

## 2.2. Componentes bioactivos de los alimentos

CRISTINA MARTÍNEZ ROLDÁN, ÁNGELES CARBAJAL AZCONA



### Conceptos clave

- Epidemiológicamente, se ha observado que una dieta rica en alimentos de origen vegetal puede reducir el riesgo de algunas enfermedades crónicas relacionadas con estrés oxidativo (enfermedad coronaria, infarto cerebral, diabetes, obesidad, algunos cánceres, enfermedades neurodegenerativas...).
- La OMS recomienda consumir al menos 400 g/día de frutas y hortalizas variadas ("cinco al día") y aumentar el consumo de otros alimentos de origen vegetal (cereales integrales, legumbres y frutos secos).
- Además de los nutrientes, los alimentos de origen vegetal contienen una plétora de otros componentes bioactivos que parecen ser también responsables del efecto protector.
- No hay recomendaciones dietéticas (RD), pero la dieta mediterránea (DMe) puede ser una referencia útil para definir cuantitativa y cualitativamente una mezcla de estos componentes bioactivos. En España, la ingesta estimada es de 1,5 a 3,5 g/día.
- Es necesario realizar más estudios para analizar su contenido en los alimentos y su biodisponibilidad, identificar biomarcadores, mecanismos de acción y dilucidar su papel en las enfermedades crónicas.
- Con la dieta habitual, incluso con dietas vegetarianas, no se han observado efectos adversos; sin embargo, es necesario controlar los posibles efectos tóxicos de megadosis.



(1)

Global health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. OMS. 2002. [http://www.who.int/hpr/NPH/docs/whr\\_2002\\_risk\\_factors.pdf](http://www.who.int/hpr/NPH/docs/whr_2002_risk_factors.pdf)

(2)

Biesalski HK, Dragsted LO, Elmadafa I y col. Bioactive compounds: definition and assessment of activity. *Nutrition* 2009;25(11-12):1202-1205.

(3)

Jacobs DR Jr, Gross MD, Tapsell LC. Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Am J Clin Nutr* 2009;89:1543S-1548S.

(4)

Saura-Calixto F, Goñi I. Definition of the Mediterranean Diet Based on Bioactive Compounds. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2009;49:145-152.

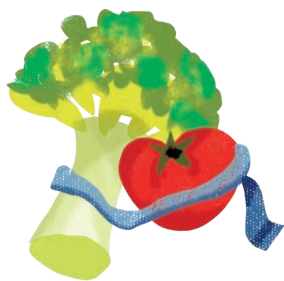
## 1 • Introducción

La investigación en Nutrición ha demostrado de forma reiterada y consistente que las dietas que mejor se adaptan a los objetivos de dieta saludable son aquellas que se basan principalmente en el consumo de alimentos de origen vegetal (frutas, hortalizas, cereales integrales, frutos secos y legumbres), utilizando con moderación los alimentos de origen animal. De hecho, la baja ingesta de frutas y hortalizas, junto con la HTA, la hipercolesterolemia, el tabaquismo, la inactividad física y el sobrepeso y la obesidad, figuran entre los principales factores de riesgo de la mortalidad total en la población europea<sup>(1)</sup>. Hoy se sabe que los beneficios de una dieta prudente no se limitan a su contenido en nutrientes, tiene también que aportar otros factores de protección frente al estrés oxidativo y a la carcinogénesis contenidos especialmente en los alimentos de origen vegetal, los denominados “componentes bioactivos” (Figura 1).

### Sustancias bioactivas<sup>(2)</sup>

“Componentes de los alimentos que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos y con efectos beneficiosos para la salud.”

Los alimentos de origen animal, además de los nutrientes conocidos, también aportan sustancias bioactivas (por ejemplo, AGP n-3 de pescados, CLA de carne de rumiantes, péptidos de lácteos, luteína de yema de huevo...), pero son los vegetales los que sintetizan una plétora de sustancias (fitoquímicos), muchas de las cuales son fisiológicamente activas cuando se consumen. Estos componentes tienen papeles específicos en el crecimiento y supervivencia de las plantas.



