

Valoración de la actividad antioxidante de verduras silvestres

P. Morales¹, V. Fernández-Ruiz¹, M.C. Sánchez-Mata¹, M. Cámara¹, A.M. Carvalho², M. Pardo de Santayana³, J. Tardío⁴, I.C.F.R. Ferreira²

¹ Dpto. Nutrición y Bromatología II. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid (UCM). Pza Ramón y Cajal, s/n. E-28040 Madrid, e-mail: patricia.morales@farm.ucm.es.

² Centro de Investigação de Montanha, ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança, Portugal.

³ Dpto. Biología (Botánica), Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco E-28049 Madrid.

⁴ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Finca "El Encín". Apdo. 127. E-28800 Alcalá de Henares.

Resumen

En los últimos años se han llevado a cabo diversos estudios para evaluar el potencial nutricional y funcional de las plantas silvestres comestibles. Algunas de ellas son una buena fuente de compuestos bioactivos y han demostrado tener una interesante actividad biológica como antioxidantes. Por ello, este trabajo tiene como objetivo principal evaluar la actividad biológica *in vitro* de la parte comestible de 20 verduras silvestres tradicionalmente consumidas en la Península Ibérica, cuantificando tanto la actividad antioxidante total (DPPH y poder reductor) como la inhibición de la peroxidación lipídica (inhibición de la decoloración del β -caroteno y TBARS), y correlacionando estos parámetros con su contenido en distintos compuestos bioactivos. Las muestras objeto de estudio fueron recolectadas durante tres años consecutivos (2007-2009) en dos localidades diferentes del centro peninsular. Los resultados de actividad antioxidante más interesantes, expresados como EC₅₀ (mg/mL de extracto) y evaluados mediante el DPPH, correspondieron a *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum* y *Taraxacum obovatum*. En el caso de la evaluación del poder reductor, *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum*, así como *Chondrilla juncea* y *Montia fontana*, fueron las especies que mejor EC₅₀ ($p < 0,05$) presentaron. Respecto a los ensayos de inhibición de la peroxidación lipídica, destacaron nuevamente *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum* para el ensayo de inhibición de la decoloración del β -caroteno, mientras que para el TBARS fueron *Sonchus oleraceus*, *Montia fontana*, *Silene vulgaris*, *Anchusa azurea*, *Chondrilla juncea*, *Papaver rhoeas*, *Foeniculum vulgare*, *Silybum marianum* y *Rumex pulcher*.

En general, las plantas silvestres comestibles estudiadas presentan unos valores de actividad antioxidante (EC₅₀) muy interesantes y su consumo puede tener efectos beneficiosos para la salud además de contribuir a una mayor diversificación de la dieta. Todo ello justifica la conservación y revalorización de su uso alimentario.

Palabras clave: verduras silvestres, actividad biológica *in vitro*, compuestos bioactivos.

Evaluation of the antioxidant activity of wild edible greens

Abstract

In the last years, several studies have been conducted in order to evaluate the nutritional and functional potential of wild edible plants. Some of them have shown a remarkable biological activity, mainly as antioxidants properties, and are good sources of bioactive compounds. Therefore, the aim of this study was to evaluate the *in vitro* antioxidant activity of the edible part of 20 wild edible greens traditionally consumed in the Iberian Peninsula, quantifying its radical scavenging activity (DPPH and reducing power assays) as well as the lipid peroxidation inhibition capacity (β -carotene bleaching inhibition assay and TBARS assays). The correlation of these parameters with the content of different bioactive compounds was also calculated. The samples analyzed were collected during three consecutive years (2007-2009) in two different locations in the centre of the Iberian Peninsula. The most interesting antioxidant activity results, expressed as EC₅₀ (mg/mL of extract), corresponded to *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum* and *Taraxacum obovatum* for DPPH assay. Whilst, for reducing power assessment, *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum*, *Chondrilla juncea* and *Montia fontana* presented the better EC₅₀ values ($p < 0.05$). For lipid peroxidation inhibition assays, *Anchusa azurea*, *Apium nodiflorum* again were the most interesting species for β -carotene bleaching inhibition assay, while for the TBARS were *Sonchus*

oleraceus, Montia fontana, Silene vulgaris, Anchusa azurea, Chondrilla juncea, Papaver rhoeas, Foeniculum vulgare, Silybum marianum and Rumex pulcher.

