

La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías

C. García-Viguera, A. Pérez Vicente

LABORATORIO FITOQUÍMICA. DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.
CEBAS-CSIC. MURCIA

RESUMEN

La granada es un alimento, bastante desconocido para el consumidor, pero que presenta una elevada concentración de polifenoles con demostrada actividad antioxidante y unas buenas características nutricionales. Siendo además un fruto atractivo por su bajo aporte calórico.

En el presente trabajo se realizará un resumen de sus características nutricionales y los efectos beneficiosos que aporta su consumo para la salud humana. No obstante, nos centraremos más en el estudio de los polifenoles, metabolitos secundarios que le confieren sus propiedades organolépticas y capacidad antioxidante, así como en las posibles transformaciones que sufren los mismos durante la digestión gastro-intestinal, con el fin de determinar el grado de alteración que sufre su capacidad captadora de radicales libres una vez ingerido el fruto.

Por último, se expondrán una serie de alternativas al consumo en fresco de la granada, ya que la elaboración de alimentos procesados puede ser una solución efectiva para incrementar el consumo de este alimento.

Palabras clave: Granada. Antioxidantes. Antocianos. Elagitaninos. Polifenoles. Alimentos procesados.

ABSTRACT

Pomegranate is a quite unknown food, rich in polyphenols which confer high antioxidant activity. It is also a low calorie fruit with very good nutritive characteristics, something that makes it very attractive for the consumer.

In the present work a summary of the nutritional properties and health benefits would be done. Nevertheless, the study would be more focused on the polyphenols, secondary metabolites responsible for the organoleptic and antioxidant activity of this fruit, as well as on the possible transformations that these compounds might suffer during gastrointestinal digestion. The relation with the free radical scavenging capacity, once it has been ingested, would also be analysed.

Finally, several processed food alternatives, actually under study, would be proposed, as a possibility for increasing the consumption of this foodstuff.

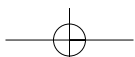
Key words: Pomegranate. Antioxidants. Anthocyanins. Ellagitannins. Polyphenols. Processed foodstuff.

INTRODUCCIÓN

La granada es una fruta de sabor agradable y color atractivo que, una vez desgranada, nos ofrece un alimento con importantes propiedades nutricionales y terapéuticas. En historia es considerada como un símbolo de amor y fecundidad, para el pueblo judío era símbolo de concordia y los árabes sentían tal fascinación por ella que incluso le pusieron su nombre

a la ciudad de Granada, siendo desde entonces el emblema de la misma.

Desde el punto de vista botánico es el fruto del granado, pequeño árbol caducifolio, a veces con porte arbustivo, de 3 a 6 m de altura, perteneciente a la familia de las *Punicaceae*. Las hojas son de color verde brillante, lustrosas por el haz y con el borde entero. Las flores (floración entre mayo y julio) son grandes y de color rojo, lustrosas y acampanadas, incluso, abigarradas y matizadas en blanco, en algunas variedades. Todas estas características morfoló-



gicas hacen que este árbol sea muy apreciado en jardinería como ornamental, ya que tampoco requiere cuidados especiales.

El fruto es una baya globosa, denominada balausta, de color rojo brillante, verde amarillento o blanquecino, coronado por un cáliz de 5-8 cm de diámetro, lleno de semillas y de cáscara coriácea. Las semillas son gruesas, de consistencia leñosa y testa carnosa o pulposa, de forma prismática, muy jugosas, color que varía desde el apreciado rubí intenso hasta blanco y sabor agrídulce que puede recordar ligeramente al de las grosellas.

Se sabe que el granado ha sido cultivado desde tiempos muy remotos, ya que se han encontrado indicios del consumo de esta fruta en tumbas egipcias de 2.500 años antes de la era cristiana. Se cree que fueron los cartagineses los que introdujeron el granado en la región mediterránea a raíz de las guerras Púnicas (de ahí el nombre *Punica granatum*, propuesto por Linneo) y fueron los españoles los que la llevaron a América, tras el descubrimiento de aquellas tierras.

Actualmente su cultivo se extiende principalmente en países de la cuenca mediterránea (Norte de África, España y Grecia), Afganistán, Israel, Brasil y California. España es uno de los principales países productores del mundo (superficie cultivada superior a 2.500 Ha), siendo el mayor productor (aprox. 30.000 toneladas) y exportador de Europa. Esta producción se concentra fundamentalmente en la zona levantina de Alicante y Murcia.