K

Se estima que una dieta mixta puede contener entre 60.000 y 100.000 componentes bioactivos distintos, potencialmente efectivos para reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Estos miles de componentes se caracterizan por su ubicuidad en el reino vegetal y generalmente se encuentran agrupados en los alimentos y sólo en raras ocasiones un determinado bioactivo se localiza específicamente en un pequeño grupo o familia vegetal, como es el caso de los glucosinolatos de las crucíferas. De ahí la importancia del consumo variado de este amplio grupo de alimentos vegetales.

Todo esto está ampliando el concepto de dieta saludable y pone de nuevo de relieve la importancia de considerar la dieta en su conjunto, como un todo, sin tratar de aislar los alimentos y sus componentes, y teniendo en cuenta las posibles interacciones entre ellos. De aquí han surgido los conceptos de “*food synergy*” y “capacidad antioxidante de la dieta”.

### Food synergy<sup>(3)</sup>

Proceso por el que componentes de los alimentos, nutrientes y no nutrientes, identificados o no, trabajan conjuntamente:

- Tomate consumido entero: mayor protección en cáncer de próstata (CP) que el suplemento de licopeno.
- Brécol + tomate: mayor protección en CP que cada alimento por separado.
- Extractos de manzana: mayor capacidad antioxidante y antiproliferativa que vitamina C sola.
- Efecto sinérgico anticancerígeno de quercetina + catequinas + resveratrol + curcumina.

### Capacidad antioxidante de la dieta<sup>(4)</sup>

Suma de los potenciales antioxidantes de los diferentes componentes de los alimentos (vi-

Nutrientes	No nutrientes	
N ≈ 50 Proteínas Lípidos HC Fibra Minerales Vitaminas Agua	Componentes naturales bioactivos en tejidos animales y vegetales  N = ?  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">             Factores de protección en enfermedad crónica           </div>	Aditivos y contaminantes  N = ?

Figura 1. Componentes de la dieta

taminas, polifenoles, carotenoides y otros compuestos minoritarios).

Se ha definido la DMe como aquella equivalente al consumo diario de 3.500 unidades de antioxidantes (equivalentes de Trolox). En esta nueva definición complementaria de DMe se considera también, además de la relación AGM/AGS y de la ingesta de fibra, el consumo de fitoesteroles (370-555 mg/día).

## 2 • Clasificación y fuentes dietéticas

Los principales componentes bioactivos, sus fuentes dietéticas y la ingesta habitual figuran en la **Tabla 1**. Se pueden clasificar en tres grandes grupos: terpenoides (carotenoides y esteroides); compuestos fenólicos (flavonoides como los fitoestrógenos o la quercetina, el flavonoide más habitual en la dieta) y los compuestos azufrados. En conjunto, en España, la ingesta diaria total se estima en unos 1,5-3,5 g<sup>(4-7)</sup> y la DMe puede ser una referencia muy útil para definir cuantitativa y cualitativamente una mezcla de sustancias bioactivas naturales de origen dietético.

La ingesta media de nutrientes antioxidantes es de unos 100 mg/día. Sin embargo, la ingesta de fitoquímicos con actividad antioxidante supera los 1.000 mg/día.

Aunque disponemos de una abundante información científica sobre ellos, todavía quedan muchas preguntas: ¿son nutrientes?, ¿cuánto necesitamos?, ¿dónde se encuentran?, ¿en qué cantidad?, ¿cuál es su biodisponibilidad?, etc. Y tampoco se conocen los efectos específicos y los mecanismos de acción.

Con respecto a su **biodisponibilidad** (cantidad realmente absorbida, metabolizada y utilizada), se han observado grandes diferencias. Los antioxidantes, por su naturaleza y función, son susceptibles a la oxidación y esto puede limitar su estabilidad durante el almacenamiento, procesado o digestión del alimento. Un buen ejemplo son las catequinas del té verde<sup>(8)</sup>. De los pocos datos disponibles, los flavonoides parecen presentar una baja biodisponibilidad, algo mayor para isoflavonas o flavanonas. Muchos fitoquímicos están presentes en el alimento como precursores, pero deben hidrolizarse previamente para ser absorbidos. Los sistemas enzi-

(5)  
Granado F, Blázquez S, Olmedilla B. Changes in carotenoid intake from fruit and vegetables in Spanish population over the period 1964-2004. *Public Health Nutr* 2007;10:108-123.