Accordingly, the very significant antioxidant activity values (EC50) presented by the wild edible plants analysed shows their potential health benefits and justify the conservation and revaluation of their food uses. Moreover, their consumption contributes to a greater diversification of the diet.

Keywords: Wild greens, antioxidant activity, biological in vitro evaluation, bioactive compound.

Introducción y/o Justificación

El estrés oxidativo causa la producción de especies de oxígeno altamente reactivas (ROS), como son los compuestos: superóxido ($O_2^{\cdot-}$), radicales hidroxilo (OH^{\cdot}), radical oxido nitroso (NO^{\cdot}), radicales alquiloxi (RO^{\cdot}), y otras especies como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el oxígeno atómico (O^{\cdot}), que se originan ya sea de forma exógena o endógena (Ferreira et al., 2009). En condiciones patológicas o en presencia de compuestos pro-oxidantes, los ROS se producen en grandes cantidades (Halliwell, 1999). Para modular los efectos negativos del estrés oxidativo, el organismo humano tiene un sistema de defensa antioxidante, una serie de enzimas intracelulares como son la superóxido dismutasa (SOD), la glutatión peroxidasa (GPx) y la catalasa (CAT). Además de estos sistemas enzimáticos, la célula dispone de moléculas antioxidantes de carácter endógeno como el glutatión (Finkel y Holbrook, 2000) o la coenzima-Q reducida.

Los antioxidantes exógenos de mayor relevancia presentes en la dieta, son el ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E), los carotenoides y compuestos fenólicos, que previenen la oxidación del colesterol-LDL reduciendo el riesgo de alteraciones coronarias. En este sentido, diversos estudios científicos confirman que el consumo de frutas y verduras, por su contenido en nutrientes y otros compuestos antioxidantes, es actualmente una de las estrategias más efectivas y seguras en la prevención de enfermedad cardiovascular y otras enfermedades degenerativas (Gerber et al., 2002; Joshipura et al., 2001).

Dada la importancia de todos estos mecanismos biológicos, se hace necesario profundizar en los aspectos relativos al contenido de compuestos bioactivos en los vegetales silvestres que tradicionalmente han formado parte de la Dieta Mediterránea, con el fin de fomentar el conocimiento y empleo de los mismos y potenciar así su uso por sus propiedades nutricionales y/o funcionales.

Las plantas silvestres han sido fundamentales para la subsistencia de las civilizaciones durante la prehistoria hasta los comienzos de la agricultura (Tardío et al., 2006). Hoy en día, la recolección de plantas silvestres ha perdido importancia en la mayoría de los países, aunque algunas verduras silvestres aún constituyen una parte importante de la alimentación, principalmente del mundo rural donde se siguen vendiendo con frecuencia en los mercados locales (Ertug, 2004). Esto es debido a que se trata de un recurso alimenticio abundante, en su mayoría de fácil recolección, así como en el caso de algunos frutos y semillas, de fácil conservación. En muchas zonas rurales de España y Portugal, así como en otros países europeos, es frecuente aprovechar los recursos naturales locales, como son las plantas y los hongos, como complemento de los alimentos básicos agrícolas. En España, destaca el consumo de algunas especies silvestres como espárragos trigueros (*Asparagus acutifolius*), colleja (*Silene vulgaris*) o cardillo (*Scolymus hispanicus*), empleados en la elaboración de diversos platos propios de nuestra gastronomía (Tardío et al., 2006). Igualmente sucede en otros países mediterráneos, como las empanadillas de verduras silvestres elaboradas en la isla de Creta (Trichopoulou et al., 2000),

Estos recursos silvestres pueden tener un gran potencial nutricional y ser fuente de compuestos bioactivos lo que justifica la necesidad de preservar sus usos tradicionales como una alternativa a la variedad de hortalizas actualmente disponibles y también como fuentes de suplementos dietéticos o alimentos funcionales. Dentro de los compuestos fitoquímicos beneficiosos para la salud humana se podrían destacar las vitaminas C, E, K, vitaminas del grupo B, el ácido fólico; minerales, como el

hierro, zinc, calcio, selenio; carotenoides (tanto los que poseen actividad provitamínica A como los que no la poseen); compuestos fenólicos (flavonoides, taninos, etc.), glucosinolatos y fitoesteroles, etc. Muchos de los compuestos mencionados son capaces de actuar a través de diversos mecanismos biológicos, que incluyen su capacidad antioxidante, así como de interactuar de forma sinérgica entre sí (Olmedilla et al., 2001).