Su cultivo se extiende desde el mes de septiembre hasta enero, si bien los mejores frutos son los recolectados entre los meses de octubre y diciembre.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA GRANADA

Gran parte de su importancia organoléptica y posible papel beneficioso para la salud, se debe a la presencia de compuestos fenólicos, ya que, a nivel organoléptico, los antocianos son los responsables de su atractivo color rojo y los taninos de su sabor astringente (siendo los ácidos orgánicos, cítrico y málico, los responsables del sabor acidulado), mientras que los elagitaninos y, en menor proporción, los antocianos le confieren propiedades antioxidantes.

Así mismo, la granada es rica en otros constituyentes nutricionales, que se muestran en la tabla I. Mayoritariamente, está compuesta por agua y azúcares, siendo menor su contenido en grasas y proteínas, lo que le confiere un bajo valor calórico (aprox. 75 kcal/100 g). Presenta también una pequeña pro-

TABLA I
COMPOSICIÓN MEDIA DE LA GRANADA
(FUENTE PRINCIPAL SUOCI ET AL, 1986) (1)

<i>Constituyente</i>	<i>Concentración</i>
<i>Agua (g)</i>	82,5
<i>Fibra alimentaria (g)</i>	3,1
<i>Proteínas (g)</i>	0,7
<i>Lípidos (g)</i>	0,6
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	16,7
Glucosa	7,2
Fructosa	7,9
Sacarosa	1,0
<i>Minerales (mg)</i>	
Sodio	7,0
Potasio	290,0
Calcio	8,0
Magnesio	3,0
Fósforo	17,0
Hierro	0,5
<i>Vitaminas (mg)</i>	
Tiamina (vitamina B1)	0,05
Riboflavina (vitamina B2)	0,02
Ácido ascórbico (vitamina C)	7,0
Nicotinamida (niocina)	0,3
<i>Ácidos orgánicos (g)</i>	0,77
Ac. málico	0,1
Ac. cítrico	0,5

Contenido en 100 g de porción comestible.

porción de fibra alimentaria, localizada fundamentalmente en el piñón (3,1 g/100 g), es rica en potasio y aporta cantidades considerables de calcio, magnesio, fósforo y hierro, siendo pobre en sodio. Contiene, además, vitaminas del grupo B, C y niacina, en concentraciones similares a otras frutas de alto consumo como ciruelas o manzanas.

Los fenoles totales se encuentran en una elevada concentración (aprox. 83 mg/100 g de porción comestible o 250 mg/100 mL), comparable a la del vino tinto (valores medios de 203 mg/100 mL) y muy superior a la del té verde (aprox. 103 mg/100 mL) (2), tan apreciado hoy día por su capacidad antioxidante. Dentro de esta fracción fenólica los compuestos mayoritarios pertenecen al grupo de los antocianos (flavonoides coloreados), elagitaninos, derivados del ácido elágico y otros taninos hidrolizables.

Dentro del grupo de los compuestos fenólicos coloreados, la granada se caracteriza por la presencia de 6 antocianos, derivados 3-glucósidos y 3,5 diglucósidos de delfinidina, cianidina y pelargonidina (Fig. 1).

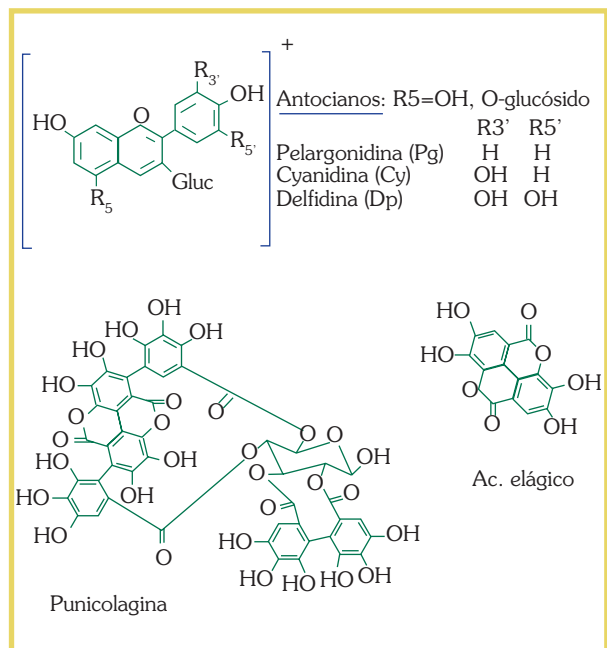
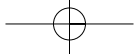


Fig. 1. Principales compuestos fenólicos de la granada.

Los derivados de cianidina son los que encuentran en mayor proporción (por encima del 60%), otorgando en total una alta concentración de estos flavonoides (alrededor de 13,3 mg/100 g de porción comestible o 40 mg/100 mL de zumo).

