantidades de miligramos e incluso microgramos por cada 100g de alimento, solamente detectables mediante modernos métodos de análisis químico.
- Numerosos. Se sabe que existen cientos y posiblemente miles de elementos fitoquímicos diferentes, aunque hasta ahora solo se han investigado las propiedades salutíferas de unas cuantas decenas de ellos.
- No son nutrientes. No se los considera nutrientes clásicos, pues no se ha demostrado que su deficiencia produzca síntomas patológicos y tampoco se ha podido determinar cual es la cantidad diaria recomendada. } <http://www.bersant.cl>.

3. VALOR DIETÉTICO DEL ESPÁRRAGO

Existen diferencias notables en la composición nutricional del espárrago según sea blanco o verde. En general, el contenido en nutrientes es mayor en el espárrago verde que en el espárrago blanco, excepto en proteínas y azúcares que es mayor en el blanco. En la Tabla 1 se presentan valores medios de concentración de nutrientes según datos recopilados de varios autores. (Espejo et al., 2000).

Desde el punto de vista nutricional, el espárrago verde proporciona un aporte calórico bajo, alrededor de 22-35 kcal/100 g, por lo que se le considera un alimento poco energético, ideal para su inclusión en dietas de adelgazamiento. El aporte medio de macronutrientes por 100 g de espárrago verde es: 2-4 g de proteínas; 3-4,5 g de hidratos de carbono, y en cuanto a lípidos, los niveles son de trazas. Cuentan con una importante presencia de minerales como potasio, fósforo, calcio y magnesio, y un alto contenido en vitaminas B1, B2, B3, C, A y E (Amaro et al., 1995, 1999). Contiene también ácido fólico y proteínas vegetales de gran calidad.

Esta hortaliza es muy saludable porque su consumo es totalmente natural (no lleva aditivos). Su alto contenido en fibras facilita la digestión y reduce el nivel de grasas del organismo. Su bajo contenido en hidratos de carbono (el 3,5%) permite su consumo a los diabéticos. Además, cuenta con potasio que tiene un efecto diurético, con selenio que retarda el envejecimiento, con vitamina A que favorece la vista y el buen estado de la piel y vitamina B que mantiene el buen funcionamiento del sistema nervioso.

Tabla 1. Composición nutricional del espárrago fresco.

Características	Espárrago Blanco	Espárrago Verde
Humedad	93-94 %	92-93 %
Proteína	2,8 %	1,9 %
Azúcares totales	4 %	3 %
Lípidos	Trazas	Trazas
Calorías	25 cal/100 g	22 cal/100 g
Fibra	0,9 %	0,9 %
Fósforo	60 mg/100 g	75 mg/100 g
Calcio	26 mg/100 g	40 mg/100 g
Magnesio	16 mg/100 g	21 mg/100 g
Sodio	4 mg/100 g	4 mg/100 g
Potasio	360 mg/100g	370 mg/100g
Cobre	0,02 mg/100 g	2,5 mg/100 g
Hierro	0,03-0,2 mg/100 g	1,2-1,9 mg/100 g
Manganeso	0,01 mg/100g	0,3-0,5 mg/100g
Zinc	0,04 mg/100 g	0,7 mg/100 g
Cromo	0,007mg/100 g	0,007mg/100 g
Vitamina A	50 U.I./100 g	980 U.I./100 g
Vitamina B1	0,11 mg/100 g	0,23 mg/100 g
Vitamina B2	0,08 mg/100 g	0,15 mg/100 g
Vitamina B3	1,1 mg/100 g	2,2 mg/100 g
Vitamina C	28 mg/100 g	48 mg/100 g

Fuente: Amaro M.A. 1993. Variaciones del contenido de elementos minerales en espárrago (*Asparagus officinalis*, L.). Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba.

Las características organolépticas y los usos culinarios de cada tipo de espárrago son diferentes. El verde se caracteriza por tener mayor valor nutritivo, textura carnosa y firme, aroma más intenso y sabor ligeramente más dulce, mientras el blanco tiene un mayor contenido en azúcares y más fibra.

En resumen, el espárrago es un alimento refrescante y digestivo, que puede ser considerado dietético ya que apenas aporta calorías, y es un buen amigo del riñón, por su carácter diurético y del corazón, al que tonifica. Se recomiendan en caso de astenia física o intelectual, convalecencia, anemia. Ejerce una acción de drenaje en el hígado, riñones, intestinos, pulmones y piel.

Además, recientemente se le ha descrito como uno de los alimentos más indicados para prevenir el cáncer de colon e incluso, según investigaciones realizadas por un equipo de científicos estadounidenses, se le atribuyen acciones inhibitorias sobre el crecimiento de las células de la leucemia humana.

La relación entre dieta y enfermedad no es algo nuevo por lo que es importante resaltar el lugar que ocupan los futuristas alimentos nutraceuticos. Desde los inicios del siglo XX ya conocemos la necesidad de ingerir macro-nutrientes como las proteínas, carbohidratos y grasas, así como micro-nutrientes, en donde se incluyen a las vitaminas y minerales esenciales. Sabemos que las deficiencias de estos nutrientes producen síndromes de malnutrición y deficiencias vitamínicas muy conocidas.

4. COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL ESPÁRRAGO

El espárrago, además de ser una hortaliza muy apreciada por sus características organolépticas y nutricionales, se puede considerar un alimento de gran calidad funcional ya que contiene diversos fitoquímicos que le confieren una potencial actividad biológica importante (Bast, 2005). Entre estos hay que destacar fenoles (como ácidos hidroxicinámicos y flavonoides), saponinas, esteroides, fructanos y polisacáridos de la pared celular. Desde hace siglos, las culturas orientales milenarias han usado los extractos de espárrago como tónico, laxante, antitusivo, diurético, etc. Estudios farmacológicos más recientes (Yu et al., 1996; Kamat et al., 2000; Wiboonpun et al., 2004) han mostrado que dichos extractos poseen diversas actividades biológicas, siéndole especial interés la capacidad antioxidante y la actividad antitumoral, si bien estas siempre han sido medidas en ensayos in vitro. A estas dos actividades hay que añadir la capacidad de algunos de los componentes del espárrago, como los esteroides y las saponinas, de influir sobre el metabolismo lipídico y ayudar a disminuir los niveles de colesterol en el organismo.

Dentro del propio tallo se ha visto que existen diferencias en la concentración de compuestos bioactivos. Así, se ha descrito que la parte inferior del tallo (la que se desecha durante el procesado) contiene 100 veces más protodioscina (saponina principal del espárrago) que la punta y 30 veces más que la parte intermedia. Sin embargo la punta es la parte del espárrago que contiene más rutina (principal flavonoide del espárrago). Si bien hay que comentar que las diferencias en contenido de rutina por zona del tallo no son tan grandes como en el caso de la protodioscina, lo cual indica que la parte que se desecha en el procesado del espárrago puede servir como fuente de ambos compuestos (Wang et al., 2003).

Los principales grupos de componentes bioactivos en el espárrago son:

- Flavonoides y saponinas: son los fitoquímicos mayoritarios y en su mayoría ellos se solubilizan en los extractos acuosos y etanólicos.

5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS FLAVONIDES Y LAS SAPONINAS.

5.1 Flavonoides en espárrago

Estudios realizados sobre composición química y actividad biológica de espárragos de distintas variedades y procedencia, han revelado que los factores genéticos y medioambientales (clima, tipo de suelo, etc.) influyen considerablemente en el contenido fenólico y en la capacidad antioxidante de los turiones.

Los principales fenoles del espárrago verde son los flavonoides, concretamente los glicósidos de flavonoles (Guillán et al., 2008). Existen numerosos trabajos sobre el papel de los flavonoides en la prevención de distintas enfermedades, basados en la alta capacidad antioxidante que presentan estos compuestos (Harbone et al., 2000; Nijveldt et al., 2001). En los últimos años se ha comenzado a estudiar más en profundidad los mecanismos que controlan su metabolismo y biodisponibilidad en el organismo.

Durante algún tiempo se pensó que la cantidad de flavonoides absorbida era despreciable, debido a que en la mayoría de los casos estaban en forma de glicosidos. Sin embargo, desde hace unos años se sabe que esto no es así (Hollman et al., 1998; Spencer, 1999; Rechner et al., 2002; Ross et al., 2002).

Los derivados de quercetina, que representan el grupo mayoritario dentro de los flavonoles, han sido los más estudiados hasta el momento y los resultados obtenidos han revelado que los glicosidos de quercetina son ampliamente metabolizados en nuestro organismo (Hollman, 2004) y que algunos de sus metabolitos podrían jugar un papel destacado en la prevención de enfermedades relacionadas con procesos oxidativos, tales como enfermedades cardiovasculares y tumorales (Manach et al., 1998).

Los flavonoides han mostrado un efecto protector *in vitro* frente a distintos tipos de cáncer (colon, glándula mamaria, etc.). Por su capacidad antioxidante y captadora de radicales libres han mostrado poseer potenciales propiedades quimiopreventivas en distintos tipos de cáncer (Colic et al., 2000; Moon et al., 2006). En experimentos *in vitro* se ha confirmado el papel protector de la quercetina.

Los espárragos son asimismo una rica fuente de flavonoides, especialmente de rutina, que se destaca por ser un potente antioxidante que protege de los rayos ultravioletas, de la contaminación por metales tóxicos -como el plomo y el mercurio- y de numerosas sustancias químicas presentes hoy en los alimentos como los colorantes, los conservantes, etc. Asimismo inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (*LDL*) y tienen efectos antiinflamatorios y antialérgicos.

Y al limitar la acción de los radicales libres reducen el riesgo de cáncer, mejoran los síntomas alérgicos y de la artritis, aumentan la actividad de la vitamina C, bloquean la progresión de las cataratas y la degeneración macular, reducen los sofocos en la menopausia y alivian otros síntomas.