Material y Métodos

En el presente trabajo, y basándose en estudios etnobotánicos previos (Tardío et al., 2006), se estudiaron 20 verduras silvestres tradicionalmente consumidas en el centro de España, identificadas por botánicos expertos y recolectadas en sus hábitats naturales (en 2 localidades diferentes) durante al menos dos años consecutivos, entre 2007 y 2009. De cada una de ellas se analizó la parte consumida tradicionalmente: las hojas basales de *Anchusa azurea* Mill., *Beta maritima* L., *Cichorium intybus* L., *Chondrilla juncea* L., *Papaver rhoeas* L., *Rumex papillaris* Boiss. & Reut., *Rumex pulcher* L., *Scolymus hispanicus* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Sonchus oleraceus* L., *Taraxacum obovatum* (Willd.) DC.; los tallos tiernos con hojas de *Apium nodiflorum* (L.) Lag., *Foeniculum vulgare* Mill., *Montia fontana* L. y *Silene vulgaris* (Moench) Garcke; así como los brotes tiernos de *Asparagus acutifolius* L., *Bryonia dioica* Jacq., *Humulus lupulus* L., y *Tamus communis* L. y los puerros de *Allium ampeloprasum* L.

De la muestra liofilizada, se procedió a la valoración tanto de la actividad antioxidante total valorando su poder reductor (método de Folin-Ciocalteu y mediante el ensayo Ferricianuro/azul de Prusia Fe^{3+}/Fe^{2+}) y la actividad antirradicalaria mediante el método DPPH. Así como se evaluó de la inhibición de la peroxidación lipídica, por inhibición de la decoloración del β -caroteno y TBARS (Barros et al., 2010). Para relacionar la actividad antioxidante de las muestras objeto de estudio, con su contenido de compuestos bioactivos, se llevó a cabo un estudio de correlaciones canónicas (Statgraphics 5.1), correlacionando el contenido de compuestos bioactivos en estas mismas muestras (Morales, 2012; Morales et al., 2012) con los diferentes métodos de ensayo de la capacidad antioxidante evaluados.

Resultados y Discusión

Capacidad antioxidante en verduras silvestres

Respecto a los resultados de los ensayos de actividad antioxidante *in vitro*, tal y como se muestra en la Tabla 1, las especies que presentaron mejor capacidad antioxidante frente al ensayo del Folin-Ciocalteu, fueron la lenguaza (*Anchusa azurea*) y la acedera (*Rumex papillaris*) con valores de 148 y 104 meq de ácido gálico/g extracto respectivamente, mientras que para el ensayo de evaluación de la actividad antioxidante total (DPPH y poder reductor) las menores concentraciones inhibitorias al 50% (EC_{50}), y por tanto mayor actividad antioxidante, fueron la lenguaza, la berraza (*Apium nodiflorum*) y el diente de león (*Taraxacum obovatum*), con valores de EC_{50} de 0,02, 0,07 y 0,79 mg/mL de extracto, respectivamente, mientras que *Allium ampeloprasum* y *Silybum marianum* fueron las especies que menor actividad antioxidante presentaron para este método.

En el caso de la evaluación del poder reductor (Fe^{3+}/Fe^{2+}), nuevamente la lenguaza y la berraza, así como la ajonjera (*Chondrilla juncea*) y la coruja (*Montia fontana*), fueron las especies que menor EC_{50} presentaron ($p < 0,05$). En el caso de los ensayos de inhibición de la peroxidación lipídica, destacaron especies como la lenguaza y la berraza por presentar los menores EC_{50} , para el ensayo de inhibición de la decoloración del β -caroteno. Por el contrario, para el TBARS, las especies que mostraron valores más bajos de EC_{50} , fueron la cerraja (*Sonchus oleraceus*), la coruja, la colleja (*Silene vulgaris*), la lenguaza, la ajonjera, la amapola (*Papaver rhoeas*), el hinojo (*Foeniculum vulgare*), el cardo (*Silybum marianum*) y la romaza (*Rumex pulcher*). Por otro lado, en la tabla 2 muestra el contenido en algunos

de los compuestos bioactivos responsables de la actividad antioxidante de dichas plantas silvestres (Morales, 2012; Morales et al., 2012).