Dentro del segundo grupo, son las punicalaginas (Fig. 1) los compuestos más abundantes, con concentraciones que alcanzan los 52 mg/100 mg de porción comestible (156 mg/100 mL de zumo), el ácido elágico (Fig. 1) y sus derivados se encuentran en proporciones algo inferiores (un total de 4 mg/100 mg o 12 mg/100 mL zumo) y el total de otros taninos hidrolizables alcanza valores de 14 mg/100 mg (42 mg/100 mL zumo). No obstante, en algunos zumos comerciales, se han descrito concentraciones mucho más elevadas de los tres últimos grupos de compuestos (2), alterándose también la proporción de antocianos y ácido elágico según la variedad de granada (3,4).

EFFECTOS BENEFICIOSOS

Desde antiguo se conocen los beneficios que este fruto proporciona a nuestra salud, apareciendo ya en el libro "Historia Naturalista" de Plinio el Viejo, y en pinturas y mosaicos de los tiempos de Pompeya (5). Probablemente, lo más llamativo es su fama como estimulante sexual, visto lo cual se le ha consi-

derado desde la época griega como un alimento afrodisíaco.

Su alto contenido en agua y potasio y escasa concentración de sodio, le confieren propiedades diuréticas y depurativas, lo que unido a su concentración en ácido cítrico hace que se favorezca la eliminación de ácido úrico y sus sales a través de la orina, por lo que su consumo es muy adecuado en caso de padecer gota, litiasis renal por sales de ácido úrico, obesidad o hipertensión.

También es importante su papel astringente y antiinflamatorio, debido a la presencia de taninos, y presenta cualidades antisépticas y antiinflamatorias debidas a presencia de los ácidos cítrico y málico.

La corteza del fruto y las láminas internas que separan los granos son ricas en alcaloides, fundamentalmente en peleterina, lo que les confieren propiedades vermífugas. Así mismo, las punicalaginas de la corteza le otorgan efectos antitumorales a sus preparados (6).

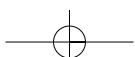
Recientemente también se ha descrito que la granada tiene propiedades antisépticas y desinfectantes contra *Bacillus subtilis*, *E. coli* y *S. cerevisiae* (7). Y, como se describirá más adelante, existen sustancias que les otorgan elevada capacidad antioxidante (8), siendo los compuestos fenólicos los principales responsables de la misma, indicando estudios actuales que frenan los procesos de envejecimiento, y aparición de enfermedades degenerativas como cerebro y cardiovasculares, cáncer y patologías asociadas (9-11).

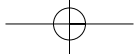
También se ha descrito el efecto antiarterioesclerótico del zumo, en humanos y ratones (12) y puede ser recomendado para la prevención de enfermedades inflamatorias y apoplejías (13), así como en tratamientos contra el sida (14).

IMPORTANCIA DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS EN LA GRANADA

Como se ha mencionado anteriormente, la importancia de los compuestos fenólicos de la granada es doble, ya que por un lado son responsables de sus características organolépticas, fundamentalmente de su atractivo color rojo y de su capacidad captadora de radicales libres, lo que hace que este grupo de sustancias sea, hoy día, incluido entre los potenciales promotores de la salud.

Los antocianos son los compuestos responsables de los colores rojos de bayas y ciertos frutos como granada, manzana, ciruela, cereza, uvas, etc. No hay que olvidar que el color juega un importante pa-





pel en nuestra apetencia y atracción hacia un alimento determinado, tanto desde el punto de vista de la estética como del de indicador de calidad. Con respecto a este último punto el color nos puede hacer intuir el sabor de un alimento, influyendo sobre nuestras preferencias, aceptación y elección del mismo, por lo que el papel de los antocianos en la ingesta de granadas es fundamental, ya que cuanto más rojo sea el grano mayor es la aceptación.

No obstante, el color que otorga este tipo de flavonoides varía con la estructura molecular, ya que si aumenta la hidroxilación aumenta la coloración azulada. La forma responsable de la coloración roja es la del catión flavilio (representada en la figura 1), aunque dependiendo del pH o de la temperatura pueden desplazarse hacia las otras formas con las que se mantiene en equilibrio, y que son incoloras (pseudobase carbinol y chalcona) o azulada (base quinoidal), produciendo, generalmente, alteraciones indeseables. Así, la forma de catión *flavilium* predomina a bajo pH (< 3) y temperatura de 20 °C, desplazándose el equilibrio hacia las otras formas a medida que aumentamos estos dos factores (15). Además hay otros elementos que influyen en la estabilidad de estos pigmentos, como son el ácido ascórbico, los azúcares, la presencia de copigmentos, enzimas, etc.

También se ha demostrado la actividad captadora de radicales libres de estos flavonoides (16), lo que hace que un 10% de la capacidad antioxidante del zumo de granada se deba a la presencia de estos polifenoles (2).

