

---

## SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE IV Y V GAMA DE HORTALIZAS

### By-products of fresh-cut and ready-to-eat vegetables industry

*Begoña de Ancos\*, Concepción Sánchez-Moreno, Clara Colina-Coca, Diana González-Peña,  
Lucía Jiménez y Rosario Gómez*

Departamento de Caracterización, Calidad y Seguridad, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ICTAN-CSIC. Calle José Antonio Novais, 10, 28040, Madrid, España. Correo electrónico: [ancos@ictan.csic.es](mailto:ancos@ictan.csic.es)

#### RESUMEN

La industria de productos derivados de vegetales tiene la necesidad de innovar y desarrollar nuevos alimentos que se adapten a las exigencias del consumidor actual que reclama alimentos fáciles de preparar y consumir, pero también seguros y de características similares a las de un producto fresco y, que además proporcionen una vida saludable y le protejan frente a enfermedades. En respuesta a estas demandas de los consumidores, la industria y los investigadores han desarrollado los llamados productos vegetales de IV y V gama. El procesado de alimentos vegetales produce millones de toneladas de subproductos que generan importantes problemas de gestión medioambiental a las empresas. Los métodos tradicionales de eliminación de los subproductos, como la alimentación animal, producción de biocombustibles y/o fertilizantes y la destrucción por incineración no aportan a las empresas el suficiente valor económico que aumente su competitividad, y además pueden causar un impacto medioambiental negativo. Sin embargo, el aprovechamiento de los subproductos del procesado de frutas y hortalizas para la obtención de compuestos fitoquímicos con actividad biológica (compuestos fenólicos, carotenoides, fibra dietética, betalainas, pectinas) que pueden ser empleados como ingredientes funcionales naturales, puede ser una solución

económicamente rentable para el desarrollo y mejora de la industria de procesado de vegetales. Por tanto, la reutilización de los subproductos del procesado de frutas y hortalizas como fuente para la obtención de compuestos fitoquímicos que pueden ser empleados en el diseño de nuevos alimentos funcionales, es un tema de máximo interés en la actualidad.

**Palabras clave:** Subproductos, vegetales frescos cortados, vegetales fáciles de preparar y consumir, fitoquímicos, ingredientes funcionales.

#### ABSTRACT

The industry of vegetable products has the need to innovate and develop new foods that fit the requirements of current consumer demands for convenience foods easier to consume, safe, similar to fresh products that provide a healthy life and protection against diseases. In response to these consumer demands, the industry and the researchers have developed the called vegetables products in 4th and 5th range. The processing of vegetables produces millions of tons of byproducts that generate important environmental management problems for the industry. Traditional methods of disposal of byproducts, animal feed, soil fertilizers and/or

---

biofuels and destruction by incineration do not provide to the industry the sufficient economic value to increase their competitiveness and also could cause a negative environmental impact.

Furthermore, the reuse of vegetable byproducts to obtain biologically active phytochemicals (phenolics, carotenoids, dietary fiber, betalains), that can be used as natural functional ingredients, could be a solution to the economic and environmental problems involved in removing the waste of the vegetable processing. Moreover, the reuse of the byproducts of fruit and vegetable processing as a source for obtaining phytochemicals which can be used in the design of new functional foods is a topic of great interest today.

**Keywords:** Byproducts, fresh-cut vegetables, ready-to-prepare and ready-to-eat vegetables, phytochemicals, functional ingredients

## INTRODUCCIÓN

Los hábitos y costumbres de los consumidores del siglo XXI están cambiando en consonancia con su ritmo de vida y como consecuencia de un mayor conocimiento del efecto que tiene los alimentos que ingieren en su salud y calidad de vida. En la actualidad, la demanda creciente por parte de los consumidores de alimentos fáciles de preparar o de consumir, seguros, con propiedades biológicas más allá de las nutricionales, y todo ello sin renunciar a las características sensoriales de frescura del alimento, han motivado a los investigadores e industriales a desarrollar nuevas tecnologías de procesado y conservación, cuyo principal objetivo es la inactivación de enzimas y de microorganismos alterantes y/o patógenos, tratando de eliminar las consecuencias adversas de las tecnologías tradicionales (tratamientos térmicos, secado, acidificación, salado, aditivos químicos, etc.), relacionadas con la pérdida de calidad sensorial y nutricional. De entre las

nuevas tecnologías de procesado y conservación de alimentos estudiadas en los últimos años, han sido las denominadas “tecnologías de procesado mínimo”, las que han recibido mayor atención por parte de investigadores, industriales y comerciales (González-Aguilar et al., 2005; Oms-Oliu et al., 2010; Artés y Allende, 2005). Dentro del grupo de alimentos obtenidos mediante un procesado mínimo estarían los productos vegetales frescos cortados o de IV gama. También como consecuencia del desarrollo de nuevos alimentos con sus características sensoriales y nutricionales mínimamente modificadas, han surgido los denominados alimentos vegetales de V gama.

Por otro lado, y dentro de la tendencia actual de consumir alimentos seguros y saludables pero libres de aditivos sintéticos, los consumidores demandan ingredientes o aditivos naturales capaces, no sólo de mantener la calidad inicial del alimento, sino también de proporcionar propiedades beneficiosas para la salud (reducción del riesgo de padecer enfermedades graves) que van más allá de los requerimientos nutricionales, es decir, reclaman lo que se conoce como alimentos o ingredientes funcionales. Los subproductos de la industria del procesado de vegetales proporcionan una materia prima rica en compuestos fitoquímicos (compuestos fenólicos, carotenoides, fibra dietética, vitamina C, minerales) que puede ser utilizada para la obtención de dichos ingredientes funcionales.

## EFECTOS BENEFICIOSOS PARA LA SALUD DEL CONSUMO DE FRUTAS Y HORTALIZAS: COMPUESTOS FITOQUÍMICOS

En los últimos años se ha observado un incremento progresivo en la dieta del número de raciones de frutas y hortalizas debido al mayor conocimiento que tiene el consumidor de las propiedades beneficiosas para la salud ligadas a su ingesta. Han surgido numerosos estudios

---

epidemiológicos que muestran la relación directa entre una dieta rica en frutas y hortalizas y la menor incidencia de enfermedades crónicas degenerativas como ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, degeneración macular, envejecimiento, etc. (Liu et al., 2000; Michels et al., 2000; Kris-Etherton et al., 2002; Trichopoulou et al., 2003; Willcox et al., 2003; Dauchet et al., 2006; Ordovás et al., 2007). Este efecto se atribuye a la presencia en estos alimentos de compuestos con determinadas acciones biológicas que producen efectos beneficiosos para la salud y que se conocen como compuestos bioactivos o fitoquímicos (Prior y Cao, 2000). La actividad biológica de los compuestos fitoquímicos o bioactivos (fibra dietética, carotenoides, compuestos fenólicos, vitaminas A, C y E, glucosinolatos, compuestos organosulfurados, lactonas sesquiterpénicas) ha sido estudiada mediante ensayos *in vitro*, *ex vivo* y mediante estudios de intervención en humanos (Liu, 2013).

En general, podríamos resumir y definir los compuestos fitoquímicos como “sustancias químicas que son constituyentes de alimentos de origen vegetal, y que proporcionan al alimento propiedades fisiológicas que van más allá de las nutricionales”.

Los mecanismos de la acción beneficiosa del consumo de frutas y hortalizas no son completamente conocidos, aunque parece que están relacionados con las interacciones sinérgicas o aditivas entre los compuestos fitoquímicos que contienen, a través de distintos mecanismos: como la modulación de la concentración de hormonas esteroideas y enzimas detoxificantes, la disminución de la agregación plaquetaria y de la presión sanguínea, la alteración del metabolismo del colesterol y del metabolismo hormonal, las actividades antioxidante, antiviral y antibacteriana, así como la estimulación de la respuesta inmune y la modificación de los procesos inflamatorios (Liu, 2013).

Sin embargo, las frutas y hortalizas deben ser procesadas por razones económicas o logísticas, para mejorar su digestibilidad, en función de los hábitos de consumo de cada país o para facilitar su ingesta a grupos con necesidades especiales (niños, enfermos, ancianos, mujeres embarazadas). Por tanto, existe un creciente interés en desarrollar nuevos sistemas de procesado que modifiquen mínimamente las características nutricionales y saludables de las frutas y hortalizas, o incluso que las potencien.

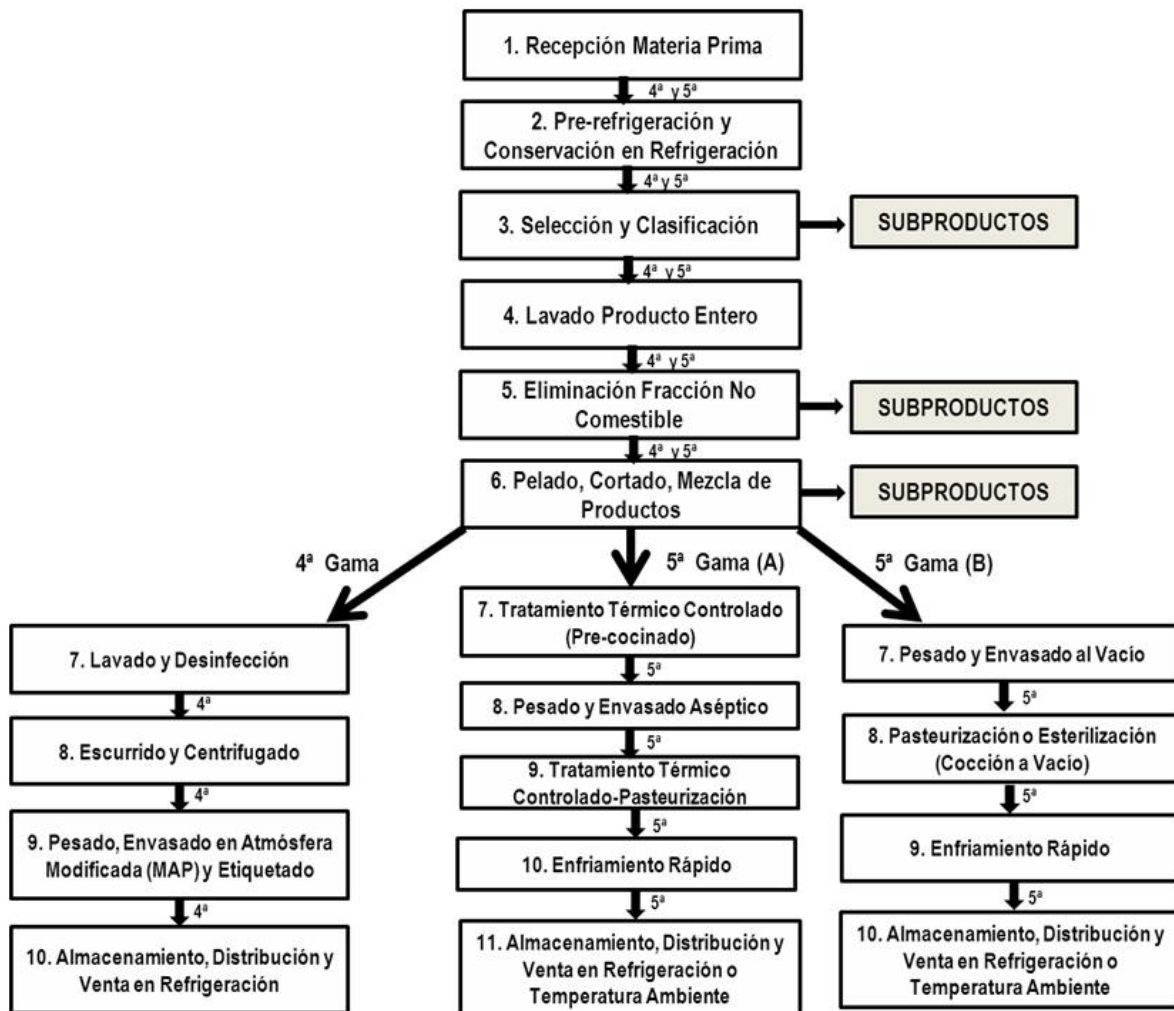
Por tanto, las perspectivas de crecimiento del sector de productos hortofrutícolas procesados pasa por satisfacer las demandas del consumidor actual preocupado por consumir alimentos sometidos a un procesado mínimo para mantener sus características de frescura inalteradas, y obtener alimentos seguros, nutritivos, libres de aditivos sintéticos, que aporten beneficios a su salud, cuya producción sea compatible con el medio ambiente que les rodea, además de ser convenientes, es decir, fáciles de preparar y de consumir. En este contexto se incluyen los alimentos vegetales (frutas y hortalizas) mínimamente procesados de IV y V gama.