Tabla 1.- Actividad antioxidante de plantas silvestres comestibles

	Nombre común	Folin-Ciocalteu	DPPH	Poder reductor	I. D. β-caroteno	TBARS
<i>Anchusa azurea</i>	lenguaza	148,62 ± 2,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00
<i>Beta maritima</i>	Acelga silvestre	61,91 ± 7,51	1,35 ± 0,03	0,47 ± 0,00	0,38 ± 0,00	0,05 ± 0,00
<i>Chondrilla juncea</i>	Ajonjera	37,66 ± 2,40	1,64 ± 0,15	0,34 ± 0,01	0,38 ± 0,02	0,12 ± 0,00
<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria	73,68 ± 0,66	1,11 ± 0,05	0,57 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,02 ± 0,00
<i>Papaver rhoeas</i>	Amapola	25,86 ± 3,52	1,28 ± 0,03	0,40 ± 0,00	0,56 ± 0,11	0,02 ± 0,00
<i>Rumex papillaris</i>	Acedera	104,18 ± 4,17	2,45 ± 0,09	0,60 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,03 ± 0,00
<i>Rumex pulcher</i>	Romaza	73,44 ± 5,32	3,31 ± 0,10	0,84 ± 0,01	0,34 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	51,33 ± 1,75	1,36 ± 0,02	0,89 ± 0,05	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00
<i>Taraxacum obovatum</i>	Diente de león	58,26 ± 0,90	0,79 ± 0,10	0,48 ± 0,01	0,37 ± 0,00	0,07 ± 0,00
<i>Scolymus hispanicus</i>	Cardillo	21,51 ± 1,51	4,97 ± 0,08	5,97 ± 0,04	0,65 ± 0,01	0,04 ± 0,00
<i>Silybum marianum</i>	Cardo mariano	3,72 ± 0,36	13,09 ± 0,04	1,82 ± 0,01	0,44 ± 0,03	0,02 ± 0,00
<i>Apium nodiflorum</i>	Berraza	80,47 ± 4,41	0,07 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,04 ± 0,00
<i>Foeniculum vulgare</i>	Hinojo	42,16 ± 0,98	2,75 ± 0,06	1,10 ± 0,02	0,47 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<i>Montia fontana</i>	Corujas	75,53 ± 7,05	1,49 ± 0,07	0,36 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,02 ± 0,00
<i>Silene vulgaris</i>	Collejas	26,72 ± 1,63	3,31 ± 0,07	0,84 ± 0,01	0,62 ± 0,08	0,02 ± 0,00
<i>Asparagus acutifolius</i>	Espárrago triguero	17,60 ± 0,29	4,87 ± 0,38	1,62 ± 0,00	0,47 ± 0,04	0,07 ± 0,02
<i>Bryonia dioica</i>	Espárrago de zarza	35,10 ± 2,43	4,43 ± 1,29	1,44 ± 0,01	0,47 ± 0,03	0,08 ± 0,01
<i>Humulus lupulus</i>	Lupios	35,10 ± 2,43	4,43 ± 1,29	1,44 ± 0,01	0,47 ± 0,03	0,08 ± 0,01
<i>Tamus communis</i>	Espárrago de nuez	49,51 ± 4,07	3,59 ± 0,93	1,32 ± 0,01	0,49 ± 0,15	0,05 ± 0,01
<i>Allium ampeloprasum</i>	Ajoporro	42,244 ± 4,61	15,12 ± 1,21	0,70 ± 0,12	1,66 ± 0,24	0,11 ± 0,01

Folin-Ciocalteu (meq de ácido gálico/g extracto); DPPH, poder reductor, I. D. β-caroteno (inhibición de la decoloración del β-caroteno).y TBARS (EC₅₀; mg/ml extracto).