La rutina, cuyas propiedades antiinflamatorias, antiespasmódicas y antialérgicas son tan conocidas como su capacidad preventiva ante las infecciones bacterianas y el desarrollo tumoral. Sin olvidar que ayuda a absorber la vitamina C impidiendo su oxidación. Eso sí, en contraste con la *protodioscina*, abundante en la base del espárrago, el nivel más elevado de *rutina* está en la parte superior. “*Creo que si los consumidores fueran conscientes de los beneficios positivos para la salud de la rutina y la protodioscina escribe Chee-kok Chin- y además supieran que los espárragos son una fuente relativamente rica de ambas sustancias aumentaría la ingesta de los mismos. De hecho en Estados Unidos la mayoría de los consumidores prefiere hoy obtener los nutrientes deseables de alimentos naturales en vez de ingerir píldoras y suplementos. Por tanto, la obtención de protodioscina y rutina de los espárragos es una opción atractiva*”. Además cabe destacar que la rutina es el producto procedente de la actividad metabólica normal del espárrago verde. Su principal efecto en el organismo humano es el de aumentar la fortaleza de los capilares y regular su permeabilidad.

5.1.1 Composición y química de los flavonoides

Flavonoide (del latín flavus, "amarillo") Pigmento vegetal no nitrogenado, es el término genérico con que se identifica a una serie de metabolitos secundarios de las plantas. Se han descrito más de 5000 flavonoides naturales. Son sintetizados a partir de una molécula de fenilalanina y 3 de malonil-CoA, a través de lo que se conoce como "vía biosintética de los flavonoides". La estructura base, un esqueleto C₆-C₃-C₆, puede sufrir posteriormente muchas modificaciones y adiciones de grupos funcionales, por lo que los flavonoides son una familia muy diversa de compuestos, aunque todos los productos finales se caracterizan por ser polifenólicos y solubles en agua.

Los flavonoides que conservan su esqueleto pueden clasificarse, según las isomerizaciones y los grupos funcionales que les son adicionados, en 6 clases principales: las chalconas, las flavonas, los flavonoles, los flavandioles, las antocianinas, y los taninos condensados, más una séptima clase, las auronas, tenidas en cuenta por algunos autores por estar presentes en una cantidad considerable de plantas. También el esqueleto puede sufrir modificaciones, convirtiéndose entonces en el esqueleto de los isoflavonoides o el de los neoflavonoides.

Los flavonoides poseen una gran variabilidad en la composición química de sus productos finales y en los mecanismos de regulación de su biosíntesis, por lo que la composición y concentración de flavonoides es muy variable entre especies y en respuesta al ambiente. Estos son sintetizados en el citoplasma y luego migran hacia su destino final en las vacuolas celulares. Cumplen funciones metabólicas importantes en las plantas, algunas son comunes a todas las plantas y otras son específicas. Como ejemplo de funciones universales, los flavonoides son responsables de la resistencia de las plantas a la fotooxidación de la luz ultravioleta del Sol, intervienen en el transporte de la hormona auxina, y se cree que funcionan como defensa ante el herbivorismo. Otra función importante cumplida en muchas plantas es la atracción de los animales polinizadores, a través del color o el olor que dan a la planta o a sus flores. (Formica et al., 1995).

Son constituyentes de la parte no energética de la dieta humana pero nuestro organismo no puede sintetizarlos y deben, por tanto, obtenerse mediante la alimentación (frutas, verduras y diversas bebidas como vino, cerveza y te) o en forma de suplementos. Aunque los hábitos alimentarios son muy diversos en el mundo, el valor medio de ingesta de flavonoides se estima en 23 mg/día. (Martinez-Florez et al., 2002).

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto común de difenilpiranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterociclico) con diferente numero de grupos hidroxilo unidos a las estructuras de los anillos. Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 2 al 8, y los del anillo B desde el 2' al 6' (Khônau, 1976), según puede verse en la Fig. 1. La actividad de los flavonoides como antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química (Bors et al., 1990). Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C. En función de sus características estructurales se pueden clasificar en:

1. Flavanos, como la catequina, con un grupo -OH en posición 3 del anillo C,
2. Flavonoles, representados por la quercetina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
3. Flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo OH en posición 3 del anillo C.
4. Antocianidinas, que tienen el grupo -OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.

Tres características estructurales son importantes para su función:

- a) La presencia en el anillo B de la estructura catecol u o-dihidroxi;
- b) La presencia de un doble enlace en posición 2,3;
- c) La presencia de grupos hidroxilo en posición 3 y 5 (Letan, 1966).

La quercitina presenta las tres características, mientras que la catequina sólo presenta la segunda y la diosmetina la primera (fig. 2). A los flavonoles y las flavonas se unen azúcares,

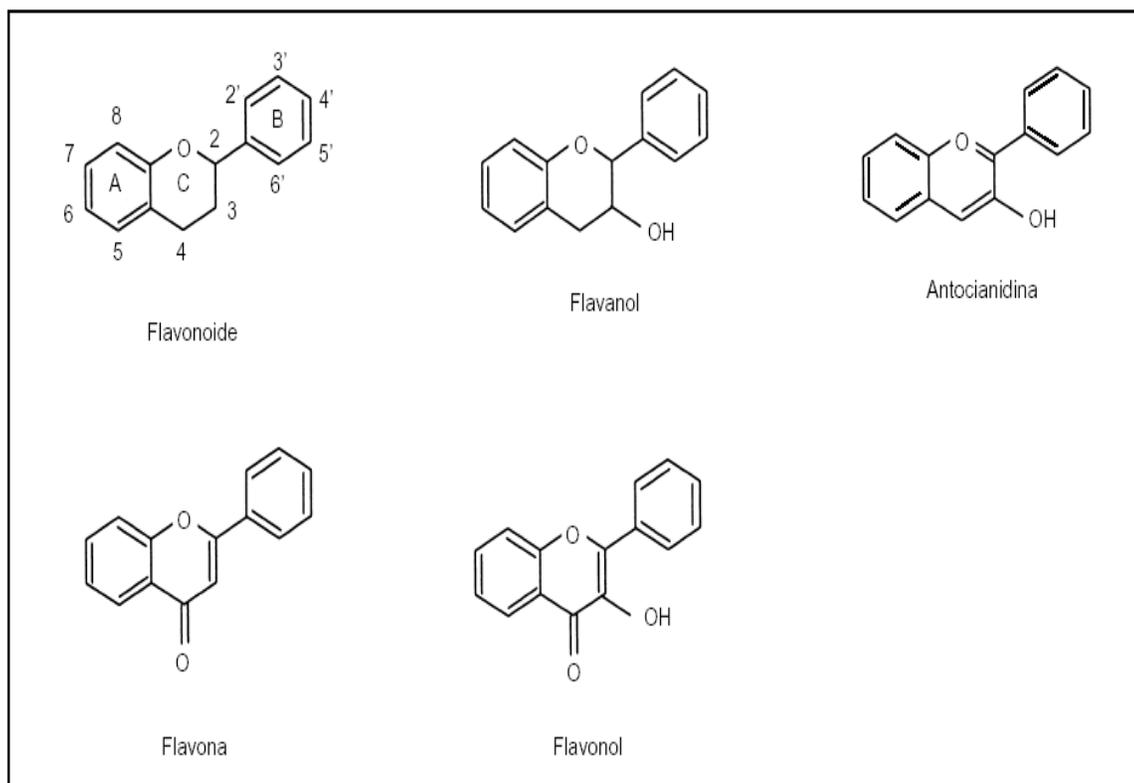


Fig. 1 Flavonoides. Estructura básica y tipos.

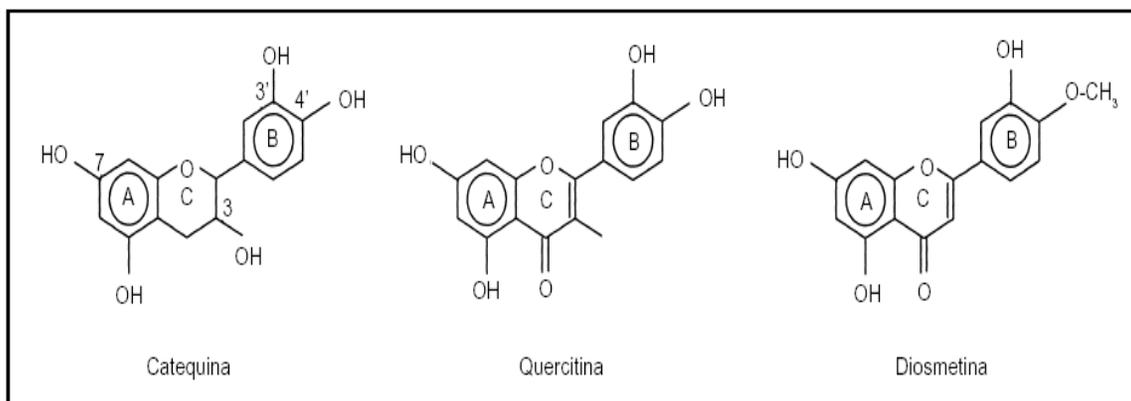


Fig. 2. Características estructurales de los principales tipos de flavonoides

La mayoría de estos compuestos se encuentran conjugados con azúcares, que pueden ser hexosas, desoxihexosas o pentosas y, en algunos casos, ácido glucurónico (Stobiecki, 2000).

Se han descrito desde flavonoides monoglicosídicos hasta pentaglicosídicos. Esta sustitución de azúcar, generalmente como O-glicósidos, tiene lugar principalmente en los hidroxilos de las posiciones 3-, 7- y 4 del núcleo del flavonoide (Ferrerres et al., 2004).

Así, a los flavonoides y las flavonas se unen a azúcares, preferentemente a la posición C3 y con menor frecuencia al C7 del anillo A, de forma que estos compuestos se encuentran comúnmente como O-glicósidos, siendo la D-glucosa el residuo de azúcar más frecuente. Otros residuos de azúcares son la D-galactosa, la L-ramnosa, la L-arabinosa, la D-xilosa, así como el ácido D-lucuránico.

La parte sin azúcares de la molécula flavonoide se llama aglicona. Los glicósidos son más solubles en agua y menos reactivos frente a radicales libres que su aglicona respectiva. Investigaciones recientes sobre la relación entre estructura y actividad han revelado que pequeñas diferencias en la estructura de un flavonoide conducen a cambios significativos en sus actividades biológicas (Ablajan et al., 2006).

No existe, en absoluto, riesgo para la salud. Al contrario, es un factor vitamínico con efectos saludables sobre los capilares.