## PRODUCTOS VEGETALES DE IV Y V GAMA

Los productos vegetales de IV gama, también llamados mínimamente procesados, procesados en fresco, listos para consumir (ready-to-eat) o frescos cortados (fresh-cut), son productos acondicionados para su consumo directo mediante procesos sencillos (selección, lavado, pelado, deshuesado, corte, higienizado) y tratamientos sencillos o combinados, siempre con aditivos naturales, que se envasan bajo un film plástico y se conservan en refrigeración bajo atmósfera modificada, lo que permite mantener la calidad del producto durante una vida útil de 7-10 días en condiciones de refrigeración (2-8 °C) (Artés y Allende, 2005; González-Aguilar *et al.*, 2005) (Diagrama 1). Por tanto, se envasan, conservan y distribuyen en refrigeración. No se

someten a tratamientos térmicos y están listos para consumir o cocinar y su calidad es

semejante a la del producto fresco del que provienen.



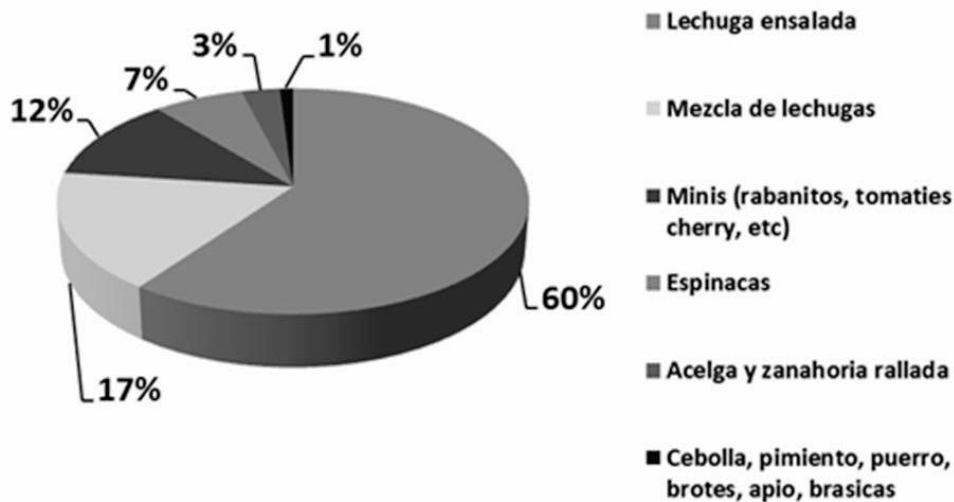
**Diagrama 1.** Etapas del procesado para la obtención de vegetales de IV y V gama

En España, la IV gama fue introducida a finales de los años 80 por la empresa Vega Mayor, S.A. (hoy Grupo Florette Ibérica) en Navarra, y ha ido adquiriendo cada vez más importancia, extendiéndose a otras zonas con gran producción hortofrutícola como Murcia, Comunidad Valenciana, Andalucía y Cataluña. Su principal canal de distribución ha sido los hipermercados, supermercados y comercios pequeños, que representa un 75% de las ventas, y el 25 % restante se ha dirigido al canal de hostelería y restauración (HORECA). Actualmente, los productos de IV gama se consumen en más del 60 % de los hogares

españoles, es decir, 13 millones de hogares españoles han incorporado este tipo de alimento en sus hábitos de consumo en el marco de una dieta saludable. La media del consumo en España de alimentos de IV gama ha variado poco en los últimos años siendo de aproximadamente 2,8 kg por persona y año. Sin embargo, en otros países europeos el consumo por habitante es muy superior. En el Reino Unido se consumen 12 kg por persona/año y en Francia e Italia 6 y 4 kg, respectivamente. En Estados Unidos, origen de la IV gama, el consumo es de 30 kg por persona al año (Aldaz, 2015). España es un mercado dinámico y la

comercialización de vegetales de IV gama se ha incrementado año tras año desde su introducción en España. Así, de una cifra de comercialización de 2.000 toneladas (t) en el año 1990 se ha llegado a 81.533 t en el año 2014, de las cuales 97% han sido hortalizas y el 3% restante frutas. Desde su introducción en el mercado español, las cifras de consumo en España de IV gama se han incrementado año tras años incluso en los años más duros de crisis económica. Así, de un incremento anual del 20% observado del año 2005 al 2006, se pasó a incrementos más moderados ( $\leq 6\%$ ) en años sucesivos. Las últimas cifras disponibles del año 2014 indican un crecimiento de un 4,9% respecto a 2013 (Aguerri-Esparza, 2014; Monje, 2014).

La producción de hortalizas de IV gama en España está constituida principalmente por ensaladas de lechugas de una única variedad (60%), mezclas de lechuga y otras hortalizas para ensaladas (incluyendo col lombarda, zanahoria rallada, canónigos, escarolas, etc.) (17%), hortalizas de pequeño tamaño y sabor intenso que se suelen denominar mini o baby (zanahorias, rabanitos, tomate cherry, etc.) (12%), espinaca (7%), acelga y zanahoria rallada (3%), y en menor cantidad (1%) cebolla, pimiento, puerro, mezcla para sopas, brotes, apio y brásicas (coles de bruselas, coliflor, brócoli y romanescu)(Figura 1). En el sector HORECA, los productos más populares son la patata y la cebolla cortada (Andujar-Sanchez et al., 2010; Monje, 2014; Aguerri-Esparza, 2014).



**Figura 1.** Porcentaje de hortalizas de IV gama producidas en España (Aguerri-Esparza, 2014).

Los alimentos de la V gama son aquellos productos sometidos a distintos procesos culinarios, que son envasados al vacío y que reciben tratamientos térmicos con un estricto control de tiempo y temperatura entre 50-85 °C (pasteurización). Estos tratamientos consiguen un producto con una calidad microbiológica adecuada para prolongar su vida útil entre 1-3 meses (dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico seleccionado) almacenados

a temperatura de refrigeración (Diagrama 1). Además, es muy importante que se mantenga la temperatura de refrigeración durante todas las fases de producción, almacenamiento, transporte, distribución y punto de venta, para conseguir que llegue hasta el consumidor un producto con la calidad sensorial y nutricional similar a la del recién elaborado. Están listos para consumir (después de calentar), son cómodos, prácticos y de buena calidad. Antes de

---

ser consumidos se requiere la denominada “regeneración”, que consiste en un calentamiento en horno convencional, microondas o por inmersión en agua (baño maría), sin necesidad de grandes manipulaciones. También existe una línea de productos de V gama esterilizados que pueden ser almacenados a temperatura ambiente (Baldwin, 2012).

El consumo de vegetales de IV y V gama está experimentando un aumento progresivo, no sólo a nivel de consumo doméstico, sino fundamentalmente a nivel de restauración colectiva (restaurantes, comedores escolares, comedores de empresa, hospitales). La IV y V gama permite tener preparados y listos para el consumo platos elaborados (o que requieran una manipulación sencilla) de alta calidad, siguiendo las recetas más apropiadas a consumidores con necesidades especiales como: personas con patologías específicas (colesterol alto, presión arterial elevada, problemas cardiovasculares); personas con una situación fisiológica determinada (embarazadas, menopausia, enfermos crónicos); personas de distintas edades (niños, adolescentes, ancianos); personas de distintas culturas y religiones (latinos, asiáticos, africanos, nórdicos, musulmanes, judíos, comunidades nativas). Los productos vegetales de V gama desarrollados son numerosos y variados y podemos encontrar desde productos con un único vegetal cocido o braseado (alcachofa, pimiento, zanahoria, guisantes, brócoli, champiñón, espárragos, etc.) hasta platos elaborados con mezclas de varios productos. También dentro de este grupo se comercializan sopas y purés de vegetales.

Además, el sector de la restauración está desarrollando nuevos modos de operar antes inexistentes, como la denominada “cocina de ensamblaje”. Se basa en el concepto de preparar o “montar” los platos a partir de productos con algún grado de elaboración que son combinados según una receta, con o sin cocción. Este sistema

se apoya en ambas tipologías de productos IV y V gama, y aporta un importante valor añadido al sector con ventajas notables de tipo económico, y además asegura al restaurador un alto grado de calidad de los productos que ofrece.

Actualmente los productos vegetales de IV y V gama son señalados por los expertos de mercado como una de las áreas con mayores perspectivas de crecimiento incluso en épocas de crisis económica, dado que dichos productos se encuentran en sintonía con las tendencias socio-demográficas actuales y de concienciación por parte del consumidor de seguir una alimentación basada en productos frescos, fáciles de preparar, seguros y saludables (FEHRCAREM, 2015).

### **IMPACTO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS VEGETALES DE IV Y V GAMA**

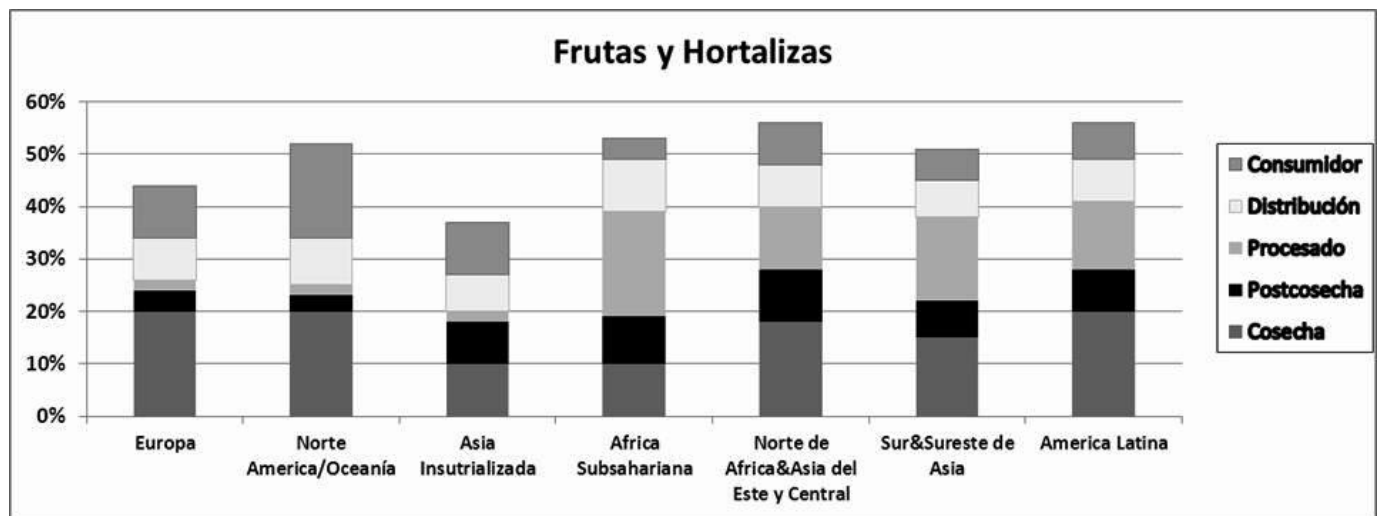
En Europa se producen más de 200 millones de toneladas de residuos de la transformación de frutas y hortalizas que son responsables del 20-30% del impacto medioambiental negativo que soporta esta región (Gustavsson *et al.*, 2011). Desde un punto de vista económico, los residuos encarecen el producto, cuyo coste es repercutido en el precio del producto. La legislación ambiental de la UE es exigente con el tratamiento de los residuos. La Directiva 2006/12/CE (CE, 2006a) establece la obligación a los Estados Miembros de implantar las medidas necesarias para reducir los residuos por reciclado, recuperación o su utilización como fuente de energía, así como incentivar cualquier otra acción destinada a obtener materias primas secundarias, que suponga una valorización de los mismos. Posteriormente la Directiva 2008/98/CE (CE, 2008) ya incluye la definición de subproducto.