Tabla 2.- Compuestos bioactivos presentes en las plantas silvestres analizadas

	α-Tocoferol	β-Tocoferol	γ-Tocoferol	δ-Tocoferol	Ácido ascórbico	Flav. Totales
<i>Anchusa azurea</i>	0,36 ± 0,08	0,05 ± 0,00	0,11 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,67 ± 0,14	139,89 ± 6,64
<i>Beta maritima</i>	0,51 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,14 ± 0,00	tr.	9,99 ± 1,62	124,64 ± 5,03
<i>Papaver rhoeas</i>	0,57 ± 0,18	0,01 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,05 ± 0,00	14,11 ± 2,25	60,40 ± 2,31
<i>Rumex papillaris</i>	0,99 ± 0,11	0,04 ± 0,01	1,88 ± 0,09	0,08 ± 0,00	14,28 ± 8,24	104,51 ± 8,62
<i>Rumex pulcher</i>	1,13 ± 0,06	0,66 ± 0,13	0,05 ± 0,00	0,02 ± 0,01	20,22 ± 3,56	74,01 ± 2,46
<i>Chondrilla juncea</i>	1,29 ± 0,44	0,05 ± 0,02	0,34 ± 0,13	nd	1,76 ± 1,58	21,17 ± 0,79
<i>Cichorium intybus</i>	0,44 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,00	nd	4,78 ± 2,82	183,04 ± 5,83
<i>Sonchus oleraceus</i>	1,70 ± 0,05	0,04 ± 0,01	0,47 ± 0,03	0,01 ± 0,00	2,80 ± 1,24	47,41 ± 3,13
<i>Taraxacum obovatum</i>	0,51 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,03 ± 0,01	1,99 ± 0,84	126,75 ± 2,76
<i>Scolymus hispanicus</i>	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	tr.	1,11 ± 0,18	28,84 ± 3,85
<i>Silybum marianum</i>	0,04 ± 0,00	tr.	0,01 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,36 ± 0,00	3,50 ± 1,11
<i>Apium nodiflorum</i>	0,23 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	nd	9,11 ± 4,14	80,98 ± 2,86
<i>Foeniculum vulgare</i>	0,43 ± 0,13	0,08 ± 0,04	0,07 ± 0,06	nd	11,16 ± 5,82	37,80 ± 2,72
<i>Montia fontana</i>	0,73 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,04 ± 0,00	27,64 ± 14,08	52,31 ± 1,94
<i>Silene vulgaris</i>	1,48 ± 0,17	0,04 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,07 ± 0,00	17,41 ± 8,08	54,63 ± 2,63
<i>Asparagus acutifolius</i>	0,28 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,12 ± 0,01	tr.	24,14 ± 9,88	41,50 ± 1,84
<i>Bryonia dioica</i>	0,11 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,01 ± 0,00	14,37 ± 6,45	52,01 ± 2,23
<i>Humulus lupulus</i>	0,58 ± 0,06	0,03 ± 0,00	1,15 ± 0,00	0,09 ± 0,00	23,26 ± 11,65	27,86 ± 1,89
<i>Tamus communis</i>	0,17 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,23 ± 0,02	0,03 ± 0,00	44,37 ± 11,89	26,71 ± 4,12
<i>Allium ampeloprasum</i>	0,03 ± 0,01	nd	nd	0,02 ± 0,00 ^a	4,30 ± 2,64 ^{ab}	6,29 ± 0,36 ^a

Tr. Trazas; nd: no detectado; α, β, γ y δ-tocoferol y Ácido ascórbico (mg / 100 g ssf); Flavonoides Totales (meq C/100 g ssf)

Estudio de correlaciones canónicas: Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en vegetales silvestres

En relación al estudio de correlaciones canónicas (Tabla 2), se observaron correlaciones negativas entre el EC₅₀ obtenido por el método del DPPH con los contenidos de fenoles, flavonoides, AA y α , δ y γ -tocoferol, destacando los fenoles y flavonoides por ser los compuestos con correlaciones más fuertes para este método ($r=-0,6824$ y $-0,5275$, respectivamente). Así, puede decirse que de entre los compuestos bioactivos estudiados, estos últimos compuestos probablemente son los responsables de la capacidad antioxidante de las plantas que mide el método del DPPH. Sin embargo, en el caso del ensayo del poder reductor, el valor de EC₅₀ está igualmente correlacionado negativamente con los fenoles, flavonoides, α , δ y γ -tocoferol, y especialmente con los flavonoides ($r=-0,513$ y $-0,388$, respectivamente) pero no con el AA.