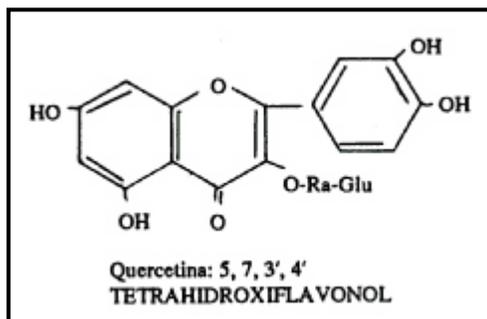


Fig.3. Estructura de la rutina

5.1.2 Actividades biológicas de los flavonoides

5.1.2.1 Acción antioxidante de los flavonoides

El creciente interés en los flavonoides se debe principalmente a su actividad antioxidante, la cual está estrechamente relacionada con su estructura (Hvattum et al., 2003). Los criterios químicos para establecer la capacidad antioxidante de los flavonoides (Bors et al., 1990) son:

- Presencia de estructura o-dihidroxi en el anillo B; que confiere una mayor estabilidad a la forma radical y participa en la localización de los electrones.
- Doble enlace conjugado con la función 4-oxo del anillo C (Rice-Evans et al., 1996; Cody et al., 1998).
- Grupos 3- y 5-OH con función 4-oxo en los anillos A y C necesarios para ejercer el máximo potencial antioxidante.

Siguiendo estos criterios, el flavonoide quercetina es el que mejor reúne los requisitos para ejercer una efectiva función antioxidante. Su capacidad es medida como equivalentes Trolox es de 4,7 mM, lo que resulta ser 5 veces mayor al demostrado por las vitaminas E y C y tiene una hidrosolubilidad similar a la de la vitamina E (Merck, 2000).

La función antioxidante de la quercetina muestra efectos sinérgicos con la vitamina C. El ácido ascórbico reduce la oxidación de la quercetina, de manera tal que combinado con ella el flavonoide mantiene sus funciones antioxidantes durante más tiempo.

Por otra parte, la quercetina protege de la oxidación a la vitamina E, con lo cual también presentan efectos sinérgicos. También se ha demostrado que el flavonoide inhibe la fotooxidación de la vitamina E en la membrana celular de las células sanguíneas en presencia de hematoporfirina como fotosensibilizador (Pace-Asciak et al., 1995).

Los flavonoides retiran oxígeno reactivo especialmente en forma de aniones superóxidos, radicales hidroxilos, peróxidos lipídicos o hidroperóxidos. De esta manera bloquean la acción nociva de dichas sustancias sobre las células. Sus efectos citoprotectores son, por ejemplo, bien patentes en fibroblastos de la piel humana, queratinocitos, células endoteliales y ganglios sensoriales cultivados en presencia de sulfoxina-butionina, un inhibidor irreversible de la glutatón sintetasa (Merck, 2000).

Diversos flavonoides han mostrado su eficacia para eliminar los procesos de peroxidación lipídica del ácido linoleico o de los fosfolípidos de las membranas, la peroxidación de los glóbulos rojos o la autooxidación de los homogeneizados de cerebro (Laughton et al., 1989; Ursini et al., 1994). Asimismo, se ha comprobado su potente capacidad de inhibir *in vitro* la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) por los macrófagos y reducir la citotoxicidad de las LDL oxidadas (Hirano et al., 2001; Terao et al., 2001). De hecho, las poblaciones que consumen productos ricos en flavonoides estadísticamente presentan menores riesgos de afecciones cardiovasculares (Hertog et al., 1996; Geleijnse et al., 2002)

5.1.2.2 Acción anticarcinogénica

Los flavonoides han demostrado poseer efectos antimutagénicos y anticarcinogénicos. Diversos datos experimentales han demostrado la acción antiproliferativa y anticarcinogénica, así como el papel de agente quimiopreventivo de los flavonoides (Hardigree et al., 1978; Stavric, 1994; Birt et al., 2001).

Entre los numerosos fenómenos que tienen lugar durante el proceso carcinogénico y que ofrecen opción para la modulación mediante factores externos, se encuentran la formación de metabolitos carcinógenos, que se forman por la acción de enzimas citosólicas y microsómicas. Estas enzimas controlan este paso crítico en el proceso carcinógeno. Estudios *in vivo* e *in vitro* han demostrado que los flavonoides pueden modular su actividad. Una posible explicación a estos efectos anticancerígenos podría derivarse del incremento que algunos flavonoides producen en las concentraciones intracelulares de

glutación a través de la regulación de la expresión de la enzima limitante en su síntesis (Myhrstad et al., 2002). Las mismas propiedades que caracterizan su actividad antioxidante, determinan que puedan presentar efectos prooxidantes. Debe destacarse que las propiedades prooxidantes y mutagénicas de los flavonoides se hallan unidas a la acción de eliminar radicales libres que tienen estos compuestos. Sin embargo, lo que determina el carácter antioxidante o prooxidante de esta reacción inicial es, como ya se mencionó previamente, la estabilidad/labilidad redox del compuesto radical formado a partir del flavonoide original. Ahora bien, dichas acciones prooxidantes sólo parecen producirse cuando las dosis de flavonoides utilizadas son muy altas (Da Silva et al., 2002).

5.1.2.3 Otras actividades biológicas

El creciente interés en los flavonoides se debe a la apreciación de su amplia actividad farmacológica. Pueden unirse a los polímeros biológicos, tales como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ; catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres (Saskia et al., 1998). Debido a este hecho se han descrito efectos protectores en patologías tales como diabetes mellitus, cáncer, cardiopatías, infecciones víricas, úlcera estomacal y duodenal, e inflamaciones (Saskia et al., 1998). Otras actividades que merecen ser destacadas son sus acciones antivirales y antialérgicas (Vrijssen et al., 1988), así como sus propiedades antitrombótica y antiinflamatoria (Swies et al., 1984; Gryglewki et al., 1987; Alcázar et al., 1988; Brasseur et al., 1989).

Además, los flavonoides presentan otras propiedades que incluyen la estimulación de las comunicaciones a través de las uniones en hendidura, el impacto sobre la regulación del crecimiento celular y la inducción de enzimas de detoxificación, tales como las monooxigenasas dependientes de citocromo P-450, entre otras (Stahl et al., 2002).

5.2 Saponinas en espárrago

Las saponinas son glicósidos de terpenoides que se distribuyen ampliamente en el reino vegetal (Kite et al., 2007). Están presentes en todas las plantas del género *Asparagus* y son las principales responsables del sabor amargo-dulce característico de este producto.

Las saponinas del espárrago pertenecen al grupo de glicósidos esteroideos (Schwarzbach et al., 2006). En la especie *Asparagus officinalis* L. la principal es la protodioscina ($C_{51}H_{84}O_{22}$) [Wang et al., 2003].

Son el grupo de metabolitos secundarios que se han encontrado en mayor número de especies vegetales, muchas de ellas usadas en medicina tradicional. También se han descrito en algunos organismos marinos (Oleszek y Bialy, 2006). Recientemente, varios productos naturales que contienen saponinas en su composición, están empezando a ser considerados como posibles suplementos nutricionales, ya que estas saponinas actúan como principios activos útiles en el control de la hipercolesterolemia, hiperlipidemia, hiperglucemia y obesidad (Han et al., 2002; Bramlett et al., 2003).

Las saponinas han mostrado un efecto protector *in vitro* frente a distintos tipos de cáncer (colon, leucemia, etc.). Distintas saponinas esteroideas, similares a las existentes en el espárrago, han demostrado tener efecto tanto citostático como citotóxico en células HL-60 de leucemia humana (Mimaki et al., 1998, 2001a; González et al., 2003), así como acción antiproliferativa en la línea murina 26-L5 de carcinoma de colon y en la de fibrosarcoma humana HT-1080 (Tran et al., 2001). Incluso saponinas esteroideas de otras especies de espárragos han mostrado propiedades citotóxicas frente a diversas líneas tumorales de cáncer (Koo et al., 2000; Kim et al., 2005).

Poseen propiedades surfactantes y cuando se agitan en soluciones acuosas producen una espuma jabonosa estable (Vincken et al., 2007). De acuerdo con Haralampidis et al. (2002), se conoce muy poco sobre las enzimas y rutas bioquímicas implicadas en la biosíntesis de saponinas en las plantas.

5.2.1 Composición y química de las saponinas

Las saponinas son moléculas complejas consistentes en una aglicona apolar unida a uno o más monosacáridos (Oleszek, 2002). Se pueden clasificar en dos grupos basados en la naturaleza de su aglicona (Bruneton, 1995):

-Saponinas esteroideas: están casi exclusivamente en las plantas angiospermas monocotiledóneas. A este grupo pertenecen las saponinas del espárrago.

- Saponinas triterpénicas: son las más comunes y aparecen principalmente en las angiospermas dicotiledóneas.

Sin embargo, hay que destacar que algunos autores distinguen un tercer grupo llamado aminas esteroideas, clasificadas por otros autores como alcaloides esteroideos (Bruneton, 1995).

Las saponinas esteroideas pueden ser de tipo espirostanos y furostanos. Las primeras consisten en una aglicona esteroidea, una estructura de espirostanos de C₂₇, constando generalmente de una estructura de 6 anillos (fig. 4-A). En las segundas el grupo hidroxilo de la posición 26 es ocupado por un enlace glicosídico, y así la estructura de la aglicona permanece pentacíclica (fig. 4-B). Las saponinas triterpénicas constan de una aglicona triterpénica, que tiene una estructura de C₃₀ pentacíclica (fig. 4-C). (Wang et al., 2003).

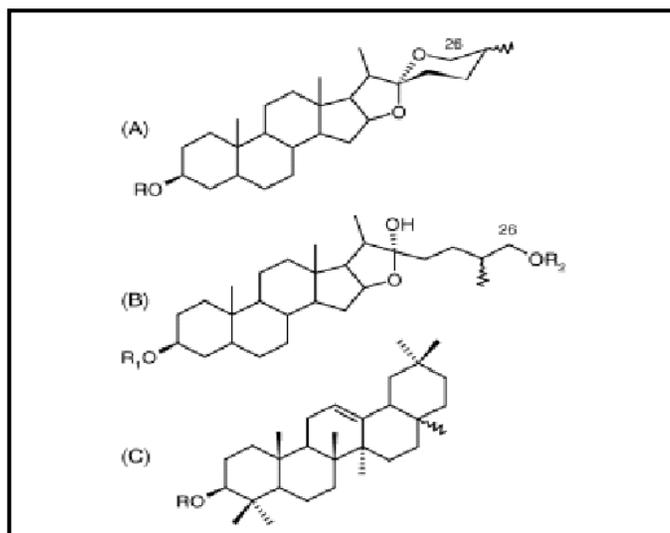


Fig.4. Estructura de las geninas de (A) saponinas esteroideas, tipo espirostando, (B) saponinas esteroideas, tipo furostando y (C) saponinas triterpénicas. R= azúcares.