Pero sin duda los compuestos que presentan una mayor capacidad captadora de radicales libres son las punicalaginas, responsables del 50% de esta actividad en el zumo de granada (2), seguida de otros taninos hidrolizables (33% de actividad total), siendo muy inferior la actividad debida al ácido elágico (aprox. 3%).

La punicalagina es un elagitanino en el cual los ácidos galálgico y elágico se unen a una molécula de glucosa (Fig. 1), siendo los isómeros de la misma los responsables de la coloración amarillenta de la corteza.

DISPONIBILIDAD DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES DURANTE LA DIGESTIÓN

Todo lo descrito anteriormente se basa en los efectos que presentan estos compuestos de forma natural, ahora bien, al ser ingeridos y tras su paso por el tracto gastro-intestinal, estos metabolitos pueden sufrir transformaciones o ser degradados dando

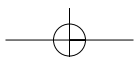
otros productos que carezcan de estas propiedades. No obstante, como se verá a continuación, hay algunos trabajos, en los que se describen estas reacciones, que demuestran que tras la digestión un porcentaje de los mismos se mantiene, con sus consecuentes efectos beneficiosos para la salud. Si bien, existe una transformación en otros metabolitos de actividad mucho menor.

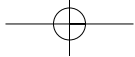
En un trabajo reciente (17) se estudió la disponibilidad *in vitro* de los compuestos fenólicos no coloreados, los antocianos y la vitamina C de la granada, mediante un sistema que simula la influencia de las condiciones fisiológicas del estómago y el intestino delgado y permite determinar la liberación y/o transformación de estos compuestos durante la digestión gastrointestinal. Los resultados demostraron que los compuestos fenólicos no coloreados siguen disponibles tras la digestión en concentraciones elevadas (aprox. 30% disponible), aunque los antocianos y la vitamina C sufren grandes pérdidas (> 95%). En el caso de los antocianos la degradación se produce durante su paso por el tracto intestinal, debido fundamentalmente al pH existente, mientras que no se aprecian pérdidas durante la digestión estomacal. No obstante, tampoco su degradación es total ya que parte de los mismos se encuentran en sus formas no rojas (base quinoidal, pseudobase carbinol y chalcona), de las cuales no está estudiada su actividad. En el caso de la vitamina C sí se producen metabolitos de oxidación, fundamentalmente ácido dehidroascórbico.

Ensayos posteriores (datos no publicados) nos han demostrado que la capacidad antioxidante se mantiene en los extractos obtenidos tras la digestión, de manera directamente proporcional a la concentración de fenoles totales. Lo cual indica que, teóricamente, tanto los metabolitos intactos como algunos de sus productos de degradación mantienen su actividad tras su paso por el tracto gastrointestinal.

El tema de la disponibilidad de los derivados del ácido elágico y los elagitaninos presentes en alimentos también ha sido muy poco estudiado. Algunos estudios en ratas indicaban la transformación metabólica del ácido elágico en 3,8-dihidroxi-6H-dibenzo[b,d]piran-6-ona, que era excretada tal cual por orina y heces, siendo la microflora la responsable de dicha transformación (18). Sin embargo existe cierta controversia al respecto ya que, posteriormente, otros autores (19,20) no detectaron estos metabolitos de la microflora en la orina, sino los derivados intactos del ácido elágico.

Pero aún es menos conocido el destino de los elagitaninos, ya que ningún estudio, en animales o humanos, había sido publicado, hasta la aparición de un artículo en el año 2003 (21). En este trabajo los autores evaluaron la absorción y metabolismo de los isómeros de punicalagina en ratas tras su administración oral (37 días), siguiendo su rastro en heces, orina y plasma, para lo cual un suplemento alimen-





tario rico en ese metabolito fue suministrado en la dieta. Los resultados demostraron que tras una ingesta diaria de 0,6- 1,2 g de punicalagina, un 3-6% era excretado por heces y orina tal cual, o como productos de hidrólisis (derivados de 6H-dibenzo[b,d]piran-6-ona). En plasma la punicalagina se encontró en concentraciones aproximadas de 30 mg/mL, junto con derivados glucurónidos o metil éter del ácido elágico (Fig. 2). La 6H-dibenzo[b,d]piran-6-ona, también se detectó, sobre todo durante las últimas semanas del experimento.

Dada la baja recuperación (3-6%) de punicalagina o derivados, en heces u orina, los autores concluyen que la mayor parte de los elagitaninos deben ser transformados en metabolitos no detectables (por ejemplo CO₂) o acumulados en otros tejidos no analizados, aunque sólo se han detectado trazas de los mismos en hígado o riñones.