La figura 2 muestra el porcentaje del peso inicial de frutas y hortalizas que es descartado en cada fase de la cadena de producción y distribución

en distintas regiones del mundo. Es destacable que en la mayoría de los países, el porcentaje del peso inicial de los productos vegetales que se pierde o descarta en forma de subproductos es superior al 40%, llegando a ser más del 50% en países menos industrializados (África subsahariana, Norte de África, Asia del Este y Central, Sur y Sureste de Asia, América Latina).

En las regiones más industrializadas (Europa, América del Norte, Oceanía, Asia

industrializada), se observa una importante pérdida de entre 15-20% debida a los descartes realizados por exigencias de calidad de los distribuidores. También en estos países se observan pérdidas importantes relacionadas con una manipulación incorrecta por parte del consumidor (Gustavsson et al., 2011).



**Figura 2.** Porcentaje de subproductos de frutas y hortalizas generados en la cadena de producción y distribución en distintas regiones del mundo (Gustavsson et al., 2011).

La industria de procesado de productos vegetales de IV y V gama genera grandes volúmenes de residuos agroindustriales que son difíciles de reutilizar, reciclar o eliminar, y que suponen un gasto importante para las empresas. Dicha situación ha provocado la necesidad de plantear proyectos innovadores con el objetivo de buscar nuevas vías de reutilización de estos residuos de bajo coste en productos de alto valor añadido que justifique la inversión, con el propósito de generar nuevos negocios y diversificar los productos que produce la empresa. Una de estas vías de investigación innovadora ha revelado a los subproductos agroindustriales como una fuente importante de compuestos fitoquímicos que pueden ser

*Simiente 85(3-4):47-76*

utilizados como ingredientes funcionales en la formulación de nuevos alimentos.

### REUTILIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE HORTALIZAS DE IV Y V GAMA: OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FITOQUÍMICOS

El procesado de frutas y hortalizas genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos; la recuperación total o parcial de estos residuos supone importantes ventajas de tipo económico, social y medioambiental. Generalmente, estos subproductos han sido reutilizados en alimentación animal, para el

---

compostaje de las tierras de cultivo o para la obtención de biomasa utilizada en la obtención de combustibles como el bioetanol (Lenucci et al., 2013).

El diagrama 1 muestra las distintas fases del procesado para la obtención de productos vegetales de IV y V gama. En este diagrama se observa que las primeras fases del procesado (1-6) son similares para los dos tipos de productos y coinciden con las fases que generan la mayor cantidad de subproductos. Estas fases iniciales son similares en la mayoría de los procesados de vegetales (zumos, pastas, salsas, productos esterilizados, congelados, y otros procesados).

Así, en la fase 3 (Diagrama 1), “selección y clasificación”, se descarta el producto entero deteriorado, bien por daño mecánico o por ataque fúngico, y en muchos casos cuando no reúnen las características de tamaño o grado de madurez exigidas por los parámetros de calidad comercial. En la fase 5 (Diagrama 1), “eliminación de la fracción no comestible”, se descartan hojas, vainas como en el guisante y judía verde (poroto), raíces, capas externas secas como en la cebolla o el ajo, hojas externas en la lechuga o la alcachofa, la mazorca (olote) en donde se encuentran los granos de maíz (choclo, elote), y otras partes no comestibles, siendo el peso del producto descartado (subproducto) muy variable dependiendo del producto. Por ejemplo, en el caso de la alcachofa y el apio el peso de los subproductos generados puede ser un 50-60% del peso del vegetal fresco inicial llegando a un 75% en el procesado de guisante (Larrosa et al., 2002). Por último, en la fase 6 (Diagrama 1), “pelado y cortado”, se descartan la piel, las semillas y huesos, que suelen ser los subproductos donde se encuentra la mayor concentración de compuestos fitoquímicos (Moure et al., 2001; Ayala-Zabala et al., 2011).

Existen varias revisiones que resumen los trabajos publicados relacionados con la obtención de compuestos fitoquímicos a partir

de subproductos agroindustriales y su aplicación en el diseño de nuevos alimentos funcionales. Así, Schieber et al., (2001), realizaron una de las primeras revisiones sobre la utilidad de los subproductos del procesado de productos vegetales como materia prima barata para la obtención de fitoquímicos (vitamina C, compuestos fenólicos, carotenos, tocoferoles, minerales y otros). Además, estos residuos agroindustriales podían ser una importante fuente de ingredientes antioxidantes (Morue et al., 2001). Uno de los ingredientes bioactivos más importantes que puede ser obtenido a partir de estos subproductos es la fibra dietética (Larrauri, 1999; García-Herrera et al., 2010). O’ Shea et al. (2012) resumieron gran parte de los trabajos publicado hasta esa fecha sobre la utilidad de los subproductos del procesado de frutas y hortalizas para la obtención de fibra dietética y otros fitoquímicos que pueden ser utilizados como ingredientes funcionales. Los subproductos obtenidos del procesado de los vegetales también presentan un alto contenido en compuestos fenólicos con importantes propiedades antioxidantes (Larrosa et al., 2002; Balasundram et al., 2006). En la actualidad, el incremento del consumo de derivados de frutas tropicales, por su alto valor nutricional y características beneficiosas para la salud, ha hecho que el procesado de estas frutas (zumos, purés, enlatados, producto fresco cortado, y otras formas de preparación), genere una gran cantidad de subproductos ricos en compuestos fitoquímicos que pueden ser utilizados como aditivos naturales con distintas actividades (antioxidante, antipardecimiento, antimicrobianos, colorantes, texturizantes) (Ayala-Zabala et al., 2011).

A continuación se describen algunos subproductos procedentes del procesado de hortalizas como materia prima para la obtención de compuestos fitoquímicos que pueden ser utilizados como ingredientes funcionales.



### *Lechuga (Lettuca sativa L.)*

Aproximadamente 24,89 millones de toneladas de lechuga se produjeron en el año 2013 en todo el mundo, siendo España el cuarto país productor con 904.300 t (América Central, 441.716,00 t; América del Sur, 332.657,43 t) (FAOSTAT, 2013a). En España, el 75% de la producción de lechuga se sitúa en Andalucía (33%), la Región de Murcia (32%) y la Comunidad Valenciana (10%) (MARM, 2009). Además, el 62% de la superficie de cultivo de lechugas para IV gama se encuentra en la región de Murcia (Andujar et al., 2010), siendo las variedades acogolladas tipo iceberg las más utilizadas.

Los subproductos de lechuga son un material vegetal rico en compuesto fenólicos. Numerosos estudios epidemiológicos han mostrado que una dieta con un alto contenido en alimentos vegetales ricos en compuestos fenólicos reducen el riesgo de padecer enfermedades crónicas severas, incluidas enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 (T2D) y ciertos tipos de cáncer, entre otras (Bohn, 2014). Este efecto beneficioso para la salud atribuido a los polifenoles está relacionado con su acción antiinflamatoria, antioxidante y su capacidad de inhibir la proliferación celular que se traduce en la reducción del colesterol, los triglicéridos, los niveles séricos de ácidos grasos y de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y de aumentar las lipoproteínas de alta densidad (HDL). Además, presentan una alta capacidad para inhibir la proliferación de las células favoreciendo la disminución de la velocidad de crecimiento y la apoptosis celular. El consumo

diario de compuestos fenólicos es de  $823\pm 323$  mg/día en España, que es 10 veces superior que el consumo de vitamina C y 100 veces mayor que el de  $\beta$ -caroteno y vitamina E, si bien depende de las costumbres culturales y familiares (Crozier et al, 2009; Mitjavila y Moreno, 2012; Tresserra-Rimbau et al. 2013).

La lechuga es uno de los productos más empleado en la preparación de alimentos de la IV gama, estimándose que un 60% del total de productos de vegetales frescos cortados están elaborados con lechuga y escarola. En la actualidad, existe una creciente demanda del consumo de ensaladas de una sola variedad de lechuga (Iceberg, Batavia, Trocadero, Lollo roso, Hoja de roble o Romana), o mezclas de hojas de estas variedades, observándose un incremento cada vez mayor del consumo de mezcla de mini hojas (baby leaf), de lechuga y otros vegetales de hoja como espinaca, acelga, berros, canónigos y rúcula.

Los subproductos del procesado de lechuga están constituidos fundamentalmente por las hojas externas y parte del tallo. Su composición variará en función de la variedad de lechuga así como por las condiciones climatológicas y las prácticas agrícolas utilizadas en el material vegetal de partida (frecuencia de riego, tipo de abono, etc.). Hay que destacar que las hojas externas de la lechuga presentan mayor contenido en compuesto fenólicos que las internas (Hohl et al, 2001).

**Cuadro 1.** Compuestos fenólicos extraídos de los subproductos de lechuga y escarola

Variedad	Fenoles Totales ( $\mu\text{g/g pf}$ )	Flavonoles Totales ( $\mu\text{g/g pf}$ )	Flavonas Totales ( $\mu\text{g/g pf}$ )
<b>Romana</b>			
(extracción agua)	496,00	84,22	46,33
(extracción metanol)	221,00	85,15	30,42
<b>Iceberg</b>			
(extracción agua)	211,05	21,84	7,14
(extracción metanol)	108,10	24,38	9,20
<b>Baby</b>			
(extracción agua)	1088,00	157,70	5,80
(extracción metanol)	1215,20	320,23	21,70
<b>Escarola</b>			
(extracción agua)	420,50	346,32	nd
(extracción metanol)	415,43	407,00	nd

Pf: peso fresco, nd: no detectado. Fuente: Llorach et al. (2004)

Generalmente, la mayoría de la composición fenólica de las lechugas (90%) está constituida por derivados del ácido cafeico, principalmente esterificados con ácido quínico (ácido clorogénico e isoclorogénico), tartárico (ácido cicórico) y málico (Llorac *et al.*, 2008). Los compuestos flavonoides identificados en las hojas de lechuga representan una fracción minoritaria (5%) y son principalmente flavonoles, flavonas y antocianos conjugados con glucosa, ramnosa y ácido glucurónido (variedades de hoja pigmentada). Los flavonoles más comunes encontrados en la lechuga son derivados de quercetina y kaempferol, pero también se han identificado flavonas derivadas de la luteína y antocianos derivados de la cianidina (Llorac et al, 2008).