Las agliconas en el caso de las saponinas reciben el nombre de geninas y las saponinas sin azúcares se denominan sapogeninas.

Ambos tipos de geninas pueden presentar un número diferente de sustituyentes (-H, -COOH, -CH₃). Las cadenas de azúcares pueden constar de uno, dos o tres monosacáridos (pentosas, hexosas o ácido glucurónico). El número de sustituyentes y las diferentes posibilidades de composición y de unión de las cadenas de azúcares producen una gran diversidad natural de estructuras de saponinas. Incluso en diferentes partes de una misma planta (raíz, tallo, hoja) se pueden encontrar saponinas con estructuras distintas (Oleszek y Bialy, 2006).

En cuanto a las saponinas el Instituto Nacional del Cáncer estadounidense reconoce en su diccionario sobre cáncer que son compuestos que además de ayudar a bajar el nivel de colesterol “puede tener efectos importantes contra el cáncer”. Chee-kok Chin, investigador del departamento de Biología y Patologías Vegetales de la Universidad Rutgers de New Jersey (EEUU) que ha dedicado buena parte de su trabajo a mejorar las propiedades del espárrago, asevera que una de tales saponinas, la protodioscina, no sólo es afrodisíaca y la ingesta de su extracto aumenta la libido en ambos sexos así como la producción de espermatozoides en el hombre sino que además reduce la absorción de lípidos, mejora la circulación sanguínea e inhibe el crecimiento de las células tumorales.

De hecho probó la protodioscina en la línea celular de la leucemia HL-60 constatando que inhibe eficazmente el crecimiento de esas células cancerosas por lo que tras proseguir sus investigaciones terminaría presentando la sustancia al Instituto Nacional del Cáncer –organismo encargado de evaluar las sustancias con potencial actividad antitumoral en diferentes grupos de líneas celulares de cáncer- demostrando que logra el mismo efecto en líneas celulares de colon y en melanomas.

Otros datos preliminares mostrarían que los ratones que consumen extracto acuoso de protodioscina presentaban una reducción significativa de aparición y crecimiento del cáncer de piel. Curiosamente el patrón de distribución muestra que la protodioscina se encuentra predominantemente en la parte inferior de los espárragos y sólo una pequeña fracción está situada en la parte superior.

Los glicósidos de furostanol constituyen un gran grupo de saponinas esteroideas. A este grupo pertenece la protodioscina (3-O-[α -L-ramnopiranosil-(1 \rightarrow 2)-{ α -L-ramnopiranosil- (1 \rightarrow 4)}- β -D-glucopiranosil]-26-O-[β -D-glucopiranosil]-25R)-furost-5-ene-3 β ,26-diol), que se ha descrito como la principal saponina del espárrago (Wang et al., 2003). Se trata de una diosgenina glicosilada (ver Figura 5) con cuatro residuos de azúcares consistentes en dos desoxihexosas, concretamente ramnosas, y dos hexosas, concretamente glucosas.

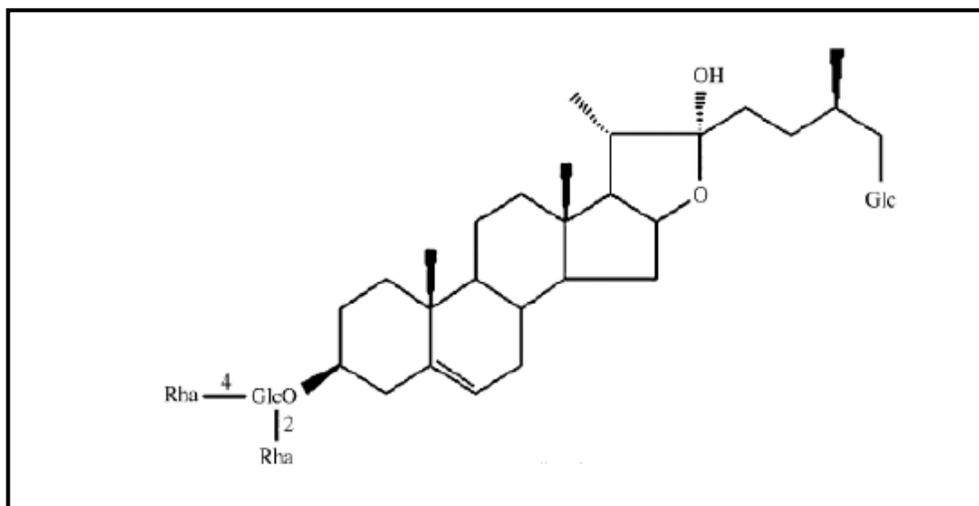


Fig. 5. Estructura de la protodioscina.

5.2.2 Actividades biológicas de las saponinas.

Como ya se ha comentado anteriormente, se ha establecido que las propiedades bioactivas de las saponinas dependen de su estructura. Pequeñas variaciones en ella dan lugar a variaciones sustanciales en las propiedades físicas, químicas y biológicas (Oakenfull, 1981). Así, por ejemplo, Mimaki et al. (2001a) concluyeron que la estructura de la parte de azúcar de las saponinas esteroideas jugaba un papel importante en la citotoxicidad específica frente a células tumorales.

La amplia diversidad química tanto de las saponinas triterpénicas como esteroideas ha dado lugar a un renovado interés y a investigaciones de estos compuestos en los últimos años, particularmente como potenciales agentes quimioterapéuticos. Entre las actividades biológicas de las saponinas destacan las siguientes (Sparg et al., 2004):

5.2.2.1 Actividad antibacteriana

Los tetraglicósidos de saponinas tienen una actividad antibacteriana más fuerte que los triglicósidos de saponinas (Konishi et al., 1998). Si bien hay que indicar que muchos estudios muestran que la actividad antibacteriana es débil.

5.2.2.2 Actividad antifúngica/antilevadura

La actividad antifúngica es mayor en las saponinas que en las sapogeninas y saponinas acetiladas, estando esta actividad altamente influenciada por el número de componentes monosacáridos y su secuencia (Mahato et al., 1982). Se ha visto inhibición del crecimiento de levaduras que deterioran alimentos, levaduras formadoras de velo y hongos y levaduras dermatofílicas (Miyakoshi et al., 2000).

5.2.2.3 Actividad citotóxica y antitumoral

Existen estudios sobre las destacadas propiedades citotóxicas de muchas saponinas. Sin embargo para su uso como agentes antitumorales hay que tener en cuenta que, aunque tengan una alta citotoxicidad, no siempre poseen propiedades antitumorales. Mimaki et al. (2001), en estudios de actividad citotóxica realizados con saponinas esteroideas aisladas de la dama de noche (*Cestrum nocturnum*) concluyeron que la estructura del resto de azúcar de estas saponinas parece jugar un papel importante en la citotoxicidad específica contra las células tumorales. Mimaki et al. (2001a) y Yokosuka et al. (2002) comprobaron en ensayos con saponinas esteroideas aisladas de plantas de la familia de las Liliáceas contra células promielocíticas de leucemia humana HL-60, que la actividad citotóxica estaba relacionada con los monosacáridos constituyentes de los restos de azúcar y sus secuencias, así como con la estructura de las agliconas. Incluso ligeras diferencias estructurales pueden afectar a dicha actividad. Marquina et al. (2001).

5.2.2.4 Actividad hipocolesterolímica

Saponinas de especies del género *Allium* han mostrado que disminuyen los niveles de colesterol total en plasma (Matsuura, 2001), afirmándose que las saponinas esteroideas son las responsables de los efectos de disminución del colesterol en el ajo. En una revisión bibliográfica sobre productos naturales y sus actividades biológicas se clasificaron a las saponinas como compuestos con actividad hipocolesterolímica (Wang y Ng, 1999).

5.2.2.5 Otras actividades

Las saponinas también han mostrado tener actividad antiinflamatoria, antiviral, antiparasitaria, antigenotóxica, antiulcerogénica, inmunoestimulante, efectos hepatoprotectores y neuroprotectores, molusquicida, hemolítica, afrodisíaca y de prevención y terapia de algunos efectos adversos de la nicotina.

6. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En los alimentos es necesario determinar la eficiencia de los antioxidantes naturales que protegen al alimento, contra el daño oxidativo, cambios deletéreos y pérdida de valor comercial y nutricional. Además, el potencial antioxidante en alimentos vegetales, requiere de métodos rápidos como herramientas útiles para seleccionar entre diferentes especies, variedades, grados de madurez y condiciones de cultivo. Por otra parte, la determinación del status antioxidante en sistemas biológicos puede contribuir a la prevención de diferentes enfermedades (Sánchez- Moreno, 2002).

Los métodos disponibles para medir capacidad antioxidante fueron revisados por Prior et al., (2005), sugiriendo para su estandarización tres ensayos: Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC), el ensayo de Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) y el método Folin-Ciocalteu. Los dos primeros son adecuados para medir capacidad antioxidante en alimentos y fluidos biológicos, y el último, como indicador de la capacidad antioxidante en función del contenido de polifenoles totales en el alimento. Ya se han reportado valores de capacidad antioxidante medida como ORAC para un gran número de productos alimenticios, incluyendo frutas y hortalizas frescas (Wu et al., 2004), en la Tabla 2 se muestran sólo algunos de los resultados obtenidos en productos de mayor consumo. No obstante, esta capacidad antioxidante total, no necesariamente refleja las condiciones fisiológicas celulares y no considera la biodisponibilidad y metabolismo de sus componentes. Además, los mecanismos de acción de los antioxidantes, van mas allá de la capacidad antioxidante de captura de radicales libres en la prevención de enfermedades (Liu y Finley, 2005).