(6)  
Hernández-Elizondo J, Mariscal-Arcas M, Rivas A y col. Estimación de la ingesta de fitoestrógenos en población femenina. *Nutr Hosp* 2009;24(4):445-451.

(7)  
Agudo A, Ibáñez R, Amiano P y col. Consumption of cruciferous vegetables and glucosinolates in a Spanish adult population. *Eur J Clin Nutr* 2008;62(3):324-331.

(8)  
Holst B, Williamson G. Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Curr Opin Biotechnol* 2008;19:73-82.

**Tabla 1.** Algunos componentes bioactivos de los alimentos de origen vegetal, principales fuentes dietéticas e ingesta en España

Componente	Fuente dietética	Ingesta en España <sup>a</sup>
<b>Terpenoides (varios miles)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Carotenoides</b> (de los más de 700 identificados, solo unos 50 están en la dieta y de estos los siguientes representan el 95% de los carotenoides en sangre): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carotenos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\alpha</math>-caroteno, <math>\beta</math>-caroteno (precursores de vitamina A).</li> <li>– Licopeno.</li> </ul> </li> <li>• Xantofilas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\beta</math>-criptoxantina (provitamina A).</li> <li>– Luteína, zeaxantina</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p><b><math>\beta</math>-caroteno:</b> hortalizas y frutas de color naranja (por ejemplo, zanahoria, mango, albaricoque, melón, melocotón, fruta de la pasión, ciruela); verduras de hoja verde oscuro (por ejemplo, espinacas); tomate y derivados.</p> <p><b>Licopeno:</b> tomates, sandía, pimiento rojo, pomelo rosado.</p> <p><b><math>\beta</math>-criptoxantina:</b> naranjas, papaya.</p> <p><b>Luteína y zeaxantina:</b> verduras de hoja verde (por ejemplo, acelgas, espinacas, lechuga, apio), naranjas, patatas, tomates, pimientos rojos, maíz, aguacate, melón.</p>	<p><b>Carotenoides, total:</b> 3-4,3 mg/día.</p> <p>Licopeno: 1,3 mg/día.</p> <p><math>\beta</math>-caroteno: 1 mg/día.</p> <p>Luteína: 0,5 mg/día.</p> <p>Zeaxantina: 0,1 mg/día.</p> <p>Europa: <math>\approx</math> 12 mg/día.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Fitoesteroles</b> (&gt; 250): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ésteroles y estanoles (2 g/día para reducir LDL-c)<sup>b</sup>: <math>\beta</math>-sitosterol, estigmasterol, campesterol, sitostanol, campestanol.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Aceites vegetales (maíz, girasol, soja, oliva), cereales, legumbres, frutos secos, hortalizas.</p> <p>Alimentos enriquecidos.</p>	<p><b>Dietas occidentales:</b> 150-555 mg/día.</p> <p><b>Oriental y vegetariana:</b> 300 mg-1 g/día.</p>
<b>Compuestos fenólicos (&gt; 8.000)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Alcoholes y ácidos fenólicos simples</b> (tirosoles, hidroxitirosoles, ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos [elágico, gálico, vanilínico, capsaicina, cumárico, cafeico, ferúlico, clorogénico, etc.]).</li> </ul>	<p>Cítricos, aceitunas, aceite de oliva virgen, otras frutas, hortalizas, avena, soja, frutos secos, vino, cerveza, té, etc.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Polifenoles:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavonoides (&gt; 5.000): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Flavonoles (quercetina, kamferol, miricetina, rutina, etc.).</li> <li>– Flavanoles (flaván-3-oles): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Catequinas (catequina, epicatequina, etc.).</li> <li>– Pro(anto)cianidinas o taninos condensados.</li> </ul> </li> <li>– Flavanonas (naringenina, hesperitina, naringina, hesperidina, etc.).</li> <li>– Antocianinas (con azúcar en posición 3) y antocianidinas (antocianinas sin azúcar) (cianidina, etc.).</li> <li>– Flavonas (apigenina, luteolina, etc.).</li> <li>– Isoflavonas (genisteína, daidzeína, etc. [fitoestrógenos]).</li> </ul> </li> <li>• Estilbenos (resveratrol).</li> <li>• Curcuminoides (curcumina).</li> <li>• Lignanós (principal fuente de fitoestrógenos en occidente).</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Quercetina, kamferol, miricetina y antocianidinas:</b> cebollas (30-40 mg/100 g), puerros, lechuga, brécol, tomates, uvas, naranjas (pulpa), manzanas, cerezas, moras, frambuesas, arándanos, aceitunas, vino tinto, té, orégano y otras hierbas aromáticas.</p> <p><b>Catequinas y proantocianidinas:</b> manzanas, peras, cerezas, uvas, albaricoque, melocotón, frutos secos, legumbres, cacao, chocolate negro, vino, sidra, cerveza, té.</p> <p><b>Hesperidina, naringenina:</b> cítricos, zumo de uva.</p> <p><b>Apigenina, luteolina:</b> perejil, apio, pimiento, tomillo, aceitunas.</p> <p><b>Resveratrol:</b> piel de la uva, vino, zumo de uva, arándanos.</p> <p><b>Fitoestrógenos:</b> isoflavonas (genisteína, daidzeína) y lignanos: soja y derivados, otras legumbres, cereales integrales, frutos secos, frutos del bosque, brécol, ajo, zanahorias, etc.</p>	<p><b>Polifenoles, total:</b> 2.500-3.000 mg/día.</p> <p><b>Flavonoides:</b> Unos 25 mg/día.</p> <p><b>Quercetina:</b> Unos 23 mg/día.</p> <p><b>Fitoestrógenos:</b> España: &lt; 1 mg/día. Asiáticos: 20-50 mg/día.</p>
<b>Compuestos azufrados</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– De aliáceas (alínea, alicina, ajoeno, dialilsulfuro, etc.).</li> <li>– Glucosinolatos (&gt; 120) (isotiocinato, sulfurafano, Indol-3-carbinol).</li> </ul>	<p><b>Alínea, dialilsulfuro:</b> cebolla, cebollino, cebolleta, puerro, ajo.</p> <p><b>Isotiocinato, sulfurafano, I3C:</b> repollo, coliflor, brécol, berza, coles de Bruselas, lombarda, ajo, cebollas, nabo, mostaza.</p>	<p><b>Glucosinolatos, total:</b> 6,5 mg/día.</p> <p>Norte/Sur: 7,3/5,4 mg/día.</p>
		<b>Total: 3,5 g/día</b>