Por tanto, los derivados de quercetina son los flavonoles mayoritarios en la lechuga, que se encuentran en mayor concentración en las lechugas con hojas rojas que en las variedades verdes [quercetina-3-O-glucósido, quercetina-3-O-rutinósido, quercetina-7-O-glucurónido, quercetina-3-O-(6"-O-malonilglucósido) y otros derivados]. Sin embargo, los derivados de kaempferol se encuentran sólo en la escarola (kaempferol-3-O-glucurónido y kaempferol-3-O-(6-O-malonilglucósido). Los derivados de

luteolina son flavonas prácticamente inexistente en las lechugas verdes siendo más abundante en las pigmentadas como Lollo rosso (luteolina-7-glucurónido, luteolin-7-glucósido y luteolina-7-rutósido). Los antocianos más frecuentes en las lechugas rojas son cianidina-3-O-(6-malonilglucósido) y cianidina-3-O-glucósido (Llorac et al, 2008).

La concentración de compuestos fenólicos totales en las lechugas es baja y depende de la variedad analizada [Iceberg (18,2 $\pm$ 0.6 mg/100 g fw); Romana (63,5 $\pm$ 3,5 mg/100 g fw); Lollo rosso (571,2 $\pm$ 33,1 mg/100 g fw)] (Llorac *et al.*, 2008). Sin embargo, el alto consumo diario de este vegetal en España lo convierten en una importante fuente de compuestos fenólicos. Así, un estudio sobre la cantidad de compuestos fenólicos que la dieta proporciona cada día, indica que el consumo de lechuga aporta el 1% de los 823 $\pm$ 323 mg/día de compuestos fenólicos consumidos en España (Tresserra-Rimbau et al. 2013).

El cuadro 1 muestra la composición fenólica de los subproductos de la producción de lechuga de IV gama en función de la variedad de la lechuga y del disolvente utilizado (Llorac et al., 2004).

---

**Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanacea)**

El tomate se encuentra entre los diez productos agrícolas que más se produjeron el año 2013 en todo el mundo (163,964 millones de toneladas). España ocupó el noveno lugar de la producción mundial con 3.683.600.00 t (6,7 millones t en América del Sur y 3,87 millones t en América Central) (FAOSTAT, 2013a).

El tomate y los productos procesados de tomate (tomate cortado, salsas, zumo, pasta, puré) presentan un alto contenido en micronutrientes (vitamina C y E, folato y minerales), fibra dietética y compuestos fitoquímicos: compuestos fenólicos y fundamentalmente carotenoides como el licopeno y la provitamina A  $\beta$ -caroteno (Sánchez-Moreno et al., 2008). El consumo de tomate y productos derivados de tomate ha sido asociado con un menor riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer (próstata) (Giovannucci, 2002), mostrando también un alto efecto protector frente a enfermedades cardiovasculares gracias a las importantes actividades antioxidante, antiplaquetaria y de reducción de los niveles de lípidos en sangre (Fuentes et al., 2013), que presenta el tomate. La actividad protectora asociada al consumo de tomate y productos procesados se ha puesto en evidencia mediante numerosos ensayos *in vivo*, en los que se ha constatado la reducción de determinados marcadores de oxidación lipídica (oxidación de las LDL y F2-isoprostanos) y de inflamación (Burton-Freeman et al., 2012). El efecto protector que presenta el consumo de tomate y productos procesados ha sido asociado fundamentalmente a la presencia de licopeno (Giovannucci, 2002), que se encuentra en muy alta concentración en productos procesados de tomate y en los

correspondientes subproductos, principalmente en la piel (Chang et al., 2006).

El procesado de tomate da lugar a distintos tipos de subproductos (piel, semillas y pulpa, dependiendo del tipo de procesado) cuya concentración en fitoquímicos dependerá de distintos factores como las condiciones de procesado, la variedad y grado de madurez de los tomates utilizados. Así, en la elaboración de los derivados de tomate más importantes como zumos, pasta, salsa o concentrado de tomate, se obtiene un residuo sólido formado por un 56% de pieles y un 44% de semillas (Shieber *et al.*, 2001). El rendimiento de producción de los derivados de tomate puede oscilar entre un 95 y un 98% de la cantidad inicial, por lo que si consideramos un rendimiento medio aproximado del 96%, el residuo sólido o subproducto generado sería un 4% del peso de tomate inicial. El análisis químico de este subproducto muestra que está compuesto por fibra (59,03%), azúcares totales (25,73%), proteínas (19,27%), pectinas (7,55%), grasa total (5,85%) y minerales (3,92%) (Shieber et al., 2001; Valle et al., 2006).

Por tanto, los subproductos del procesado de tomate están formados principalmente por piel y semillas y pueden presentar una composición cualitativa en compuestos fitoquímicos similar a la del fruto de tomate entero. Generalmente, la piel es el subproducto con mayor concentración en licopeno y compuestos fenólicos, mientras que las semillas, además de compuestos fenólicos, presentan un alto contenido en ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linoleico (Shieber et al. 2001; Lenucci et al., 2010).

**Cuadro 2.** Compuestos fitoquímicos extraídos de tomate entero y de su correspondiente subproducto constituido por piel y semillas.

Compuesto	Tomate entero	Subproducto	Significancia
<b>Carotenos (µg/g ps)</b>			
Licopeno	1013,2±89	413,7±80	**
β-Caroteno	86,1±4,4	149,8±86	**
<b>α-Tocoferol (µg/g ps)</b>	85,8±5,9	155,7±10	**
<b>Esteroles (µg/g ps)</b>			
β-Sitosterol	91,5±2,2	378,8±53	**
Stigmasterol	67,3±2,5	151,7±19	**
Campesterol	10,8±0,8	65,6±5,8	**
<b>Polifenoles (µg/g ps)</b>			
Ácidos Hidroxicinámicos	105,5±2,4	120,8±8,3	ns
Ácidos Fenólicos	120,3±2,3	128,1±7,6	ns
Flavonoides	51,8±2,3	378,7±62	**
Naringenina (% Flavonoides)	8,3±0,7	63,5±4,6	**

Ps: peso seco; ns: no significativo. \*:  $P < 0$ . \*\*:  $P < 0.01$ . Fuente, Kalogeropoulos et al. (2012).

El subproducto obtenido en la elaboración de pasta de tomate (semillas y piel) presenta una cantidad similar de fenoles totales y de actividad antioxidante (DPPH y FRAP) que el tomate entero inicial, si bien en este último predomina los ácidos hidroxicinámicos, ácidos cafeico y

clorogénico, mientras que en los subproductos predomina los flavonoides, principalmente naringenina (87%) (Kalogeropoulos et al., 2012) (Cuadro 2).

**Cuadro 3.** Compuestos fotoquímicos extraídos de los subproductos del tomate.

Subproducto	Fitoquímico	Concentración	Fuente
Entero	Licopeno	29 µg/g pf	Choudhari et al. 2007
Piel	Licopeno	486 µg/g pf	Choudhari et al. 2007
Piel (extracción enzimática con pectinasas)	Licopeno	1590 µg/g pf	Choudhari et al. 2007
Entero	Licopeno	1013 µg/g ps (38,8 µg/g pf)	Kalogeropoulos et al. 2012 Kalogeropoulos et al. 2012
Piel+semillas	Licopeno	414 µg/g ps (78,12 µg/g pf)	
Piel+semillas (extracción disolvente)	Licopeno	310 µg/g ps	Baysal et al. 2000
Piel+semillas (SFE+5% etanol)	Licopeno	465 µg/g ps	Baysal et al. 2000
Piel+semillas	Licopeno	864 µg/g ps	Knoblich et al. 2005
Piel	Licopeno	19,8 µg/g pf	Kaur et al. 2008
Pulpa	Fenoles	92-270 µg/g pf	George et al. 2004
Piel	Fenoles	104-400 µg/g pf	George et al. 2004
Pulpa	Fenoles	127 µg/g pf	Toor y Savage, 2005
Piel	Fenoles	291 µg/g pf	Toor y Savage, 2005
Semillas	Fenoles	220 µg/g pf	Toor y Savage, 2005
Piel+semillas	Fibra	50% ps	Valle et al. 2006

Pf: peso fresco; ps: peso seco; SFE (supercritical fluid extraction), extracción por fluidos supercríticos.

Sin embargo, cuando se calcula la concentración de licopeno en peso fresco, la piel del tomate presenta una cantidad de licopeno (486 µg/g peso fresco-pf) significativamente mayor que el tomate entero (29 µg/g pf) (Choudhari et al., 2007) (Cuadro 3). El empleo de enzimas capaces de hidrolizar la pared celular como celulasas y pectinasas, puede incrementar un 107% y 206%, respectivamente, la extracción de licopeno de la piel del tomate (Choudhari y Ananthanarayan, 2007) (Cuadro 3). También la utilización de sistemas de extracción con dióxido de carbono supercrítico en presencia de etanol, puede incrementar hasta un 50% la cantidad de licopeno extraído de pieles de tomate (de 309 a 465 µg/g peso seco-ps) (Baysal et al., 2000).

Además de licopeno, los subproductos del tomate también son ricos en compuestos fenólicos, habiéndose demostrado que la piel y las semillas del tomate presentan una concentración más alta en compuestos fenólicos que la pulpa (Cuadro 3) (Kalogeropoulos et al., 2012).

La interesante composición en fitoquímicos de los subproductos del procesado de vegetales, los hace candidatos idóneos como ingredientes para la obtención de numerosos alimentos funcionales. En el cuadro 4 se muestran algunos ejemplos de funcionalización de alimentos con los subproductos de tomate.

**Cuadro 4.** Alimentos funcionarizados con ingredientes obtenidos de los subproductos del procesado de vegetales.

Vegetal	Subproducto	Fitoquímico	Alimento	Funcionalización	Fuente
<b>Tomate</b>	Piel (polvo)	Licopeno	Hamburguesa	Incrementar nivel de licopeno	García et al. 2009
	Pulpa de tomate	Licopeno Fibra Fenoles	Salsa ketchup	Espesante natural	Farahnaky et al. 2008
	Piel (polvo)	Licopeno β-caroteno	Salchicha	Incrementar nivel de carotenos	Calvo et al. 2008
<b>Cebolla</b>	Piel+anillos externos	Fenoles	Zumo de Tomate	Incrementar nivel de fenoles	Larrosa et al. 2002
<b>Zanahoria</b>	Coronas+puntas	Fenoles	Zumo de Tomate	Incrementar nivel de fenoles	Larrosa et al. 2002
	Residuo	Fenoles	Bebidas	Incrementar nivel de fenoles	Stoll et al. 2003
	Residuo	Fenoles	Dulce de miel	Aumentar vida útil 6 meses/30 °C	Durrani et al. 2011
<b>Alcachofa</b>	Hojas o líquido de escaldar	Fenoles	Zumo de Tomate	Incrementar nivel de fenoles	Larrosa et al. 2002
<b>Patata</b>	Piel	Fibra	Pan de trigo	Incrementa fibra	Kaack et al. 2006

#### *Alcachofa (Cynara scolymus L.)*

La producción mundial de alcachofa fue en el año 2013 de 1,79 millones de toneladas, siendo España el tercer país en el mundo productor de este vegetal (199.900 t en 2013) (2.022 t en América Central y 232.533,57 t en América del

sur) (FAOSTAT, 2013a). El procesado de alcachofa genera un 50-60% del peso inicial del producto fresco como subproducto debido al descarte de hojas externas y parte del tallo (Femenia et al., 1998; Larrosa et al., 2002).

Además, algunas tecnologías de procesado requieren un escaldado previo para inactivar enzimas (principalmente polifenoloxidasas, peroxidasa, lipoxigenasa, ascorbato oxidasa, pectin metil esterasa, galacturonasa), que da lugar a la formación de un volumen alto de residuos sólidos y líquidos (agua de escaldado), ambos subproductos ricos en compuestos

fenólicos y en fibra dietética. Así, el cuadro 5 muestra la concentración de compuestos fenólicos totales cuantificados en los subproductos (agua de escaldado) del procesado de alcachofa (Femenia *et al.*, 1998; Larrosa *et al.*, 2002).