El análisis de biodisponibilidad de los nutraceuticos partir de la fuente alimenticia puede ser muy variable, dado que existen muchos factores que la pueden influenciar. Por otra parte, los fitocomponentes están enlazados químicamente a otros compuestos, principalmente azúcares (galactósidos, ramnósidos, xilósidos, glucósidos) o a la fibra. Algunos factores como la digestión, etapa de cosecha y procesamiento del alimento, también influyen la biodisponibilidad de los fitoquímicos de los vegetales (Liu y Finley, 2005).

En resumen, los protocolos de investigación para evaluar la capacidad antioxidante en alimentos y particularmente en frutas y hortalizas, van más allá de la identificación y cuantificación de los compuestos fitoquímicos. Las estrategias deben continuar con la evaluación de su capacidad antioxidante mediante ensayos químicos (ORAC, TEAC, etc), y posteriormente probar su bioactividad en sistemas biológicos (in vitro), en este caso las pruebas más utilizadas son los ensayos de oxidación de la LDL-C (Low Density Lipoprotein-Cholesterol). Los resultados derivados de este último punto, son los que van a definir la última parte del estudio que puede tener dos vertientes: (1) evaluar el potencial antioxidante en frutos sometidos a algún tratamiento en particular, donde el objetivo es observar el efecto sobre el producto (pérdidas) esto es control de calidad y; (2) evaluar la respuesta al consumo de frutas y/o hortalizas sobre el potencial antioxidante en fluidos biológicos (animales y/o humanos) esto es biodisponibilidad. Sólo bajo este esquema de investigación, se puede concluir si un alimento puede ser incluido dentro de una dieta saludable.

7. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN Y CONTENIDO DE SUSTANCIAS FITOQUÍMICAS EN ALIMENTOS

Dada la importancia que los fitoquímicos pueden tener en la prevención de enfermedades resulta esencial definir los factores que influyen sobre su distribución y contenido en los productos vegetales. Por un lado, existen factores intrínsecos al propio vegetal (de origen genético), que llevan a que la composición en estas sustancias sea diferente no sólo entre distintos géneros o especies, sino incluso también entre variedades de un mismo producto.

Esta variabilidad relacionada con la información genética abre grandes expectativas a la posibilidad de obtener variedades enriquecidas en algunos de estos constituyentes de interés para la protección de la salud, ya sea mediante técnicas de selección y mejora tradicionales o de ingeniería genética, que ya se están aplicando.

A la hora de introducir cambios que afectan a la composición química del vegetal hay que tener en cuenta que un aumento excesivo en el contenido de alguna de estas sustancias no siempre es deseable, ya que, al tratarse de sustancias bioactivas, podría llevar a producir efectos tóxicos. De sobra son conocidas las propiedades bociógenas de los glucosinolatos, que se manifiestan sobre todo en el ganado que los consume en gran cantidad, e igualmente se han descrito efectos tóxicos para otros fitoquímicos (D'Mello, 1997), como los que puede plantear el consumo excesivo de flavonoides (Skibola; Smith, 2000).

Por otra parte, la composición en sustancias fitoquímicas va a estar influida por factores extrínsecos al vegetal, ligados a sus circunstancias de cultivo (factores agroambientales) y a las condiciones de conservación tras la recolección. Así, se ha demostrado que la presencia o ausencia de determinados nutrientes en el suelo y el exceso o déficit de riego pueden afectar a la composición fitoquímica de las frutas y hortalizas, tanto cuali- como cuantitativamente.

Se sabe que el calcio, el boro y el contenido en sustancias nitrogenadas del suelo tienen un efecto decisivo sobre el contenido en sustancias fenólicas antioxidantes e influir sobre su degradación por enzimas oxidativas (polifenoloxidasas) durante su posterior manipulación, conservación o procesado. El contenido en compuestos azufrados del suelo influye considerablemente sobre el contenido en glucosinolatos de las Brassicaceas y el de compuestos azufrados de los ajos y cebollas.

El grado de madurez de las diferentes frutas y hortalizas también influye de forma relevante sobre la composición fitoquímica, sin que exista un patrón de comportamiento general para todos los productos. Igualmente, el grado de iluminación e irradiación de las plantas y la temperatura de cultivo ejercen también una influencia importante sobre el contenido en sustancias fitoquímicas. Por ejemplo, se ha visto que la concentración de antocianos en las manzanas, granadas y la mayoría de las frutas pigmentadas con estas sustancias fenólicas, es notablemente superior en aquellos frutos que han crecido en zonas con temperaturas nocturnas más bajas; igualmente una mayor tasa de insolación favorece la acumulación de antocianos en el producto.

El grado de irradiación con luz UV puede también afectar al contenido de resveratrol en las uvas, de cumarinas en los cítricos y el apio y el de glucosinolatos en hortalizas brasicáceas.

Además de estos factores de tipo agronómico, se pueden producir cambios considerables en estos constituyentes durante la conservación tras la recolección. La conservación se lleva a cabo generalmente a bajas temperaturas, a las cuales suelen inducirse las enzimas responsables de la biosíntesis de algunas sustancias fitoquímicas, sobre todo las de naturaleza fenólica. Por esta razón, durante la conservación de determinadas frutas y hortalizas, se puede producir en algunos casos un aumento en los contenidos de determinados constituyentes de interés para la salud.

A veces, la conservación se lleva a cabo en condiciones específicas para disminuir la respiración y consecuentemente la actividad fisiológica del vegetal, lo que permite retrasar su maduración y ralentiza su deterioro. Esto se consigue mediante el empleo de atmósferas controladas y la técnica MAP (modified atmosphere packaging), consistente en disminuir el contenido en oxígeno y aumentar el de anhídrido carbónico en el ambiente que rodea a los productos. Estos tratamientos, que ayudan a prolongar la vida comercial de las frutas y hortalizas, también poseen marcados efectos sobre el contenido en sustancias fitoquímicas, que en algunos casos disminuyen y en otros casos aumentan, dependiendo del tipo de producto y de las condiciones empleadas.

También ejercen efectos interesantes los tratamientos post-cosecha con ozono o con irradiaciones con luz UV o radiación gamma, que en la mayoría de los casos conllevan un incremento en la biosíntesis de sustancias fitoquímicas de interés en la salud. La irradiación con luz UV, por ejemplo, induce la acumulación del anticancerígeno resveratrol en la uva de mesa o para vinificación, lo que mejoraría sus propiedades protectoras de la salud.

8. CONCLUSIÓN.

Los nutraceuticos son productos de origen natural con propiedades biológicas activas, beneficiosas para la salud y con capacidad preventiva y/o terapéutica definida. Es un punto a favor en medio de las necesidades que pueden ser suplidas de forma simple y sin repercusiones marcadas, así como altos beneficios que aún necesitan de un poco mas de tiempo para ser confirmados.

Los productos nutraceuticos nos ofrecen sus beneficios a la vez nutren las células de nuestro cuerpo, mejorando su funcionamiento y reestableciendo el equilibrio de los diversos aparatos y sistemas, mejorando así la calidad de vida de las personas que los consumen

Los deseos actuales de los consumidores se relacionan con alimentos saludables, alimentos dietéticos, alimentos energéticos, alimentos naturales; es decir: estar en forma y saludable, mantener una línea esbelta, poder practicar deportes en buenas condiciones, mantenerse joven de cuerpo y de espíritu, entre otras actividades.

En fin, los nutraceuticos tienen cualidades benéficas, ya que aumentan la acción de diferentes sustancias actuando en conjunto. Por otro lado, son productos, que si bien es cierto llevan un proceso dirigido por la mano del hombre, toman de los elementos naturales sus efectos curativos o terapéuticos. Y ofrecen productos nutritivos, ricos en vitaminas y minerales que ayudan a nuestro cuerpo a enfrentar el día a día, para mantener la salud.

9. RESUMEN

La tendencia mundial en alimentación, además del valor nutritivo de las hortalizas, está orientando al estudio de sus otros beneficios en el organismo humano. Esto ha generado una nueva área de las ciencias, que corresponde al concepto de los alimentos funcionales.

La identificación, cuantificación y efecto sobre la salud humana empiezan a ser importantes en la generación de variedades hortícolas con cualidades nutraceuticas. En varios países se desarrollan líneas de investigación con el objetivo de incrementar el contenido de los nutraceuticos por la vía del mejoramiento genético. Se trata de una oportunidad que Chile debe aprovechar en el mercado interno y para competir en el de exportación con un producto diferenciado.

El contenido de compuestos nutraceuticos de los cultivos también se ve influenciado por el manejo —nutrición, estrés de tipo abiótico, riego, disposición espacial en el campo, etc. y por las condiciones ambientales, que pueden estimular o frenar en las plantas la producción de este tipo de moléculas.

Es factible encontrar localidades con características de clima y suelo más aptas para la producción de hortalizas con mayores contenidos de nutraceuticos. Dichas condiciones impulsan a una producción más tecnificada, con utilización de técnicas de agricultura de precisión para elevar la calidad de las cosechas y llegar a mercados más exigentes con productos frescos y procesados. Debido a la información sobre las hortalizas como alimentos funcionales y nutraceuticos, se evidencia un aumento de la demanda por productos con características diferenciadas para la salud, especialmente en especies de alto consumo fresco e industrializadas.

10. SUMMARY

The global trend in food, in addition to the nutritional value of vegetables, is directing the study of its other benefits in the human body. This has created a new area of science, which corresponds to the concept of functional foods.

The identification, quantification and effect on the human health begin to be important in the generation of horticultural varieties with nutraceuticals qualities. In several countries lines of investigation with the aim of increasing the content of the nutraceuticos by the route of the genetic improvement are developed. One is an opportunity that Chile must be useful in the internal market and to compete in the one of export with a differentiated product.

The nutraceuticals compound content of the cultures also is influenced by the handling - nutrition, stress of abiotic type, irrigation, space disposition in the field, etc. and by the environmental conditions, which can stimulate or restrain in the plants the production of this type of molecules.

He is feasible to find localities with characteristics of climate and ground more apt for the production of vegetables with contained majors of nutraceuticals. These conditions impel to one more a technified production, with use of techniques of agriculture of precision to lift the quality of the harvests and to arrive process at more demanding markets with fresh products and. Due to the information on the vegetables like functional and nutraceuticos foods, an increase of the demand by products with characteristics differentiated for the health is demonstrated, especially in species of high fresh and industrialized consumption.