No obstante la inocuidad de la punicalagina es un asunto a debatir, ya que existen estudios que indican que su consumo puede producir necrosis hepática y nefrotoxicidad en ganado (22-24), si bien otros autores indican que posee actividad antioxidante y hepatoprotectora, aunque a dosis elevadas sí pueden aparecer problemas de toxicidad (25). Más de acuerdo con esta teoría, recientemente se ha publicado un trabajo en el que se asegura que la ingesta de altas dosis de este elagitanino durante 37 días consecutivos, no produce efectos tóxicos en ratas (26).

Estudios posteriores, de estos mismos autores (27), comprueban que la punicalagina, de demostrada actividad antioxidante *in vitro*, es metabolizada, en las personas sanas, por la microflora del colon, dando lugar a compuestos biodisponibles pero de baja actividad antioxidante, concretamente los glucurónidos de 3,8-dihidroxi-6H-dibenzopiran-6-ona e hidroxilado de la 6H-dibenzopiranona, así como una aglicona no identificada (posiblemente el derivado trihidroxilado de la 6H-dibenzopiranona), no detectando ni punicalagina ni ácido elágico en plasma u orina.

Todo este tipo de investigación es bastante reciente y se precisa de mucho más trabajo en este campo, coordinando los conocimientos de fisiólogos, químicos de alimentos y profesionales de la medicina, para determinar la verdadera importancia de estos metabolitos en la salud.

ALIMENTOS ELABORADOS COMO ALTERNATIVA AL CONSUMO FRESCO

A la vista de todo lo anterior, se podría aconsejar incluir la granada en la dieta de forma regular. Ahora bien, esto choca con dos inconvenientes: el pri-

mero y fundamental es la dificultad del pelado y desgranado, lo cual hace que disminuya su consumo frente a otras frutas y, en menor medida, la época de recolección, ya que está disponible sólo unos meses al año. Ambos serían subsanables si se comercializasen alimentos procesados derivados de este fruto, algo que ya existe en otros países, como EE.UU., donde el zumo de granada es muy apreciado. En España actualmente se están investigando diferentes posibilidades de alimentos elaborados a partir de zumo de granada, que se comentarán más adelante.

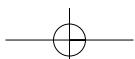
Esta solución, además, beneficiaría mucho al sector dedicado a la comercialización de granadas en fresco, ya que, a pesar de la aparente robustez del fruto, este es muy delicado, con gran propensión a una fisiopatía conocida como "rajado", lo cual, unido a las exigencias del mercado en cuanto a calibre y apariencia externa, hace que el número de frutos de destrío sea muy elevado, lo que, a su vez, encarece el producto fresco.

En este aspecto es muy importante tener en cuenta la influencia que puede tener el procesado sobre los constituyentes promotores de la salud, ya que estos pueden degradarse durante la elaboración de alimentos en la industria o durante su almacenamiento.

En general, el principal problema con el que se encuentra la industria dedicada a la elaboración de alimentos derivados de frutos rojos ricos en antocianos, es la pérdida de color o la alteración del mismo, debido a la degradación de los pigmentos por la acción, principalmente, de la alta temperatura a la que se somete el producto durante el tratamiento, a la acción enzimática (en parte como consecuencia de lo anterior), a la interacción con ciertos conservantes y a la exposición a la luz durante el almacenamiento.

En el caso de la granada, la alteración del color durante la elaboración o almacenamiento de los alimentos procesados, a nivel experimental, no es tan drástica como en otros frutos rojos (por ejemplo la fresa), ello se debe, en parte, a la naturaleza de los antocianos, característicos de la misma, ya que los diglucosilados son más estables que los mono-glucosilados, a la gran concentración de estos pigmentos y a la ausencia de actividad enzimática (PPO, POD), determinada en el zumo (28).

Existen pocos trabajos relacionados con alimentos procesados obtenidos a partir de la granada, aunque recientemente se ha publicado uno (4) en el que se determina la influencia del envase en el color y degradación de compuestos bioactivos durante el almacenamiento de los mismos. En él se indica que las pérdidas durante la elaboración (pasteurización del zumo) son bajas en el caso de los polifenoles totales (2%), siendo algo más elevadas en el caso de los pigmentos (14%) y produciéndose un incremento considerable (57%) en el caso del ácido elágico, como consecuencia de la