**Cuadro 5.** Concentración de compuestos fenólicos extraídos de los subproductos del procesado de alcachofa.

Subproducto	Concentración
<b>Escaldado 1</b>	
Hojas escaldadas	4320 µg/g pf
Líquido de escaldar	6380 µg/ml
<b>Escaldado 2</b>	
Hojas escaldadas	4400 µg/g pf
Líquido de escaldar	6600 µg/ml

\*Equivalentes de ácido clorogénico; pf, peso fresco. Fuente: Larrosa *et al.*, 2002

El consumo de productos derivados de alcachofa ha demostrado tener propiedades beneficiosas para la salud, especialmente efecto hepatoprotector, anticancerígeno, e hipocolesterolémico (Llorach *et al.* 2002). De hecho, presenta importantes características antioxidantes por su alto contenido en derivados de ácido cafeico, ácido clorogénico (ácido 5-*O*-cafeoilquínico). También presenta un alto contenido en flavonoides especialmente apigenina y luteolina (glucósidos o rutinósidos) además de derivados de cianidina-cafeoilglucósido.

Sin embargo, debido a los tratamientos de calor aplicados, algunos compuestos fenólicos se transforman en sus isómeros como la cinarina (ácido 1,3-*O*-dicafeoilquínico) y el ácido neoclorogénico (ácido 3-*O*-cafeoilquínico) que provienen de la isomerización del ácido 1,5-*O*-dicafeoilquínico y del ácido clorogénico, respectivamente. A pesar de las posibles isomerizaciones, los subproductos de la

alcachofa presentan una alta capacidad antioxidante (Llorach *et al.*, 2002). En el cuadro 4 se muestran un ejemplo de funcionalización de alimentos con los subproductos de alcachofa.

#### **Zanahoria (*Daucus carota* L.)**

La producción mundial de zanahoria en el año 2013 fue de 37,22 millones de t de las que 372.300 t correspondieron a España (1,1 millones de t en América del Sur y 473.654 t en América Central) (FAOSTAT, 2013a).

La zanahoria es una de las hortalizas que más se consumen en la dieta Mediterránea (fresca, congelada, enlatada), y se ha incorporado como un producto de la IV y V gama en forma de tiras, palitos, rodajas, cuadrados, rallada o mini zanahorias (baby) enteras peladas y lavadas. Si las lechugas constituyen el 60% de los productos vegetales de IV gama, las zanahorias representan el 6% de este tipo de productos (Monje, 2014; Aguerri-Esparza, 2014).

La preparación de la zanahoria produce distintos tipos de subproductos: producto entero descartado, coronas y puntas de raíces y residuo del pelado. Así, los subproductos de la elaboración de zanahoria de IV y V gama pueden tener una composición cualitativa en compuestos fitoquímicos similar a los de la zanahoria entera, si bien, dicha composición dependerá de la variedad, de las condiciones de

cultivo utilizadas (riego, abonos, etc.) y de las condiciones del proceso utilizado.

Los subproductos del procesado de zanahoria presentan en su composición distintos tipos de fitoquímicos, principalmente compuestos fenólicos y carotenoides, y su concentración varía en función de la variedad y color de la zanahoria procesada (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Compuestos fotoquímicos extraídos en distintas variedades de zanahoria.

Variedad	Fenoles Totales (mg/g pf)*	Ácido Clorogénico (µg/g ps)	Carotenos Totales (µg/g ps)	β-caroteno (µg/g ps)	α-caroteno (µg/g ps)
Púrpura-naranja	38,7±5,4a	18790±38a	77,0±22e	127,2±17d	18,9±2c
Púrpura-amarillo	15,0±1,1b	7661±4,9b	334,2±12d	239,5±8c	83,7±4c
Roja	2,3±0,1c	1347±2,3c	610,1±40c	187,2±18c	1,7±0,7c
Naranja oscuro	1,66±0,1c	631±0,56c	1334,7±71a	940±54a	382±18a
Naranja	2,3±0,05c	1150±0,30c	816,3±17b	580±79b	228±141b
Amarillo	1,8±0,6c	306±1,59c	52,0±17f	30±8e	1,86±1,2c
Blanca	2,3±0,32c	977,6±2,78c	17,6±11f	2,8±4e	0,5±0,33c

\*Equivalentes de ácido gálico; pf: peso fresco; ps: peso seco. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $P<0,05$ ); Fuente: Sun et al., 2009.

Todas las variedades de zanahoria presentan concentraciones muy altas de derivados del ácido clorogénico y del ácido cafeico, incluidos los ácidos 3-O- y 5-O-cafeoilquínico, 3-O-p-cumorilquínico, 5-O-feruolquínico y 3,5-dicafeoilquínico. También presentan derivados de los ácidos p-hidroxibenzoico y ferúlico. Las variedades púrpuras presentan una mayor concentración en fenoles totales que las demás variedades (Cuadro 6), siendo mayoritario el ácido 5-O-cafeoilquínico (540 µg/g ps), que llega a tener una concentración hasta 10 veces superior que en las otras variedades. Además, las variedades púrpuras presentan en su composición antocianos y una mayor capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) que las demás variedades (Sun et al., 2009).

Las variedades naranjas tienen mayor concentración en carotenos totales (luteína+licopeno+α-caroteno+β-caroteno) que las otras variedades. Generalmente, β- y α-caroteno son los carotenoides mayoritarios en las zanahorias naranjas en un rango entre el 13-40% y 44-79% del total, respectivamente, mientras que en la variedad roja es el licopeno (419 µg/g ps) el carotenoide mayoritario (Cuadro 6) (Sun et al., 2009).

El residuo sólido obtenido del procesado de zanahoria también tiene un alto contenido en fibra dietética ya que el 63,6% del peso seco se ha identificado como fibra total de la que el 50% es fibra soluble (Chau et al., 2004). Contiene también alta concentración de compuesto fitoquímicos, principalmente compuestos fenólicos y carotenos, por lo que puede ser

---

utilizado para obtener un ingrediente funcional con características antioxidantes. Además tiene la ventaja de no transferir sabores no deseados al alimento al que es añadido (O'Shea et al., 2012). En el cuadro 4 se muestran algunos ejemplos de funcionalización de alimentos con los subproductos de zanahoria.

### ***Cebolla (Allium cepa L.)***

La producción de cebolla en España fue en el año 2013 de 1.186.600 t. En ese mismo año la producción mundial fue de 85,79 millones de toneladas (4,28 y 1,48 millones de toneladas en América del Sur y América Central, respectivamente) (FAOSTAT, 2013a). El procesado de cebolla produce una gran cantidad de residuos dado que es el vegetal más consumido en la mayoría de los países del Mundo. En Europa, se estima que se producen aproximadamente 500.000 toneladas anuales de residuos procedentes de la industria que procesa cebolla, principalmente en España, Reino Unido y Holanda (Benítez et al., 2011; Pelayo, 2012).

En la actualidad existe una creciente demanda por productos de cebolla pelada y cortada (aros de cebolla o cebolla troceada para cocinar) y el residuo producido por estas industrias está constituido principalmente por la piel externa, las dos primeras capas, la parte superior y la inferior del bulbo, raíces, y piezas enteras descartadas por daños mecánicos, contaminación microbiológica o deformaciones (Benítez *et al.*, 2011). Estos residuos son difíciles de utilizar para la alimentación animal por su fuerte aroma, y tampoco pueden ser utilizados como fertilizante ya que se descomponen con gran rapidez por el crecimiento de agentes fitopatógenos (*Sclerotium cepivorum*). Su destrucción por incineración presenta serios inconvenientes debidos a la contaminación atmosférica que producen y al elevado coste económico por ser un residuo con una gran cantidad de agua.

Por tanto, desde hace varios años se están investigando sistemas de reutilización de estos subproductos como ingredientes alimentarios. Estos residuos pueden ser utilizados para la obtención de ingredientes funcionales ya que la cebolla presenta en su composición numerosos compuestos fitoquímicos con reconocida actividad biológica. Los efectos beneficiosos para la salud que tiene la ingesta de cebolla se han relacionado con sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, entre otras (Griffiths et al. 2002; González-Peña et al., 2013). De hecho, el consumo de este vegetal se ha relacionado con una importante reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Hertog et al., 1993; Roldan-Marín et al., 2009a, 2010).

Los efectos beneficiosos para la salud de la cebolla han sido relacionados con su alta concentración en compuestos bioactivos entre los que cabe destacar los flavonoides, los compuestos organosulfurados como los sulfóxidos de S-alqu(en)il-L-cisteína (ACSOs), los fructooligosacáridos y la fibra dietética (Griffiths et al., 2002; Benítez et al., 2011; González-Peña et al., 2013; Colina-Coca et al., 2014). La cebolla es una de las mayores fuentes de flavonoides dietéticos en Europa, conteniendo principalmente compuestos de dos familias de este grupo: las antocianinas, responsables del color rojo-púrpura de algunas variedades, y los flavonoles como la quercetina y sus derivados, que son responsables de la tonalidad amarillenta de la pulpa y del color marrón de la piel de algunas variedades. Hay que destacar que los flavonoles, principalmente derivados de quercetina, se encuentran en una concentración muy alta en la fracción comestible de cebollas de piel marrón-amarilla (620-1285 mg/kg pf) si se compara con otros vegetales como brócoli (278 mg/kg pf), manzana (45 mg/kg pf) o una infusión de té verde (53 mg/l) (Neveu et al., 2010). La concentración de flavonoles en la piel externa es mucho más alta



que en el resto de la cebolla sobre todo en las de color marrón (Bermúdez et al., 2011). Los flavonoles más abundantes en este vegetal son derivados de quercetina, principalmente quercetina-4'-O-glucósido y quercetina-3,4'-O-diglucósido, además de pequeñas cantidades de isoramnetina-4'-glucósido y otros glicósidos de quercetina (González-Peña et al., 2013). Además, en algunas variedades de cebolla se han identificado otros glucósidos de quercetina, kaempferol e isoramnetina, y también antocianinas. Así, las cebollas rojas, además de tener una rica composición en flavonoles como las cebollas amarillas, presentan una alta concentración en antocianinas (250 mg/kg pf) constituida fundamentalmente por cianidina-3-O-(6'-malonilglucósido).

Por tanto, los residuos formados por la piel externa marrón, primeras capas y la parte cortada superior e inferior del bulbo pueden ser utilizados como ingredientes funcionales ricos en fibra dietética, principalmente compuesta por la fracción insoluble, y en flavonoles (quercetina) con capacidad antioxidante, antiinflamatoria, y

protectora de enfermedades cardiovasculares. De hecho, se ha visto que la piel externa marrón es la parte de la cebolla que presenta la concentración más alta en quercetina como aglicona y calcio, y las partes cortadas superior e inferior del bulbo son las que presentan la mayor concentración en minerales. La dos capas más externas pueden ser utilizadas como materia prima para la obtención de flavonoles y fibra dietética, mientras que las capas internas son mejores fuentes para fructanos y sulfóxidos S-alqu(en)il-L-cisteína. Como ejemplo de la alta concentración en compuestos fitoquímicos de los subproductos de la cebolla, el cuadro 7 muestra la composición de la cebolla cv Recas y de sus correspondientes subproductos (Benítez et al., 2011). Existen numerosos trabajos que han investigado el potencial de dichos subproductos como ingredientes bioactivos (Roldan-Marín et al., 2009b; 2010; Benítez et al., 2011; González-Peña et al., 2013; Colina-Coca et al., 2014). En el cuadro 4 se muestra un ejemplo de funcionalización de alimentos con los subproductos de cebolla.