11. LITERATURA CITADA

Ashwell M. Concepts of functional foods. ILSI Europe concise monograph series. Brussels: ILSI Europe, 2002

Abdul-Hamid A., Luan Y.S. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chem.* 68, 15.19.

Ablajan K., Abliz Z., Shang X.-Y., He J.-M., Zhang R.-P., Shi J.-G. 2006. Structural characterization of flavonol 3,7-di-O-glycosides and determination of the glycosylation position by using negative ion electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J. Mass Spectrom.* 41, 352-360.

Adiotomre J., Eastwood M.A., Edwards C.A., Brydon W.G. 1990. Dietary fiber: In vitro methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 52, 128.134.

Ahmed A.R., Labavitch J.M. 1977. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. *J. Food Biochem.* 1, 361.365.

Alcázar M.J., Jiménez M.J. 1988. Flavonoids as anti-inflammatory agents. *Fitoterapia* 59, 25-38.

Al-Habori M., Raman A. 1998. Antidiabetic and hypocholesterolaemic Effects of fenugreek. *Phytother. Res.* 12, 233-242.

Amaro M.A., Moreno R., Zurera G., Sánchez P.J. 1999. Nutricional changes in the essential trace elements content of asparagus during industrial processing. *Food Res. Int.* 32, 479-486.

Amaro, M.A., Moreno, R., Zurera, G., García, R.M. 1995. Influence of vegetative cycle of asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) on copper, iron, zinc and manganese content. *Plant Foods Hum. Nutr.* 47, 349-355.

American Dietetic Association. 2008. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J. Am. Diet. Assoc.* 108, 1716-1731.

Anderson J.W., Smith B.M., Gustafson J. 1994. Health benefits and practical aspects of high-fibre diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 59 (supplement), 1242S-1247S.

Arai, S. 1996. Studies on functional foods in Japan-state of the art. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 60, 9.15.

Asp .G.; Johansson C.G. 1984. Dietary fibre analysis. *Quatr. Abstr. Rew. Clin. Quatr. Series A*, 54, 735-752.

CEACCU. Nuevas tendencias en nutrición: Los alimentos funcionales. Disponible en URL [www.ceaccu.org/web_txt/dieta_sana_alimentos_milagro_txt.htm] [Acceso 16 Septiembre 2010].

Bartolomé, T.J., Velázquez, R., Gómez-Aguado, M. (2006): “El Sector Hortícola”. En: *La Agricultura y Ganadería Extremeñas, Informe 2005*; pp. 189-209. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y Escuela de Ingenierías Agrarias de la UEX. Caja Badajoz. Badajoz.

Bast A. 2005. Functional food and nutraceuticals. En: *Proceedings of the XI International Asparagus Symposium in Acta Horticulturae*. Bazzano L.A., He J., Ogden L.G., Loria C.M., Whelton P.K. 2003. Dietary fiber intake and reduced risk of coronary heart disease in US men and women: The National Health and Nutrition Examination Survey I Epidemiologic Follow-up Study. *Arch. Intern. Med.* 163, 1897-1904.

Behr H.-C. 2006. International asparagus production and markets. En: *Proceedings of the XI International Asparagus Symposium in Acta Horticulturae*. Benages, S. 1990. *El espárrago*. Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao 179-212.

Benson B.L. 2008. 2005 Update of the world's asparagus production areas, spear utilization and production periods. *Proc. of 11th Int. Asparagus Symp. Acta Hort.* 776, 495-507.

Bingham S.A., Day .E., Luben R., Ferrari P., Slimani ., orat T., Clavel- Chapelon F., Kesse E, ieters A., Boeing H., Tjonneland A., Overvad K., Martinez C., Dorronsoro M., Gonzalez C.A., Key T.J., Trichopoulou A., aska A., Vineis P., Tumino R., Krogh V., Bueno-de-Masquita H., Peeters P.H.M., Berglund G., Hallmans G., Lund E., Skele G., Kaaks R., Riboll E. 2003. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): An observational study. *Lancet* 361, 1496-1501.

Birt D.F., Hendrich S., Wang W. 2001. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacol. Ther.* 90, 157-177.

Bors W., Heller W., Christa M. y cols. 1990. Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.* 186, 343-355.

Bramlett K.S., Houck K.A., Borchert K.M., Dowless M.S., Kulanthaivel P., Zhang Y., Beyer T.P., Schmidt R., Thomas J.S., Michael L.F., Barr R., Montrose C., Eacho P.I., Cao G., Burris T.P.. 2003. A natural product ligand of the oxysterol receptor, liver X receptor. *J. Pharmacol. Exp. Therapeutics.* 307, 291-296.

CEACCU. Nuevas tendencias en nutrición: Los alimentos funcionales. Revista digital del Instituto Nacional de Consumo. Organismos y Asociaciones. Disponible en URL [www.consumo-inc.es/revista/mayo/secciones/organismos/ceaccu.htm] [Acceso 16 junio 2010].

Centro Nacional de Medicina Complementaria y Alternativa, Institutos Nacionales de la Salud <http://www.nccam.nih.gov>

Chau C.-F., Chen C.-H., Lin C.-Y. 2004. Insoluble fiber-rich fractions derived from Averrhoa carambola: Hypoglycemic effects determined by in vitro methods. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 37, 331-335.

Chen J.H., Ho C.-T. 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. J. Agric. Food Chem. 45, 2374-2378.

Chin, C.K. 2006. Functional elements from asparagus for human health. In Proceedings of the XI international asparagus symposium in acta horticulturae.

Cody V., Middleton E., Harborne J.B. y cols. 1998. Plant flavonoids in biology and medicine. Biochemical, pharmacological and structure-activity relationships. Alan R. Liss, Qew York.

Colic M., Pavelic K. 2000. Molecular mechanisms of anticancer activity of natural dietetic products. J. Mol. Med. 78 (6), 333-336.

Coletto, J.M., García, A., Paniagua, L.L. (2006): "Fruticultura Extremeña. Diez años de esfuerzo exportador". En: La Agricultura y Ganadería Extremeñas, Informe 2005; pp. 211-230. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales y Escuela de Ingenierías Agrarias de la UEX. Caja Badajoz. Badajoz.

Coletto, J.M., Bartolomé, T.J., Velázquez, R. (2008): "Estudio Agroalimentario de la provincia de Badajoz y del Alentejo: Sector Hortofrutícola". Exma. Diputación Provincial de Badajoz – Adalid S.L.

Col·legi de Farmacèutics de la Província de Barcelona. Farmaceuticonline. Los alimentos funcionales: la nueva nutrición. Disponible en URL [www.farmaceuticonline.com/cast/familia/familia_alimentsfuncionals_c.html] [Acceso 16 septiembre 2010].

Comisión de las Comunidades Europeas. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las alegaciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Bruselas, 16.7.2003. 2003/0165(COD).

Comisión de las Comunidades Europeas. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la adición de vitaminas, minerales y otras sustancias determinadas a los alimentos. Bruselas, 10.11.2003. 2003/0262(COD).

Cozzolino V. Alimentos Funcionales. *Fármacos y Medicamentos* 2000;1 (5). Disponible en URL [www.plantasmedicinales.org/legisl/may2001/6.htm] [Acceso 16 septiembre 2010].

Culebras J.M., García de Lorenzo A., González-Gross M. Alimentos funcionales. *Nutr. Hosp.* 2004 19 (1). Disponible en URL [www.scielo.isciii.es/scielo.php] [Acceso 16 septiembre 2010].

Cummings J.H. 1996. *Metabolic and Physiological Aspects of Dietary Fibre*. Commission of the European Communities. Bruselas.

Cushine T, Lamb A.J. 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents* 26, 343-356.

Da Silva J., Herrmann S.M., Peres W., Possa Marroni ., Gonzalez Gallego J., Erdtmann B. 2002. Evaluation of the genotoxic effect of rutin and quercetin by comet assay and micronucleus test. *Food Chem. Toxicol.* 40, 941-947.

EUFIC. Principios básicos sobre alimentos funcionales. Disponible en URL [www.eufic.org/sp/quickfacts/alimentos_funcionales.htm] [Acceso 22 junio 2010].

Espín J.C., García-Conesa M.T., Tomás-Barberán F.A. 2007. Nutraceuticals: Facts and fiction. *Phytochem.* 68, 2986-3008.

FDA, Department of Health and Human Services. 1993. Health Claims: fruits and vegetables and cancer (Revised as of 1 April 2005). In: FDA, Code of Federal Regulations (vol. 2, Title 21. Chapter I. Subchapter B. Part 101. Subpart E. section 101.78). Rockville, MD: GPO.

Formica J.V., Regelson W. 1995. Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food Chem. Toxicol.* 33, 1061-1080.

Frydoonfar H.R, McGrath DR, Spigelman AD. 2003. The variable effect on proliferation of a colon cancer cell line by the citrus fruit flavonoid naringenin. *Colorectal Dis.* 5, 149. 152.

Fuentes-Alventosa J.M., Jaramillo S., Rodríguez-Gutiérrez G., Cermeño P., Espejo J.A., Jiménez-Araujo A. 2008. Flavonoid profile of green asparagus genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 56, 6977-6984.

Fuentes-Alventosa J.M., Jaramillo-Carmona S., Rodríguez-Gutiérrez G., Espejo- Calvo J.A., Rodríguez-Arcos R., Fernández-Bolaños J., Guillén-Bejarano R., Jiménez-Araujo A. 2009b. Effect of the extraction method on phytochemical composition and antioxidant activity of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chem.* 116, 484-490.

Fuentes-Alventosa J.M., Rodríguez G., Cermeño P., Jiménez A., Guillén R., Fernandez-Bolaños J., Rodríguez-Arcos R. 2007. Identification of flavonoide diglycosides in several genotypes of asparagus from the Hueter-Tajar population variety. *J. Agric. Food Chem.* 55, 10028.10035.

Fuentes-Alventosa J.M., Rodríguez-Gutiérrez G., Jaramillo-Carmona S., Espejo- Calvo J.A., Rodríguez-Arcos R., Fernández-Bolaños J., Guillén-Bejarano R., Jiménez-Araujo A. 2009a. Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus byproducts. *Food Chem.* 113, 665.671.