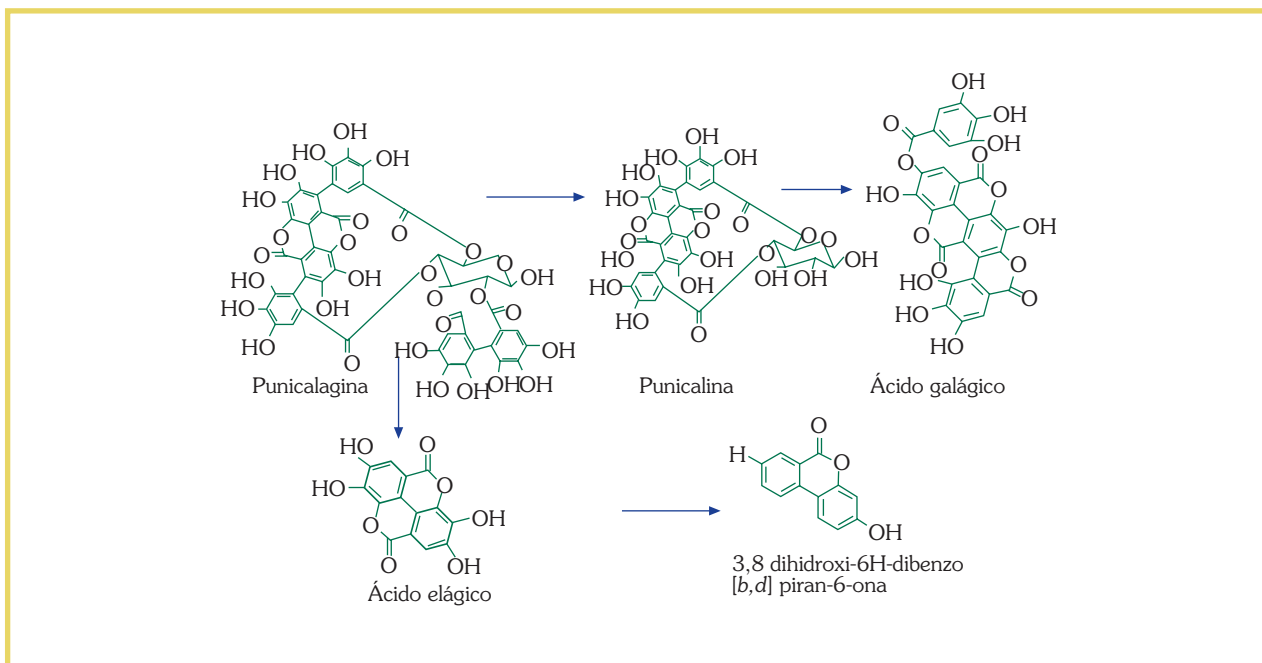
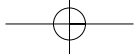


Fig. 2. Transformaciones gastrointestinales de la punicalagina.

ruptura de elagitaninos. Cuando se realiza el seguimiento de estos metabolitos bioactivos durante el almacenamiento, se observa que los fenoles no coloreados y el ácido elágico son muy estables durante este periodo, independientemente del tipo de envase empleado (vidrio verde, transparente o mini-brick), sin embargo aquellos envasados en mini-bricks pierden más del 50% de su concentración de antocianos a los dos meses de almacenamiento y el 97% a los 160 días, con su consiguiente alteración del color, lo cual los hace no aptos para su comercialización en largos periodos de tiempo. Es curioso observar cómo aquellos envasados en vidrio no sufren esta degradación tan drástica de pigmentos, alargándose considerablemente su vida útil. Todo ello demuestra algo muy interesante, y es que la permeabilidad al oxígeno que presentan algunos envases de cartón, tiene una influencia negativa superior a la luz, a la que están expuestos aquellos que se conservan en vidrio transparente.

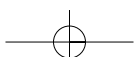
Otro aspecto a destacar de este trabajo es que se comprueba que la actividad antioxidante permanece inalterada durante el procesado y posterior conservación del zumo, lo cual hace del mismo un producto atractivo, organolépticamente y con interesantes beneficios para la salud.

En otro trabajo, realizado por el mismo grupo de investigación (3), se observó la gran influencia negativa que tiene la adición de ácido ascórbico (AA) al zumo de granada. Ya que aquellos zumos a los que se añadía este conservante natural, presentaban una vida útil menor de un mes, debido a la gran alteración del color, producida como consecuencia de la degradación de los antocianos, cuan-

do la conservación se hacía a temperatura ambiente (25 °C). No obstante también se demostró que si el almacenamiento era a temperatura de refrigeración (5 °C) los zumos conservaban sus propiedades intactas. La primera conclusión es de gran importancia para la industria del sector alimentario que añade ácido ascórbico de forma indiscriminada a todos los zumos, con el fin de conservar el color con un producto natural de reconocida actividad antioxidante, sin tener en cuenta el efecto de mutua degradación que se produce al reaccionar los antocianos con el AA (29), eliminando las propiedades beneficiosas de ambos.