**Cuadro 7.** Compuestos fitoquímicos extraídos de cebolla entera cv. Recas y de sus correspondientes subproductos.

	Fenoles Totales (mg/g ps) <sup>1</sup>	Flavonoides Totales (mg/g ps) <sup>2</sup>	ACSOs Totales (μmol/g ps)	Fibra Dietética Total (mg/g ps)	AA (FRAP) (μmol Fe <sup>2+</sup> /g ps)
<b>Cebolla Entera</b>	17,3±1,3	10,3±0,3	23,8	291	83,5±1,8
<b>Piel Marrón</b>	52,7±0,9	43,1±41,8	4,6	750	227,8±3,2
<b>Capas externas</b>	19,7±1,6	19,5±0,7	29,9	312	105,1±0,6
<b>Capas internas</b>	9,4±0,6	7,0±0,1	54,2	222	28,7±1,7
<b>Corte Superior-Inferior</b>	30,5±2,0	25,9±0,7	22,2	667	156,1±1,6

<sup>1</sup>Equivalentes de ácido gálico; <sup>2</sup>Equivalentes de quercetina; ps, peso seco. ACSOs, sulfóxidos de S-alqu(en)il-L-cisteína. <sup>3</sup>AA: Actividad antioxidante. Fuente: Benítez et al. 2011.

### *Patata (Solanum tuberosum L.)*

La producción de patata en España alcanzó 2.199.600 t en 2013 (376 millones de t de producción Mundial; 15,6 millones de t en

América del Sur y 2,3 millones de t en América Central) (FAOSTAT, 2013a). En el año 2013, la patata fue el noveno producto agrícola con mayor producción en España después de

aceituna, uva, tomate, naranja y remolacha (FAOSTAT, 2013b). Según datos más recientes de producción agrícola en España del año 2014, la producción de patata en España fue de 2.467.596 toneladas, tendiendo a estabilizarse después de haber sufrido un fuerte retroceso desde la incorporación de España a la UE. De los 2,46 millones de toneladas de patata producida en España en 2014, el consumo en los hogares fue contabilizado en 1.365.131 t, de las cuales 58.945 t fueron patatas procesadas (no congeladas), principalmente de IV y V gama (MAGRAMA, 2014).

La patata pelada y cortada (tiras para freír, rodajas para tortilla, etc.) es en la actualidad un producto habitual en las cocinas de los restaurantes y comedores colectivos por su facilidad de empleo y el ahorro de horas de trabajo que supone disponer de un producto de patata listo para ser cocinado y con unas características de calidad similares a las de una patata recién pelada.

El pelado y cortado de patata genera toneladas de subproductos cada año, que están constituidos principalmente por la piel. Estos subproductos presentan un alto contenido en fibra dietética, carbohidratos, almidón y compuestos fenólicos que variará en función de la variedad de la patata inicial (Cuadro 8). Los compuestos fenólicos en la patata se encuentran mayoritariamente en forma soluble (libre, ésteres solubles y glicósidos solubles) y en menor proporción fenoles en forma insoluble unidos a pared celular. Los compuestos fenólicos en forma soluble en la pulpa y en la piel de la patata son derivados del ácido hidroxicinámico, fundamentalmente derivados del ácido clorogénico. Las variedades de color púrpura presentan un mayor contenido en antocianos y en compuestos flavonoides que las variedades de pulpa blanca. Hay que destacar que la piel y el tejido próximo a la misma presentan concentraciones de compuestos fenólicos y actividad antioxidante hasta un 50% superior que la correspondiente pulpa (Albishi et al., 2013).

**Cuadro 8.** Compuestos fenólicos extraídos de patatas enteras y sus correspondientes subproductos

Variedad	Ácido Clorogénico (µg/g pf)*	Fenoles Totales (µg/g pf)
<b>Van Gogh</b>		
Entera pelada cocida	41±2	100
Piel cruda	260±25	340
Piel cocida	230±0.3	440
<b>Rosamunda</b>		
Entera pelada cocida	8,6±1,5	19
Piel cruda	150±11	250
Piel cocida	130±2,3	230
<b>Nicola</b>		
Entera pelada cocida	91±2,8	170
Piel cruda	230±15	350
Piel cocida	270±11	450

\*Equivalentes de ácido cafeico; pf: peso fresco. Fuente: Mattila y Hellstrom. 2007.

El principal compuesto fenólico soluble en la piel de la patata es el ácido clorogénico y sus

derivados (Mattila y Hellström, 2007). La concentración de compuestos fenólicos en la piel

cocida varía entre 230-450 µg/g pf, siendo esta concentración superior a la encontrada en la patata entera cocida (100-170 µg/g pf). Por tanto, la piel de patata es un excelente material de partida para la obtención de ingredientes funcionales (Cuadro 8) (Mattila y Hellström, 2007). Existen numerosos antecedentes que relacionan las propiedades beneficiosas para la salud con la ingesta de alimentos ricos en compuestos fenólicos como el ácido clorogénico al que se atribuyen propiedades antioxidantes, antitumorales y reductoras del índice glucémico, por lo que un ingrediente natural obtenido a partir de piel de patata sería apto para los consumidores con diabetes (O'Shea *et al.*, 2012). En el cuadro 4 se muestran un ejemplo de funcionalización de alimentos como el pan con un producto en polvo obtenido a partir de la piel de patata.

#### **Remolacha (*Beta vulgaris* L.)**

La producción de remolacha (*Beta vulgaris* L.) en España en el año 2013 fue de aproximadamente 2.468.700 t (FAOSTAT, 2013b). El consumo de las hojas (*Beta vulgaris* L. var. *cycla*) y de la raíz de remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *rubra*) ha sido habitual en la dieta Mediterránea y en la actualidad su utilización como ingredientes en ensaladas o platos cocinados es cada vez más frecuente, por lo que su procesado como productos de IV y V gama se ha incrementado (Ninfali y Angelino, 2013).

Los subproductos del procesado de la remolacha de IV y V gama estarían fundamentalmente constituidos por hojas, coronas y capas externas de la raíz y pulpas. Tradicionalmente, los subproductos de remolacha han sido reutilizados en la alimentación animal, para la obtención de fertilizantes, bio-absorbentes naturales para el pre-tratamiento de aguas residuales, alcoholes y biocombustibles. Sin embargo, estos subproductos son una fuente importante de compuestos con actividad biológica como fibra, betaína, betalaínas, polifenoles y minerales, que presentan un

importante valor como ingredientes funcionales (Pyo *et al.*, 2004; Stintzing y Carle, 2007; Canadanovic-Brunet *et al.*, 2011; Ninfali y Angelino, 2013).

Las raíces de remolacha se caracterizan por presentar pigmentos hidrosolubles nitrogenados conocidos como betalaínas, que están constituidos fundamentalmente por dos tipos de compuestos: pigmentos rojos denominados betacianinas siendo mayoritaria la betanina, y los pigmentos amarillos o betaxantinas como la vulgaxantina. En general, la pulpa de la raíz de remolacha contiene un alto contenido en fenoles totales (45,17 mg/100 g pf), flavonoides totales (30,42 mg/100 g pf), betaxantinas (2,12 mg/100 g pf) y betacianinas (2,90 mg/100 g pf) (Canadanovic-Brunet *et al.*, 2011). A partir de la remolacha se obtiene un colorante alimentario natural denominado "rojo remolacha" (E162), constituido fundamentalmente por betanina, siendo el rendimiento industrial de 0,5 g de betanina por kg de raíz de remolacha (Stintzing y Carle, 2007).

Las remolachas y sus subproductos también son una buena fuente de fibra dietética, vitamina C y minerales como potasio, manganeso, zinc, cobre, hierro y ácido fólico. También se ha descrito que presentan una importante concentración en nitratos. La presencia de compuestos fenólicos también es importante en las remolachas, observándose una mayor concentración de fenoles totales, flavonoides totales y de valores de capacidad antioxidante (ORAC) en las hojas que en las raíces (Cuadro 9) (Ninfali y Angelino, 2013). El compuesto fenólico mayoritario descrito en las hojas de remolacha roja (var. *cycla*) es el ácido siríngico (44 mg/100 g pf), seguido del ácido cafeíco (14,8 mg/100 g pf) y del ácido cumárico (10,4 mg/100 g pf), encontrándose también los ácidos ferúlico, vainíllico, protocatéquico, p-hidroxibenzóico, clorogénico, y el flavonoide kaempferol (Pyo *et al.*, 2004). Las hojas y semillas de la remolacha (var. *cycla*) presentan una concentración alta en

un tipo de flavonoide glicosidado derivado de la apigenina llamado vitexina, cuyas propiedades

anticancerígenas son ampliamente reconocidas (Ninfali y Angelino, 2013).

**Cuadro 9.** Compuestos fotoquímicos extraídos de distintas variedades de remolacha.

Variedad	Zona	Fenoles Totales* (mg/g ps)	Flavonoides Totales (mg/g ps)	ORAC ( $\mu\text{molTE/g ps}$ )
<i>Beta vulgaris cyclo</i>				
	Hojas	11,12±0,56	7,92±0,39	192,8±9,6
	Raíces	0,72±0,04	0,88±0,05	8,54±0,43
	Semillas	1,88±0,76	1,55±0,08	49,10±2,76
<i>Beta vulgaris rubra</i>				
	Hojas	12,76±0,76	11,64±0,81	200,3±11,2
	Raíces	1,77±0,08	1,44±0,15	18,21±0,86

Fuente: Ninfali y Angelino, 2013; ps, peso seco

Los productos de remolacha (jugos, polvo deshidratado) y sus correspondientes subproductos, han sido utilizados en la medicina tradicional desde hace muchos miles de años. Los efectos beneficiosos que presenta el consumo de derivados de raíz de remolacha roja están en gran medida relacionados con la presencia de las betalainas, que tienen propiedades antioxidantes (captadoras de radicales libres), antiinflamatorias, hipoglicémicas y antitumorales. Destaca su efecto protector frente a enfermedades cardiovasculares ya que reduce la presión arterial, la agregación plaquetaria, así como la concentración de lípidos y colesterol en sangre. También presenta propiedades protectoras de las células hepáticas (Kanner et al., 2001; Ninfali y Angelino, 2013).

Su concentración en la remolacha azucarera es relativamente alta, de un 1,0 a un 1,5% sobre una base de sólidos secos. Sus funciones fisiológicas principales consisten en proteger las células que están bajo estrés (efecto osmoprotector), a la vez que servir como una de las fuentes de los grupos metílicos necesarios para la formación de muchas de las rutas bioquímicas. Históricamente, se han utilizado los suplementos de betaína para el tratamiento de la

homocisteinuria debido a deficiencias genéticas en la cistationina beta sintasa y en la metilnetetrahidrofolato reductasa, que disminuye la homocisteína en un factor de riesgo potencial para las enfermedades cardíacas, apoplejías, cáncer y enfermedad de Alzheimer.

La raíz de remolacha también tiene un aminoácido N-metilado denominado trimetilglicina (N,N,N-trimetilglicina) o betaína. Cuando se procesa la remolacha azucarera para la recuperación de sacarosa, la betaína se concentra en la melaza. La melaza de remolacha contiene entre 4 y 7% (peso-peso) de betaína (Giacobello et al., 2000).

Sus funciones fisiológicas principales consisten en proteger las células que están bajo estrés (efecto osmoprotector), a la vez que sirven como una de las fuentes de los grupos metílicos necesarios para la formación de muchas de las rutas bioquímicas. Históricamente, se han utilizado los suplementos de betaína para controlar el exceso de homocisteína en sangre (causada por una enfermedad hereditaria conocida como homocisteinuria), reduciendo así el riesgo potencial de sufrir enfermedades cardíacas, apoplejías, cáncer y enfermedad de

---

Alzheimer (Sacan y Yanardag, 2010; Ninfali y Angelino, 2013).