Fuentes-Alventosa, J.M. 2007. Caracterización de flavonoides y saponinas en el espárrago triguero de Hueter Tajar (Granada). Trabajo de Investigación correspondiente al Máster en Agroalimentación 2006/2007. Universidad de Córdoba.

Fuleki, T. 1999. Rutin, the main component of surface deposits on pickled green asparagus. *J. Food Sci.* 64, 252-254.

Funk C., Braune A., Grabber J.H., Steinhart H., Bunzel M. 2007. Moderate ferulate and diferulate levels do not impede maize cell wall degradation by human intestinal microbiota. *J. Agric. Food Chem.* 55, 2418.2423.

Fundación Grupo Eroski. Componentes que hacen a un alimento funcional. Disponible en URL [www.consumer.es/web/es/alimentos_funcionales/que_son/01-02.php] [Acceso 22 junio 2010].

Gallaher D.D., Locket P.L., Gallaher C.M. 1992. Bile acid metabolism in rats fed two levels of corn oil and brans of oat, rye and barley and sugar beet fiber. *J. Nutr.* 122, 473-481.

Garau M.C., Simal S., Rosselló C., Femenia A. 2007. Effect of air drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium v.*, Canoneta) by-products. *Food Chem.* 104, 1014.1024.

Gardner P.T., White T.A.C., McPhail D.B., Duthie G.G. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem.* 68, 471-474.

Geleijnse J.M., Launer L.J., Van der Kuip D.A., Hofman A., Witteman J.C. 2002. Inverse association of tea and flavonoid intakes with incident myocardial infarction: the Rotterdam study. *Am. J. Clin. Nutr.* 75, 880-886.

Gil M.I., Tomás-Barberán F.A., Hess-Pierce B., Holcroft D.M., Kader A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4581-4589.

González A.G., Hernández J.C., León F., Padrón J.I., Estévez F., Quintana J., Bermejo J. 2003. Steroidal saponins from the bark of *Dracaena draco* and their cytotoxic activities. *J. Qat. Prod.* 66 (6), 793-798.

González Vaqué L. El Reglamento (CE) 258/97 sobre nuevos alimentos: información al consumidor y evaluación de su seguridad. *Estudios sobre consumo* 1997; n° 42.

Gorinstein S., Zachwieja Z., Katrich E., Pawelzik E., Haruenkit R., Trakhtenberg S., Martin-Belloso O. 2004. Comparison of the contents of the main antioxidante compounds and the antioxidant activity of white grapefruit and its new hybrid. *Lebensm.-Technol.* 37, 337-343.

Graf BA, Milbury PE, Blumberg, JB: "Flavonols, flavones, flavanones, and human health: epidemiological evidence." *J Med Food* 8:281–290 (resumen aquí (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=16176136&dopt=Abstract)).

Gregory J., Foster K., Tyler H., Wiseman M. 1990. The dietary and nutritional survey of british adults. HMSO, London, UK.

Gryglewki R.J., Korbut R., Robak J., Swies J. 1987. On the mechanism of antithrombotic action of flavonoids. *Biochem. Pharmacol.* 36, 317-322.

Guillén R., Rodríguez R., Jaramillo S., Rodríguez G., Espejo J.A., Fernandez- Bolaños J., Heredia A., Jiménez A. 2008. Antioxidants from asparagus spears: Phenolics. *Acta Hort.* 776, 247.254.

Han L.K., Zheng Y. , Xu B.J., Okuda H., Kimura Y. 2002. Saponins from *Platycodi Radix* Ameliorate high fat diet-induced obesity in mice. *J. Qutr.* 132, 2241- 2245.

Haralampidis K., Trojanowska M., Osbourn A.E. 2002. Biosynthesis of triterpenoid saponins in plants. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 75, 31.49.

Harbaum B., Hubbermann E.M., Wolff C., Herges R., Zhu Z., Schwarz K. 2007. Identification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in pak choi varieties (*Brassica campestris* L. ssp.chichensis var. communis) by HPLC-ESI-MS and NMR and their quantification by HPLC-DAD. *J. Agric. Food Chem.* 55, 8251-8260.

Harbone, J.B. 1982. Introduction to ecological biochemistry. Academic Press, London, ISBN 0-12-324680-6.

Harborne J.B., Williams C.A. 2000. Advance in flavonoid research since 1992. *Phytochem.* 55, 481-504.

Hardigree A.A., Epler J.L. 1978 Comparative mutagenesis of plants flavonoids in microbial system. *Mutation Res.* 58, 231-239.

Harland B.F., arula G. 2001. Dietary fiber and mineral interaction. En: Handbook of Dietary Fiber, Cho S. y Dreher M. (eds.). Marcell Dekker, Inc. Nueva York, pp. 219-225.

Harris P.J. 1990. Plant cell wall structure and development. En: Microbial and Plant Opportunities to Improve Lignocellulose Utilization by Rumiant. Alkin, E.D. (ed.). Elsevier Sci. Publ. Co. Nueva York, pp. 71-90.

Hibasami H., Moteki H., Ishikawa K., Katsuzaki H., Imai K., Yoshioka K., Ishii Y., Komiya T. 2003. Protodioscin isolated from fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) induces cell death and morphological change indicative of apoptosis in leukemic cell line H-60, but not in gastric cancer cell line KATO III. *Intl. J. Mol. Med.* 11, 23.26.

Hirano R., Sasamoto W., Matsumoto A., Itakura H., Igarashi O., Kondo K. 2001. Antioxidant ability of various flavonoids against DPPH radicals and LDL oxidation. *Internal Medicine I, National Defense Medical College, Tokorozawa, Saitama, Japan. J. Qutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)* 47, 357-362.

Hirota S., Shimoda T., Takahama U. 1998. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales. *J. Agric. Food Chem.* 46, 3497.3502.

Hollman P.C.H. 2004. Absorption, Bioavailability, and Metabolism of Flavonoids. *Pharmaceutical Biol.* 42, 74-83.

Hollman P.C.H., Katan M.B. 1998. Bioavailability and health effects od dietary flavonols in man. *Archives of Toxicology. Supplement. Arch. Fur Toxicol.* 20, 237-248.

Hu F.B., Willett W.C. 2002. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *JAMA* 288, 2569-78.

Huggett, A.C., Schliter, B. 1996. Research needs for establishing the safety of functional foods. *Qutr. Rev.* 54, S143. S148.

Hvattum E., Ekeberg D. 2003. Study of the collision-induced radical cleavage of flavonoid glycosides using negative electrospray ionization tandem quadrupole mass spectrometry. *J. Mass Spectrom.* 38, 43-49.

Iiyama K, Lam T.B., Meikle P.J. Rhodes D.I., Stone B.A. 1993. Cell wall biosynthesis and its regulation. En: Forage cell wall structure and digestibility. Jung H.G., Buxton D.R., Hatfield R.D., Ralph J. (eds). Madison, Winscosin. pp. 621-683.

Iiyama K, Lam T.B., Stone B.A. 1990. Phenolic acid bridges between polysaccharides and lignin in wheat internodes. *Phytochem.* 29, 733-737.

Introducción: Hierbas y nutracéuticos medicinales (Manual “Merck”, Segunda Edición). <http://www.merck.com/mmhe/sec02/ch019/ch019a.html>

Jaramillo S., Rodríguez R., Jiménez A., Guillén R., Fernandez-Bolaños J., Heredia A. Effects of storage conditions on the accumulation of ferulic acid derivatives in white asparagus cell wall. *J. Sci. Food Agric.* 87, 286-296.

Jensen M.K., Koh-Banerjee P., Hu F.B., Franz M., Sampson L., Gronbaek M., Rimm E.B. 2004. Intakes of whole grains, bran, and germ and the risk of coronary heart disease in men. *Am. J. Clin. Nutr.* 80, 1492-1499.

International Food Information Council Foundation. Your Nutrition and food safety resource. Alimentos Funcionales. Disponible en URL [www.ific.org/sp/nutrition/functional/index.cfm [Acceso 22 junio 2010].

J. Palazón, R.M. Cusidó y C. Morales Metabolismo y significación biológica de los polifenoles del vino ([http:// www. acenologia. com/ciencia55_2. htm](http://www.acenologia.com/ciencia55_2.htm)), Grupo de Biotecnología Vegetal, Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona

Kim D.-O., Padilla-Zakour O.I., Griffiths P.D. 2004. Flavonoids and antioxidante capacity of various cabbage genotypes at juvenile stage. *J. Food Sci.* 69, 685-689.

Kim G.-S., Kim H.-T., Seong J.-D., Oh S.-R., Lee C.-O., Bang J.-K., Seong .-S., Song K.S. 2005. Cytotoxic steroidal saponins from the rhizomes of *Asparagus oligoclonos*. *J. Nat. Prod.* 68 (5), 766-768.

Kite G.C. C., Porter E.A., Simmonds M.S.J. 2007. Chromatographic behaviour of steroidal saponins studied by high-performance liquid chromatography.mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1148, 177-183.

Konishi M., Hano Y., Takayama M., omura T., Hamzah A.S., Ahmad R.B., Jamani H. 1998. Triterpenoid saponins from *Hedyotis nudicaulis*. *Phytochem.* 48, 525-528.

Koo H., Jeong H.J., Choi J.Y., Choi S.D., Choi T.J., Cheon Y.S., Kim K.S., Kang B.K., Park S.T., Chang C.H., Kim C.H., Lee Y.M., Kim H.M., An .H., Kim J.J. 2000. Inhibition of tumor necrosis factor- α -induced apoptosis by *Asparagus cochinchinensis* in Hep G2 cells. *J. Ethnopharmacol.* 73 (1-2), 137-43.

Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F. Griel A.E., Etherton T.D. 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am. J. Med.* 113, 71S-88S.

Kritchevsky D. 1988. Dietary fiber. *Ann. Rev. Nutr.* 8, 301-328.

Kühnau J. 1976. The Flavonoids: a class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev. Nutr. Diet* 24, 117-190.

Kuti J.O., Konuru H.B. 2004. Antioxidant capacity and phenolic content in leaf extracts of tree spinach (*Cnidioscolus* spp.). *J. Agric. Food Chem.* 52, 117-121.