Otro alimento derivado de la granada, que se encuentra actualmente en estudio, son las gelatinas (28). Este producto presentaría la gran ventaja de la ingestión del zumo de granada unido a una matriz de muy alto valor nutricional, ya que la gelatina está compuesta por un 90% de proteínas (33% de glicina, 22% de prolina e hidroxiprolina y el 45% restante de otros 17 aminoácidos). El resto de la composición es un 12% de agua y un 4% de sales minerales, no conteniendo grasas ni carbohidratos, y ausencia de conservantes. En este trabajo se describe la aceptación que tendría este producto, evaluada por un panel de catadores, al tiempo que se evalúan los problemas de conservación, ya que debe almacenarse a temperatura de refrigeración, para que conserve sus propiedades organolépticas y bioactivas intactas, siendo su vida útil, en el mejor de los casos, menor de dos meses.

También se ha descrito la posibilidad de la elaboración de jaleas (28). En este caso las pérdidas de antocianos durante la elaboración del alimento fueron ma-



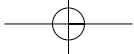


Fig. 3. Granadas.

yores (50%), pero, dada las características del producto esto no afectó al color, obteniendo una gran aceptación entre los miembros del panel de catadores, que evaluaron muy positivamente sus color y demás características organolépticas. La concentración de los pigmentos durante la conservación a temperatura ambiente disminuyó de forma drástica, pero siendo imperceptible el cambio de color al ojo humano. Ello puede deberse a la alta concentración de azúcar que poseen estos productos o a la formación de polímeros coloreados que otorgan al producto un color igualmente atractivo. La vitamina C sufrió pérdidas del 100% durante los dos primeros meses de almacenamiento, mientras que el ácido elálgico y los fenoles no coloreados no vieron alterada su concentración durante la elaboración o posterior conservación. Al estudiar la capacidad antioxidante, se pudo comprobar que esta sólo sufría un ligero descenso durante los 5 meses de almacenamiento, por lo que, al igual que el zumo fresco, seguía siendo un producto potencialmente beneficioso para la salud.

En el mismo trabajo también se describió la disponibilidad *in vitro* de estos compuestos tras su digestión gastrointestinal, concluyendo que si bien existe una drástica

disminución de los antocianos y ácido elálgico durante la digestión intestinal, los fenoles no coloreados sólo decrecen en un 50%, conservando su capacidad antioxidante proporcional a estas concentraciones.

Por último, otros investigadores (30,31) han contemplado la posibilidad de conservar los granos de granada en atmósferas modificadas, para así poder comercializarlo como producto de "cuarta gama". En ellos se describen las alteraciones de color y textura del grano durante su conservación, si bien nada indican de la capacidad antioxidante de los mismos durante la conservación, aunque se podría especular con una alteración proporcional a su composición fenólica, por lo que también sería una forma alternativa de ingerir este fruto, de propiedades beneficiosas para la salud, de forma cómoda (evitando el engorroso desgranado) durante gran parte del año (Fig. 3).

AGRADECIMIENTOS

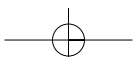
Los autores desean agradecer a JC Espín y B. Cerdá la cesión de las estructuras de punicalagina y ácido elálgico, de la figura 1, y transformación de punicalagina (Fig. 2) durante la digestión, respectivamente ●

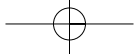
CORRESPONDENCIA:

Cristina García-Viguera
Laboratorio de Fitoquímica
Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos
Apdo. de Correos 164
30100 Espinardo. Murcia
Telf.: 968 396 304
Fax: 968 396 213
e-mail: cgviguera@cebas.csic.es

BIBLIOGRAFÍA

1. Souci SW, Fchmann W, Kraut H, Food Composition and Nutrition Tables 1986/87. Edit. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching b. München Alemania 1986, 1032.
2. Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA, Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J. Agric. Food Chem.* 2000; 48: 4581-9.
3. Martí N, Pérez-Vicente A, García-Viguera, C, Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *J. Sci. Food Agric.* (on line 2001); 82: 217-21.
4. Pérez-Vicente A, Serrano P, Abellán P, García-Viguera C, Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. *J. Sci. Food Agric.* 2004; 84: 639-44.
5. Melillo L, Diuretic plants in paintings of Pompeii. *Am. J. Nephrol.* 1994; 14: 423-5.
6. Kashiwada Y, Nonaka GI, Nishioka I, Chang JJ, Lee KH, Antitumor agents, 129. Tannin and related compounds as selective cytotoxic agents. *J. Nat. Prod.* 1992, 55, 1033-43.
7. De MK de A, Banerjee AB, Antimicrobial screening of some Indian spices. *Phytother. Res.* 1999; 13: 616-8.
8. Singh RP, Chidambara MKN, Jayaprakasha GK. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granata* L.). *J. Food Sci.* 2001; 72: 103-10.