Por tanto, los residuos del procesado de remolacha pueden ser considerados también en el diseño de alimentos funcionales, como materias primas adecuadas, para la obtención de ingredientes naturales con actividad biológica (Ninfali y Angelino, 2013).

#### ***Pre-tratamientos y Sistemas de Extracción***

Una fase importante para la utilización de los subproductos del procesado de vegetales en la obtención de compuestos fitoquímicos, es su estabilización y preparación para la extracción de los mismos (O'Shea et al., 2012). Las dificultades inherentes al proceso radican fundamentalmente en las causas que se detallan a continuación:

- Material de partida muy heterogéneo (distintos cultivares, grados de madurez y condiciones de procesado), que hacen difícil controlar los rendimientos y los precios finales.
- Inestabilidad biológica del material, ya que puede presentar una carga microbiana muy alta cuya actividad puede acelerar la degradación de los fitoquímicos y otros compuestos nutricionales como las proteínas, además de hacer poco seguro al producto.
- Un alto contenido en agua (70-90%) en los subproductos vegetales que incide en su peso y, consiguiente gasto en su transporte y preparación, previos a la extracción de los compuestos fitoquímicos. Tanto el secado a 60°C, como el prensado suponen un alto coste, dado el alto contenido en agua de algunos subproductos (tomate 71%, alcachofa 90%, remolacha 82%) (Peschel et al., 2006), presentando el prensado otro problema adicional, relacionado con el reciclaje del agua con alto contenido en materia orgánica.
- Oxidación de residuos con un alto contenido en grasa (aguacate) puede dar lugar al desarrollo de olores desagradables por la oxidación de los ácidos grasos.

- Actividad enzimática de los residuos vegetales ya que las enzimas siguen activas y pueden acelerar los procesos de degradación, siendo una importante causa de pérdida de los compuestos bioactivos o fitoquímicos. El tratamiento térmico o escaldado (85-100 °C) del subproducto previo a la extracción de los fitoquímicos, puede ser útil para inactivar los enzimas causantes de distintos procesos degradativos como el pardeamiento enzimático. Como alternativa al escaldado tradicional, se puede emplear el calentamiento óhmico, que es un calentamiento eléctrico homogéneo y más rápido que reduce la pérdida de fitoquímicos sensibles al calor o por solubilización en el agua del baño de escaldado, como puede ocurrir con las vitaminas hidrosolubles siendo una de las más afectadas la vitamina C (Icier, 2010).

#### ***Pre-tratamientos.***

La extracción de los ingredientes fitoquímicos o bioactivos a partir de los subproductos requiere varias fases de preparación: el molido del subproducto húmedo (reducir el tamaño de partícula del residuo húmedo); secado (horno, liofilización) y el molido del extracto seco hasta alcanzar un tamaño de partícula adecuado (O'Shea et al., 2012). La estabilización del residuo antes de ser sometido a la extracción es una fase decisiva que requiere el estudio de las condiciones más adecuadas para evitar la degradación de los compuestos fitoquímicos o bioactivos. Por ejemplo, en el caso de la cebolla, los tratamientos térmicos suaves (pasteurización) y la congelación/liofilización de los subproductos han sido los procedimientos que mejor parecen preservar la estabilidad de sus compuestos fitoquímicos (Roldan et al., 2008; Bermúdez et al., 2011).

*Extracción.* El procedimiento tradicional de extracción sólido-líquido mediante un Soxhlet con disolventes orgánicos es un procedimiento que requiere tiempo e importantes cantidades de disolventes (Ayala-Zabala et al., 2011). También se han utilizado enzimas como pectinasas y

---

celulasas capaces de degradar los constituyentes de la pared celular y facilitar la extracción de los compuestos fitoquímicos como el licopeno de la piel del tomate (Choudhari y Anantharayan, 2007).

Una alternativa interesante a la extracción tradicional con disolventes, es la extracción con fluidos supercríticos, principalmente dióxido de carbono supercrítico (SC-CO<sub>2</sub>) y la extracción con disolventes a presión generalmente conocida como extracción con agua subcrítica (Wijngaard et al., 2012). Estas tecnologías tienen el inconveniente de ser caras pero pueden resultar interesantes en función del valor económico y características funcionales del compuesto fitoquímico que se quiere extraer. Este sería el caso del licopeno, donde los tratamientos térmicos producen degradaciones e isomerizaciones que dan lugar a la pérdida de la actividad de este compuesto considerado de gran valor económico (Lennuci et al., 2010). También se está estudiando la utilización de nuevas tecnologías de extracción como los pulsos eléctricos de baja intensidad, ultrasonidos y microondas (Wijngaard et al., 2012).

Por último, hay que considerar que la utilización de los ingredientes funcionales obtenidos a partir de los subproductos del procesado de vegetales requiere estudios complementarios, como estudios toxicológicos, que aseguren que el producto está libre de pesticidas u otras sustancias no deseadas, y estudios de bioactividad que nos permitan conocer la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de dichos compuestos fitoquímicos extraídos de los subproductos. El Reglamento (CE) 1924/2006 relativo a las alegaciones nutricionales de los alimentos (CE, 2006) exige que cualquier declaración (dentro de las permitidas) se base en evidencias científicas contrastadas y reales. Es por ello que la correcta caracterización de los productos, extractos y subproductos es de vital importancia para su posible comercialización.

Una vez realizadas estas últimas consideraciones, podemos decir que los subproductos de la industria del procesado de vegetales de IV y V gama son una alternativa viable para la obtención de residuos ricos en compuestos fitoquímicos con actividad biológica que pueden ser empleados como ingredientes funcionales naturales. Por tanto, esta actividad puede ser una solución económicamente rentable para la industria de procesado de vegetales que además de conseguir un valor añadido a sus productos, podría ser una alternativa válida para reducir el impacto medioambiental que genera la destrucción de los subproductos por el procedimiento de incineración. Desde el punto de vista del consumidor, la utilización generalizada de aditivos naturales que sustituyan los sintéticos, es una ventaja saludable ya que los percibe como ingredientes más naturales, además de aportarles propiedades beneficiosas para la salud.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de la Red CYTED HORTYFRESCO (113RT0480): Producción artesanal de hortalizas de IV y V gama: inocuidad y valor funcional.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUERRI-ESPARZA, I. 2014. Análisis de la situación actual del consumo de productos de IV gama en Pamplona. Universidad Pública de Navarra, España. [En línea]. Consultado el 10 de junio 2015. Disponible en: <http://academica.e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/15402/629258.pdf?sequence=1>
- ALDAZ, F. 2015. Alimarket, 30 de marzo. [En línea]. Consultado 10 de junio 2015. Disponible en: <http://www.alimarket.es/noticia/180657/Florette-preve-incrementar-un-5-su-facturacion>
- ALBISHI, T.; JOHN, J.A.; ABDULRAHMAN SAK, SHAHIDI F. 2013. Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *Journal of Functional Foods*, 5(2):590-600.
- ALIMARKET. 2012. Revista sectorial de la alimentación on-line. <http://www.alimarket.es>. [En línea]. Consultado en junio de 2014.
- ANDUJAR-SÁNCHEZ, M.; MARTÍNEZ-MÍNGUEZ, F.; LÓPEZ-GARCÍA, A. 2010. Comportamiento de lechugas para IV Gama en Murcia. *Horticultura Global*, 287:32-37.
- ARTÉS, F.; ALLENDE, A. 2005. Minimal Fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices. En: Da-Wen Sun [Ed]. *Emerging Technologies for Food Processing*. London, UK: Elsevier. pp. 276-716.
- AYALA-ZABALA, J.F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMINGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J.A.; WASIM-SIDDIQUI, M.W.; DÁVILA-AVIÑA, F.E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7):1866-1874.
- BALDWIN, D.E. 2012. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1:15-30.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99:191-203.
- BAYSAL, T.; ERSUS, S.; STARMANS, D.A.J. 2000. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of  $\beta$ -carotene and lycopene from tomato paste waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11):5507-5511.
- BENÍTEZ, V.; MOLLÁ, E.; MARTÍN-CABREJAS, M.A.; AGUILERA, Y.; LÓPEZ-ANDRÉU, F.J.; COOLS, K.; TERRY, L.A.; ESTEBAN, R.M. 2011. Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): Dietary fibre and bioactive compounds. *Plant Foods and Human Nutrition*, 66(1):48-57.
- BOHN, T. 2014. Dietary factors affecting polyphenol bioavailability. *Nutrition Reviews*, 72(7):429-452.
- BURTON-FREEMAN, B.; TALBOT, J.; PARK, E.; KRISHNANKUTTY, S.; EDIRISINGHE, I. 2012. Protective activity of processed tomato products on postprandial oxidation and inflammation: A clinical trial in healthy weight men and women. *Molecular Nutrition and Food Research*, 56(4):622-631.
- CE, 2006a. Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los residuos. del 5 de abril de 2006 relativa a los residuos. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:es:PDF>

CE, 2006b. Reglamento Europeo No 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de 20 de diciembre de 2006.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:404:0009:0025:ES:PDF>

CE, 2008. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. DOUE-L-2008-82319. Disponible en:

<http://www.boe.es/doue/2008/312/L00003-00030.pdf>

CANADANOVIC-BRUNET, J.M.; SABAVIC, S.S.; CETKOVIC, G.S.; VULIC, J.J.; DJILAS, S.M.; MARKOV, S.L.; CVETKOVIC, D.D. 2011. Antioxidant and antimicrobial activities of beet root pomace extracts. *Czech Journal of Food Science*, 29(6):575-585.

CALVO, M.M.; GARCÍA, M.L.; SELGAS, M.D. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science*, 80:167-172.

CHANG, C.; LIN, H.; CHANG, C.Y.; LIU, Y.C. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3):478-485.

CHAU, C.V.; CHEN, C.H.; LEE, M.H. 2004. Comparison of the characteristics, functional properties, and in vitro hypoglycemic of various carrot insoluble fiber rich fractions. *LWT-Food Science and Technology*, 37(2):155-160.

CHOUDHARI, S.; ANANTHANARAYAN, L. 2007. Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chemistry*, 102(1): 77-81.

COLINA-COCA, C.; DE ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C. 2014. Nutritional composition of processed onion: S-Alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides, organic acids, sugars, minerals, and vitamin C. *Food and Bioprocess Technology*, 7:289-298.

CROZIER, A.; JAGANATH, I.B.; CLIFFORD, M.N. 2009. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Products Reports*, 26(8): 965-1096.

DAUCHET, L.; AMOUYEL, P.; HERCBERG, S.; DALLONGEVILLE, J. 2006. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *Journal of Nutrition*, 136(10):2588-2593.

DURRANI, A.; SRIVASTAVA, P.; VERMA, S. 2011. Development and quality evaluation of honey based carrot candy. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4):502-505.

FAOSTAT. 2013a. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadísticas de la Producción Agrícola del año 2013. [En línea] Consultado 13 de julio 2015. Disponible en <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>

Honey based carrot candy. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4):502-505.

FAOSTAT. 2013b. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadísticas de la Producción Agrícola del año 2013. [En línea] Consultado 13 de julio 2015. Disponible en [http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities by country/E](http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities%20by%20country/E)

FARAHNAKY, A.; ABBASI, A.; JAMALIAN, J.; MESBAHI G. 2008. The use of tomato pulp powder as a thickening. *Journal of Texture Studies*, 39: 169-182..