Lachman J., Pronek D., Hejtmánková A., Dudjak J., Pivec V., Faitová K. 2003. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Hortic. Sci.* 30, 142-147.

Lako J., Trenerry V.C., Wahlqvist M., Wattanapenpaiboon ., Sotheeswaran S., Premier R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chem.* 10, 1727-1741.

Lapointe A., Couillard C., Lemieux S. 2006. Effects of dietary factors on oxidation of low-density lipoprotein particles. *J. Nutr. Biochem.*, Volume 17, Issue 10, pp. 645-658. Lario Y., Sendra E., García-Pérez J., Fuentes C., Sayas-Barberá E., Fernández- López J., Pérez Alvarez J.A. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 5 (1) 113-117.

Larrauri J.A., Goñi I., Martín-Carrón., Rupérez P., Saura-Calixto F. 1996b. Measurement of health-promoting properties in fruit dietary fibres: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index. *J. Sci. Food Agric.* 71, 515.519.

Larrauri J.A., Rupérez P., Borroto B., Saura-Calixto F. 1996a. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol* 29, 729.733.

Larrauri J.A., Rupérez P., Saura-Calixto F. 1997b. Mango peel fibres with antioxidant activity. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* 205, 39.42.

Larrauri J.A., Rupérez P., Saura-Calixto F. 1997a. Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenols. *J. Agric. Food Chem.* 45, 4028-4031.

Laughton M.J., Evans P.J., Moroney M.A. y cols. 1991. Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochem. Pharmacol.* 42, 1673-1681.

Laughton M.J., Halliwell B., Evans P.J. y cols. 1989. Antioxidant and prooxidant actions of the plant phenolic quercetin, gossypol and myricetin. Effect on lípido peroxidation, hydroxyl radical generation, and bleomycin-dependent damage to DNA. *Biochem. Pharmacol.* 38, 2859-286.

Lecumberri E., Mateos R., Izquierdo-Pulido M., Rupérez P., Goya L, Bravo L. 2007. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chem.* 104, 948-954.

Lee S.C., Prosky L., De Vries J.W. 1992. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in food Enzymatic, gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 75, 395.416.

Lee S.-O., Simons A.L., Murphy P.A., Hendrich S. 2005. Soyasaponins lowered plasma cholesterol and increased fecal bile acids in female golden syrian hamsters. *Exp. Biol. Med.* 230, 472-478.

Manach C., Morand C., Crespy V., Demigné C., Texier O., Régéat F., Rémésy C. 1998. Quercetin is recovered in human plasma as conjugated derivatives which retain antioxidant properties. *F.E.B.S. Letters* 426, 331-336.

Mandalari G., Bennett R. ., Bisignano G., Saija A., Dugo G., Lo Curto R.B. Faulds C.B. Waldron K.W. 2006. Characterization of flavonoids and pectins from bergamot (*Citrus bergamia* Risso) peel, a major byproduct of essential oil extraction. *J. Agric. Food Chem.* 54, 197-203.

Mandel S., Packer L., Youdim M.B.H., Weinreb O. 2005. Proceedings from the Third International Conference on Mechanism of Action of Nutraceuticals. *J. Quatr. Biochem.* 16, 513.520.

Mandel S., Weinreb O., Amit T., Youdim M.B.H. 2004. Cell signalling pathways in the neuroprotective actions of the green tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate: implications for neurodegenerative diseases. *J. Neurochem.* 88, 1555.1569.

Mann J.I., Cummings J.H. 2009. Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. *Quatr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 19, 226-229.

Marín F.R., Soler-Rivas C., Benavente-García O., Castillo J., Pérez-Álvarez J.A. 2007. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chem.* 100, 736.741.

Marlett J.A. 1990. Analysis of dietary fiber in foods. En: *Dietary Fiber Research*. Kritchevsky D., Bonfield Ch. (eds), Plenum Press, Nueva York, pp 31-48.

Marlett J.A. 1997. Soluble dietary fiber workshop. En: *Dietary Fiber in Health and Disease*. Kritchevsky D., Bonfield Ch. (eds), Plenum Press, Nueva York, pp. 311-313.

Marquina S., Maldonado ., Garduño-Ramírez M.L., Aranda E., Villarreal M.L., Navarro V., Bye R., Delgado G., Alvarez L. 2001. Bioactive oleanolic acid saponins and other constituents from the roots of *Viguiera decurrens*. *Phytochem.* 56, 93.97.

Martín-Belloso O., Llanos-Barriobero E. 2001. Proximate composition, minerals and vitamins in selected canned vegetables. *Eur. Food Res. Technol.* 212, 182-187.

Martin-Cabrejas M.A., Esteban R., López-Andreu F.J., Waldron K., Selvendran R.R. 1995. Dietary fiber content of pear and kiwi pomaces. *J. Agric. Food Chem.* 43, 662-666.

Martínez-Flores S., González-Gallego J., Culebras J.M. y Muñón M^aJ. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Quatr. Hosp.* XVII (6) 271-278.

Martínez-Sánchez A., Gil-Izquierdo A., Gil M.I., Ferreres F. 2008. A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species. *J. Agric. Food Chem.* 56, 2330-2340.

Martínez-Flórez S., J. González-Gallego, J. M. Culebras y M. J. Tuñón. 2002. "Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes". *Nutr Hosp* 17: 271-278. (pdf aquí (http://www.grupoaulamedica.com/web/nutricion/pdf/062002/03_Los_flavonoides.pdf))

Martí del Moral A. Alimentos Funcionales. En: Muñoz M, Aranceta J, Guijarro JL (eds). Libro Blanco de la Alimentación de los Mayores. Madrid: Panamericana, 2004: 173-189.

Mazza G. Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza: Acribia, 2000.

Mesa redonda de Nutrición. Alimentos funcionales. *An Esp Pediatr* 2002; 56:11-13. Disponible en URL [www.db.doyma.es/cgi-bin/wdbcgi.exe/doyma/mrevista.fulltext?pid=13030225] [Acceso 16 septiembre 2010].

Muñoz Hornillos M, Astiasarán Anchía I, Zazpe García I. Alimentación y dietas óptimas. En: Muñoz M, Aranceta J, García Jalón I (eds). *Nutrición aplicada y dietoterapia* (segunda edición).

Pamplona: EUNSA, 2004: 41-66 *Obesos.org*. últimas novedades en investigación. Ortorexia. Disponible en URL [www.obesos.org/ortorexia.html] [Acceso 3 noviembre 2010].

Organización de Consumidores y Usuarios. El etiquetado de los alimentos funcionales. Disponible en URL [www.ocu.org/map/src/84611]. [Acceso 16 septiembre 2010].

Ortega RM, Marcos A, Aranceta J, Mateos JA, Requejo AM, Serra LI (eds). Alimentos funcionales. Probióticos. Madrid: Panamericana, 2002 Palencia Mendoza Y. Qué son los alimentos funcionales. Disponible en URL [http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf] (Acceso 16 de Septiembre de 2010)

Pamplona, J. Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo. Editorial Safeliz. Madrid. 2004

Principios activos de las plantas medicinales: los flavonoides Botanical Online (<http://www.botanical-online.com/medicinalesflavonoides.htm>)

Psicocentro. Ortorexia: Obsesión por la comida sana hasta un punto patológico. Disponible en URL [www.psicocentro.com/cgi-bin/articulo_s.asp?texto=art24001] [Acceso 3 Noviembre 2010].

Revista Inter-Forum. Las cualidades de los alimentos funcionales. Disponible en URL [www.revistainterforum.com/espanol/articulos/072703/] [Acceso 16 septiembre 2010].

Ruiz Martínez MA, Rodríguez López MA, Blanca Herrera RM, Lara Gallardo V. Alicamentos y medicamentos. Docencia. Libro de comunicaciones VI Congreso de la Sociedad Española de Farmacia Industrial y Galénica (SEFIG) y 3ª Jornadas de Tecnología Farmacéutica (AEFI). Granada: Ed. Colmares, 2003: 467-470.

Singleton VL. "Flavonoids". En: Childester CO, Mrak EM, Stewart GF (editores). *Advances in Food Research*. Academic Press, Nueva York. 149-242. Flavonoides (isoflavonoides y neoflavonoides). IUPAC Compendium of Chemical Terminology. (pdf aquí. (<http://www.iupac.org/goldbook/F02424.pdf>))

Telemedik. Alimentos funcionales. Disponible en URL [www.telemedik.com/articulos/Alimentos%20funcionales.htm] [Acceso 22 junio 2010].

Thomson C, Bloch A, Hashler CM. Position of the American Dietetic Association: Functional foods. *J Am Diet Assoc* 1999; 99 (10): 1278-1285.

Winkel-Shirley, B. 2001. "Flavonoid Biosynthesis. A Colorful Model for Genetics, Biochemistry, Cell Biology, and Biotechnology". *Plant Physiology* 126: 485-493.

Winkel-Shirley, B. 2001b. "It takes a garden. How work on diverse plant species has contributed to an understanding of flavonoid metabolism". *Plant Physiology* 127: 1399-1404. (pdf aquí (<http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/127/4/1399.pdf>))

Williams, CA, Grayer, RJ. 2004. "Anthocyanins and other flavonoids". *Nat. Prod. Rep.* 21: 539-573. (Major Types Of Chemical Compounds In Plants & Animals: Part II Flavonoids (<http://waynesword.palomar.edu/chemid2.htm>))

Wilson W.D., Jarvis M.C., Duncan H.J. 1989. In-vitro digestibility of kale (*Brassica oleracea*) secondary xylem and parenchyma cell walls and their polysaccharide components. *J. Sci. Food Agric.* 48, 9-14.

Yokosuka A., Mimaki Y., Sashida Y. 2002. Spirostanol saponins from the rhizomes of *Tacca chantrieri* and their cytotoxic activity. *Phytochem.* 61, 73.78.

Yu S., Chee-Kok C., Chi-Tang H., Wei M., Garrison S.A., Ho C. Huang M.-T. 1996. Anti-tumor activity of the crude saponins obtained from asparagus. *Cancer Lett.* 104, 31.36.

Zafar T.A., Weaver C.M., Zhao Y., Martin B.R., Wasttney M.E. 2004. Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. *J. Nutr.* 134, 399.402.

Zhao Z., Moghadasian M.H. 2008. Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chem.* 109, 691.702.