<sup>a</sup>Referencias bibliográficas 4 a 7.<sup>b</sup>Therapeutic Lifestyle Changes in LDL-Lowering Therapy: National Cholesterol Education Program (NCEP), Adult Treatment Panel III (ATP III) (2002).<http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol/atp3full.pdf>

máticos responsables de esta hidrólisis pueden condicionar su biodisponibilidad. Este sería el caso de la hesperidina, que normalmente va unida a ramnosa. Para muchos flavonoides la biodisponibilidad es mayor porque pueden ser metabolizados por la flora intestinal dando ácidos fenólicos simples activos. De esta forma, el colon es potencialmente una fuente de bioactivos que pueden actuar local o sistémicamente. En el caso de los carotenoides (bioactivos liposolubles), también el tratamiento culinario, el troceado y la adición de pequeñas cantidades de aceite u otras grasas aumenta la cantidad absorbible. La biodisponibilidad del licopeno de los tomates aumenta con el calor prolongado. A pesar de su similitud estructural con el colesterol, los fitoesteres presentan una absorción muy baja (0,4-3,5%) comparada con el colesterol (50%). La biodisponibilidad de los glucosinolatos depende en gran medida de la manipulación del alimento (troceado, masticación, cocción). Cuando esto ocurre, la acción del enzima mirosinasa transforma los glucosinolatos en los compuestos activos: isotiocianatos (por ejemplo, sulforafano), tiocianatos e indoles que son los responsables de su sabor y olor característicos cuando se cocinan. El tratamiento culinario afecta en gran medida al contenido del principio activo, pues el calor prolongado puede destruir el enzima y limitar considerablemente (30-60%) la transformación de glucosinolatos en isotiocianatos, transformación que puede producirse posteriormente por acción de la flora bacteriana. Sin embargo, cuando las crucíferas se consumen ralladas y crudas, la ingesta de sulforafano es mucho mayor. El tratamiento ligero en microondas y al vapor también permite optimizar la biodisponibilidad del bioactivo.