---

FEHRCAREM. 2015. Los productos de cuarta gama, una tendencia en alza. Revista de la Asociación Empresarial de Cadenas de Restauración Moderna. [En línea] Consultado 15 de julio 2015. Disponible en <http://www.fehrcarem.es/los-productos-de-cuarta-gama-una-tendencia-al-alza/>

FEMENIA, A.; ROBERTSON, J.A.; WALDRON, K.W.; SEVENDRAN, R.R. 1998. Cauliflower (*Brassica oleracea* L), globe artichoke (*Cyanara scolymus*) and chicory witloof (*Cichorium intybus*) processing byproducts as sources of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4):511-518.

FUENTES, E.; CARLE, R.; ASTUDILLO, L.; GUZMÁN, L.; GUTIÉRREZ, M.; CARRASCO, G.; PALOMO, I. 2013. Antioxidant and antiplatelet activities in extracts from green and fully ripe tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) and pomace from industrial tomato processing. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013: N° 867578.

GARCÍA, M.L.; CALVO, M.M.; SELGAS, M.D. 2009. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. *Meat Science*, 83:45-49.

GARCÍA-HERRERA, P.; SANCHEZ-MATA, M.C.; CÁMARA, M. 2010. Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(4):707-711.

GEORGE, B.; KAUR, C.; KHURDIYA, D.S.; KAPOOR, H.C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicum esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84(1):45-51.

GIACOBELLO, S.; STORTI, G.; GIUSEPPE, T. 2000. Design of a simulated moving bed unit for sucrose-betaine separations. *Journal of chromatography A*, 872:23-35.

GIOVANNUCCI, E. 2002. A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene, and prostate cancer. *Experimental Biology and Medicine*, 227(10):852-859.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. 2005. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados, Centro de Investigación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.) (Editorial), Hermosillo, México.

GONZÁLEZ-PEÑA, D.; COLINA-COCA, C.; CHAR, C.D.; CANO, M.P.; DE ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C. 2013. Hyaluronidase inhibiting activity and radical scavenging potential of flavonols in processed onion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(20):4862-4872.

GRIFFITHS, G.; TRUEMAN, L.; CROWTHER, T.; THOMAS, B.; SMITH, B. 2002. Onions- A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7):603-615.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; VAN OTTERDIJK, R.; MEYBECK A. 2011. Global food losses and food waste. Roma: FAO.1-29.

HOHL, U.; NEUBER, B.; PFORT, H.; SCHONHOF, B. 2001. Flavonoid concentration in the inner leaves of head lettuce genotypes. *European Food Research and Technology*, 213(1):205-211.

ICIER, F. 2010. Ohmic blanching effects on drying of vegetable byproduct. *Journal of Food Process Engineering*, 33(4):661-683.

KAACK, K.; PEDERSON, L.; LAERKE, H.N.; MEYER, A. 2006. New potato fiber for improvement of texture and colour of wheat bread. *European Food Research Journal and Technology*, 224(2): 199-207.

- KALOGEROPOULOS, N.; CHIOU, A.; PYRIOCHOU, V.; PERISTERAKI, A.; KARATHANOS, V.T. 2012. Bioactive phytochemical in industrial tomatoes and their processing byproducts. *LWT-Food Science and Technology*, 49(2):213-216.
- KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. 2001. A new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11):5178-5185.
- KAUR, D.; WANI, A.A.; OBEROI, D.P.S.; SOGI, D.S. 2008. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chemistry*, 108(2):711-718.
- KNOBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. 2005. Analysis of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7):1166-1170.
- KRIS-ETHERTON, P.M.K.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSDI, 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. *American Journal of Medicine*, 113(9B): 71-88.
- LARRAURI, J.A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 10(1):3-8.
- LARROSA, M.; LLORACH, R.; ESPÍN, J.C.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. 2002. Increase of antioxidant activity of tomato juice upon functionalisation with vegetable byproduct extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 35(6):532-542.
- LENUCCI, M.S.; CACCIOPPOLA, A.; DURANTE, M.; SERRONE, L.; RESCIO, L.; PIRO, G.; DALESSANDRO, G. 2010. Optimization of biological and physical parameters for lycopene supercritical CO<sub>2</sub> extraction from ordinary and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 90(10):1709-1718.
- LENUCCI, M.S.; DURANTE, M.; MONTEFUSCO, A.; DALESSANDRO, G.; PIRO, G. 2013. Possible use of carbohydrates presents in tomato pomace and byproducts of the supercritical dioxide lycopene extraction process as biomass for bioethanol production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(15):3683-3692.
- LIU, R.H. 2013. Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal of Food Science*, 78(1):A18-A25.
- LIU, S.; MANSON, J.E.; LEE, I.M.; COLE, S.R.; HENNEKENS, C.H.; WILLETT, W.C.Y.; BURING, J.E. 2000. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(4): 922-928.
- LLORACH, R.; ESPÍN, J.C.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; FERRERES, F. 2002. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts as a potential source of health-promoting antioxidants phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(12):3458-3464.
- LLORACH, R.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; FERRERES, F. 2004. Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16):5109-5116.

- LLORACH, R.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; GIL, M.I.; FERRERES, F. 2008. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry*, 108(3):1028-1038.
- MAGRAMA, 2014. Estadísticas de Producción Agraria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/base-de-datos-de-consumo-en-hogares/consulta.asp>.
- MATTILA, P.; HELLSTRÖM, J. 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20(3-4):152-160.
- MICHELS, K.V.; GIOVANNUCCI, E.; JOSHIPURA, K.J.; ROSNER, B.A.; STAMPFER, M.J.; FUCHS, C.S.; COLDITZ, G.A.; SPEIZER, F.E.; WILLETT, W.C. 2000. Prospective study of fruit and vegetable consumption and incidence of colon and rectal cancers. *Journal of the National Cancer Institute*. 92(21):1740-1752.
- MITJAVILA, M.T.; MORENO, J.J. 2012. The effects of polyphenols on oxidative stress and the arachidonic acid cascade. Implications for the prevention/treatment of high prevalence diseases. *Biochemical Pharmacology*, 84(9):1113-1122.
- MOURE, A.; CRUZ, J.M.; FRANCO, D.; DOMINGUEZ, J.M.; SINEIRO, J. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72(2):145-171.
- MONJE, M. 2014. IV gama, crecimiento lento, pero firme. Alimarket 10 de abril de 2014. Revista sectorial de la alimentación. [En línea]. Consultado en junio de 2015 Disponible en: <http://www.alimarket.es>.
- NEVEU, V.; PEREZ-JIMÉNEZ, J.; VOS, F.; CRESPIY, V.; DU CHAFFAUT, L.; MENNEN, L.; KNOX, C.; EISNER, R.; CRUZ, J.; WISHART, D.; SCALBERT, A. 2010. Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. Database, doi: 10.1093/database/bap024. [En línea] Consultado 15 de julio 2015. Disponible en: <http://phenol-explorer.eu/>
- NINFALI, P.; ANGELINO, D. 2013. Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris cicla* and *rubra*. *Fitoterapia*, 89:188-199.
- O'SHEA, N.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. 2012. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16:1-10.
- OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; ALANDES-GONZÁLEZ, L.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDOHERNANDO, M.I.; PÉREZ-MUNUERA, I.; FISMÁN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review, *Postharvest Biology and Technology*, 57(3):139-148.
- ORDOVÁS, J.M.; KAPUT, J.; CORELLA, D. 2007. Nutrition in the genomics era: Cardiovascular disease risk and the Mediterranean diet. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(10):1293-1299.
- PELAYO, M. 2012. Aprovechar residuos: una prioridad en el sector agroalimentario. Eroski Consumer del 5 de abril de 2012. [En línea] Consultado 15 de julio 2015. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2012/04/05/208521.php>

- PESCHEL, W.; SÁNCHEZ-RABANEDA, F.; DIEKMANN, W.; PLESCHER, A.; GARTZÍA, I.; JIMÉNEZ, D.; LAMUELA-REVENTÓS, R.; BUXADERAS, S.; CODINA, C. 2006. And industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetables and fruit waste. *Food Chemistry*, 97(1):137-150.
- PRIOR, R.L.; CAO, G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *Hortscience*, 35(4): 588-592.
- PYO, Y.H.; LEE, T.C.; LOGENDRA, L.; ROSEN, R.T. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) extracts. *Food Chemistry*, 85(1):19-26.
- ROLDÁN, E.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; DE ANCOS, B.; CANO, M.P. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chemistry*, 108(3):907-916.
- ROLDÁN-MARÍN, E.; KRATH, B.N.; POULSEN, M.; BINDERUP, M.L.; NIELSEN, T.H.; HANSEN, M.; BARRI, T.; LANGKILDE, S.; CANO, M.P.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; DRAGSTED, L.O. 2009a. Effects of an onion by-product on bioactivity and safety markers in healthy rats. *British Journal of Nutrition*, 102(11):1574-1582.
- ROLDÁN-MARÍN, E.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; LLORÍA, R.; DE ANCOS, B.; CANO, M.P. 2009b. Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 42(4):835-841.
- ROLDÁN-MARÍN, E.; JENSEN, R.I.; KRATH, B.N.; KRISTENSEN, M.; POULSEN, M.; CANO, M.P.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; DRAGSTED, L.O. 2010. An onion byproduct affects plasma lipids in healthy rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9):5308-5314.
- SACAN, O.; YANARDAG, R. 2010. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*). *Food and Chemical Toxicology*, 48(5):1275-1280.
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; DE ANCOS, B.; PLAZA, L.; ELEZ-MARTÍNEZ, P.; CANO, M.P. 2008. Nutritional characterization of tomato juices. En: Preedy VR, Watson RR. [Eds.]. *Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal, and Therapeutic Properties*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire. pp. 235-258.
- SCHIEBER, A.; STINZING, F.C.; CARLE, R. 2001. By-products of plant food processing as a source of functional compounds: recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12(11):401-413.
- STINTZING, F.; CARLE, R. 2007. Betalains-emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science and Technology*, 18(10):514-525.
- STOLL, T.; SCHWEIGGERT, U.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. 2003. Application of hydrolyzed carrot pomace as a functional food ingredient to beverage. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1(2):88-92.
- SUN, T.; SIMON, P.W.; TANUMIHARDJO, S.A. 2009. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10):4142-4147.
- TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38(5):487-494.
- TRESSERRA-RIMBAU, A.; MEDINA-REMÓN, A.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M.A.; COVAS, M.I.; CORELLA, D.; SALAS-SALVADÓ, J.; GÓMEZ-GRACIA, E.; LAPETRA, J.; ARÓS, F.; FIOL, M.; ROS, E.;

---

SERRA-MAJEM, L.; PINTÓ, X.; MUÑOZ, M.A.; SAEZ, G.T.; RUIZ-GUTIÉRREZ, V.; WARNBERG, J.; ESTRUCH, R.; LAMUELA-REVENTÓS, R.M. 2013. Dietary intake and major food sources of polyphenols in a Spanish population at high cardiovascular risk: the PREDIMED study. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 23: 953-959.

TRICHOPOULOU, A.; NASKA, A.; ANTONIOU, A.; FRIEL, S.; TRYGG, K.; TURRINI, A. 2003. Vegetable and fruit: the evidence in their favour and the public health perspective. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 73(2): 63-69.

VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M.E. 2006. Chemical characterization of tomato pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(8):1232-1236.

WIJNGAARD, H.H.; BALLAY, M.; BRUNTON, N. 2012. The optimisation of extraction of antioxidants from potato peel by pressurised liquids. *Food Chemistry*, 133(4):1123-1130.

WILLCOX, J.K.; CATIGNANI, G.L.; LAZARUS, S. 2003. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1):1-18.