- tum) peel and seed extracts using in vitro models. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 81-6.
9. Tijburg LBM, Mattern T, Folts JD, Weisgerber UM, Katan MB, Tea flavonoids and cardiovascular diseases: a review. *Crit. Rev. Food Sci Nutr* 1997; 37: 771-85.
 10. Adlercreutz H, Mazur W. Phyto-oestrogens and western diseases *Ann Med* 1997; 29: 95-120.
 11. Tapiero H, Tew KD, Nguyen BG, Mathé G, Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed. Pharmacother* 2002; 56: 200-7.
 12. Aviram M, Dornfeld L, Rosenblat M, Volkova N, Kaplan M, Coleman R, Hayek T, Presser D, Fuhrman B. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice *Am Clin Nutr* 2000; 71: 1062-76.
 13. Ness AR, Powles JW, Fruit and vegetables and cardiovascular disease: a review. *Int J Epidemiol* 1997; 6: 1-13.
 14. Lee J, Watson RR. Pomegranate: a role in health promotion and AIDS? *En Nutrition Food and AIDS*. Ed. RR Watson, CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA 1998. p. 179-92.
 15. Francis FJ, Food colorant: anthocyanins. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1989; 28: 273-341.
 16. Espín JC, Soler-Rivas C, Wichers HJ, García-Viguera C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of anti-radical activity for foodstuff. *J Agric Food Chem* 2000; 48: 1588-92.
 17. Pérez-Vicente A, Gil-Izquierdo A, García-Viguera C. In vitro gastrointestinal digestion study of pomegranate juice phenolic compounds, anthocyanins, and vitamin C. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 2308-12.
 18. Doyle B, Griffiths LA, The metabolism of ellagic acid in the rat. *Xerobiotica*, 1980; 10: 247-56.
 19. Smart RC, Huant MT, Chang RI, Sayer JM, Jerina DM, Conney AH, Disposition of the naturally occurring antimutagenic plant phenol, ellagic acid, and its synthetic derivatives 3-O-decylellagic acid and 3,3'-di-O-methylellagic acid in mice. *Carcinogenesis*, 1986; 7: 1663-7.
 20. Teel RW, Martin RM, Disposition of the plant phenol ellagic acid in the mouse following oral administration by gavage. *Xerobiotica*, 1988; 18: 397-405.
 21. Cerdá B, Lorach R, Cerón JJ, Espín JC, Tomás-Barberán FA, Evaluation of the bioavailability and metabolism in the rat of punicalagin, and antioxidant polyphenol from pomegranate juice. *Eur J Nutr* 2003; 42: 18-2. *Terminalia oblongata* 8.
 22. Doig AJ, Williams DH, Oelrichs PB, Baczynskij L, Isolation and structure elucidation of punicalagin, a toxic hydrolysable tannin from *Terminalia oblongata*. *J. Chem. Soc. Pekin Trans* 1, 1990. p. 2317-22.
 23. Filippich LJ, Zhu J, Alsalami MT, Hepatotoxic and nephrotoxic principles in *Terminalia oblongata*. *Res Vet Sci* 1991; 50: 170-7.
 24. Oelrichs PB, Pearce CM, Zhu J, Filippich LJ, Isolation and structure determination of terminalin: a toxic condensed tannin from *Terminalia oblongata*. *Nat. Toxins* 1994; 2: 144-50.
 25. Lin CC, Hsu YF, Lin TC, Hsu HY. Antioxidant and hepatoprotective effects of punicalagin and punicalin on acetaminophen-induced liver damage in rats. *Phytoter. Res.* 2001; 15: 206-12.
 26. Cerdá B, Cerón JJ, Tomás-Barberán FA, Espín JC, Repeated oral administration of high doses of the pomegranate ellagitannin punicalagin to rats for 37 days is not toxic. *J Agric Food Chem* 2003; 51: 3493-501.
 27. Cerdá B, Espín JC, Parra S, Martínez P, Tomás-Barberán FA. The potent in vitro antioxidant ellagitannins from pomegranate juice are metabolized into bioavailable but poor antioxidant hydroxy-6H-dibenzopyran-6-one derivatives by colonic microflora on healthy humans. *Eur J Nutr* 2004; 43 (en prensa).
 28. Pérez-Vicente A. Elaboración de alimentos de interés nutricional a partir de la granada (*Punica granatum* L). Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuela, Alicante 2004.
 29. García-Viguera C, Bridle P, Influence of structure on colour stability of anthocyanins and flavilium salts with ascorbic acid. *Food Chem* 1999; 64: 21-6.
 30. Gil MI, Artés F, Tomás-Barberán FA, Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigmentation of pomegranate seeds. *J Food Sci* 1996; 61: 161-4.
 31. Artés F, Tudela JA, Villaescusa R, Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biol Technol* 2000; 18: 245-51.