### 3 • Papel en la salud

Se ha descrito su papel<sup>(9-11)</sup> en la prevención de numerosas enfermedades (ECV, enfermedad coronaria, infarto cerebral, HTA, diferentes tipos de cáncer [GI, próstata, mama, etc.], enfermedades neurodegenerativas, inflamatorias, oculares [degeneración macular asociada a la edad, -DMAE- cataratas], obesidad, diabetes, osteoporosis, longevidad [*lifespan essential*], etc.).

Además de su importante **acción antioxidante** (a través de mecanismos tales como secuestro de radicales libres, inhibición de la producción de peróxido de hidrógeno, activación de mecanismos de defensa endógenos [catalasa, superóxido dismutasa], quelación de metales, etc.), otros muchos mecanismos biológicamente plausibles pueden ser responsables de su efecto protector (**Figura 2**):

- Modulación de la expresión genética (y su repercusión en el metabolismo).
- Destoxificación de cancerígenos (activación de sistemas enzimáticos de fase I y II).
- Inducción de muerte celular (apoptosis/supresión de mitosis).
- Protección del ADN.
- Modificación de la comunicación celular.
- Modificación del perfil hormonal (por ejemplo, niveles de hormonas esteroideas).
- Modulación del perfil lipídico.
- Estimulación del sistema inmunitario.
- Efecto antiinflamatorio.
- Efectos sobre la hemostasia.
- Efecto hipocolesterolémico.
- Efecto hipotensor.
- Actividad antimicrobiana.
- Etcétera.

(9)

Denny A, Buttriss J. *Plant foods and health: focus on plant bioactives. EuroFIR Synthesis report No. 4. 2007.*

(10)

Muñoz S, Olza J, Gómez C. *Compuestos bioactivos de los alimentos de origen vegetal. En: Tratado de Nutrición. Tomo II. A Gil (ed.). Panamericana. Madrid. 2010.*

(11)

Holst B, Williamson G. *Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. Curr Opin Biotechnol 2008;19:73-82.*

	Hay evidencia para los siguientes efectos:									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Carotenoides (frutas, hortalizas)	X		X		X			X		
Fitoesteroles (aceites, soja)	X							X		
Saponinas (legumbres, soja, ajo, cebolla)	X	X			X			X		
Glucosinolatos (coles, repollo, ajo, cebolla)	X	X						X		
Polifenoles (fruta, hortalizas, vino, té, café)	X	X	X	X	X	X	X		X	
Inhibidores de la proteasa (trigo, legumbres, soja, tomate)	X		X							
Monoterpenos (cítricos, coles, tomate, ajo, cebolla)	X	X								
Fitoestrógenos (soja, cereales)	X	X								
Organosulfurados (ajo, cebolla, puerros)	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Ácido fólico (cereales, frutos secos, legumbres)	X		X		X				X	

- A ... Anticancerígeno  
 B ... Antimicrobiano  
 C ... Antioxidante  
 D ... Antitrombótico  
 E ... Inmunomodulador  
 F ... Antiinflamatorio  
 G ... Antihipertensivo  
 H ... Hipocolesterolemia  
 I ... Hipoglucémico  
 J ... Digestivo

Figura 2. Componentes bioactivos. Relación con la salud

## PÁGINAS WEB DE INTERÉS

EuroFIR Nettox Plant List: [http://www.eurofir.net/publications/eurofir\\_nettox\\_plant\\_list](http://www.eurofir.net/publications/eurofir_nettox_plant_list)

New data on bioactive compounds with putative health benefit: <http://ebasis.eurofir.org/Default.asp>

USDA National Nutrient Databank System (NDBS): <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>  
 Phytochemicals: <http://www.phytochemicals.info/>

### Siglas utilizadas en este capítulo

AGP n-3: ácidos grasos poliinsaturados omega-3; CP: cáncer de próstata; DMAE: degeneración macular asociada a la edad; DMe: dieta mediterránea; ECV: enfermedad cardiovascular; GI: gastrointestinal; HTA: hipertensión arterial; LDLc: colesterol unido a las lipoproteínas de baja densidad; RD: recomendaciones dietéticas.