En cuanto a los métodos de valoración de la inhibición de la peroxidación lipídica, el ensayo de inhibición de la decoloración del β -caroteno fue el método que mayores correlaciones presentó con los compuestos bioactivos estudiados, existiendo correlaciones negativas entre el valor de EC₅₀ con compuestos de carácter lipófilo (α y γ -tocoferol), así como con compuestos con conocido carácter antioxidante como los flavonoides, lo que nos indica que dichos compuestos serían también activos frente a la peroxidación lipídica. En el caso del ensayo de TBARS, únicamente encontramos correlación positiva con el α -tocoferol, lo que nos parece indicar que los compuestos antioxidantes presentes en este tipo de muestras no contribuyen significativamente a la actividad antioxidante medida por este método, y sí a la medida por los otros métodos estudiados.

Respecto a la posible correlación de los distintos métodos de actividad antioxidante ensayados entre sí, tal y como se observa en la matriz de correlaciones (Tabla 2), el ensayo del DPPH está fuertemente y positivamente correlacionado con el ensayo del poder reductor y con el ensayo de la inhibición de la decoloración del β -caroteno ($r=0,658$ y $0,727$, respectivamente). Y dado que los resultados del ensayo del TBARS, están única y débilmente correlacionados con los correspondientes a la evaluación del poder reductor podemos indicar que este método no parece aportar información relevante en este tipo de muestras.

Tabla 2. Matriz de correlaciones canónica entre compuestos bioactivos y ensayos de actividad antioxidante

	AA	flav	α -toc	β -toc	γ -toc	δ -toc	Folin	PR	DPPH	I.D. β -car	TBARS
AA	0,000 (0,000)										
flav	0,135 (0,024)										
α -toc	-0,275 (0,000)	-0,066 (0,272)									
β -toc	-0,019 (0,743)	-0,115 (0,057)	0,314 (0,000)								
γ -toc	-0,232 (0,001)	0,256 (0,000)	0,572 (0,000)	0,001 (0,989)							
δ -toc	-0,309 (0,000)	-0,271 (0,000)	-0,033 (0,586)	-0,019 (0,757)	0,097 (0,109)						
Folin	-0,032 (0,958)	0,621 (0,000)	0,346 (0,000)	-0,026 (0,668)	0,635 (0,0009)	-0,247 (0,000)					
DPPH	-0,134 (0,025)	-0,471 (0,000)	-0,308 (0,000)	-0,046 (0,458)	-0,261 (0,000)	0,475 (0,000)	-0,625 (0,000)				
PR	-0,089 (0,138)	-0,388 (0,000)	-0,225 (0,000)	-0,060 (0,321)	-0,170 (0,005)	0,827 (0,000)	-0,513 (0,000)	0,658 (0,000)			
I.D. β -car	0,075 (0,214)	-0,307 (0,000)	-0,387 (0,000)	-0,116 (0,054)	-0,283 (0,000)	-0,054 (0,374)	-0,407 (0,000)	0,116 (0,055)	0,727 (0,000)		
TBARS	0,041 (0,497)	0,016 (0,759)	0,144 (0,019)	-0,106 (0,078)	-0,000 (0,988)	-0,032 (0,595)	0,094 (0,118)	0,136 (0,023)	0,111 (0,065)	0,041 (0,509)	0,000 (0,000)

Para cada par de variables el coeficiente de correlación con p valor < 0,05 están resaltadas en negro. N=273 Leyenda: AA (ácido ascórbico); α -toc (α -tocoferol); β -toc (β -tocoferol); γ -toc (γ -tocoferol); δ -toc (δ -tocoferol); Flav (flavonoides); Folin (Folin-Ciocalteu); PR (poder reductor Fe³⁺/Fe²⁺); I.D. β -car (inhibición de la decoloración del β -caroteno).

Conclusiones

Las especies que, en conjunto, mostraron una mayor capacidad antioxidante con los métodos analíticos utilizados fueron la lenguaza, la cerraja y la berraza. Para valorar la capacidad antioxidante total de muestras con matriz similar a las analizadas en el presente trabajo, se puede optar tanto por el ensayo del DPPH como por el ensayo del poder reductor, siendo preferible el primero por establecer un mayor número de correlaciones negativas con los compuestos bioactivos con conocida actividad antioxidante, así como el ensayo de la inhibición de la decoloración del β -caroteno que sería el ensayo de elección para la determinación de la peroxidación lipídica. En general, las verduras silvestres estudiadas presentan unos valores de actividad antioxidante (EC_{50}) muy interesantes y su consumo puede tener efectos beneficiosos para la salud además de contribuir a una mayor diversificación de la dieta. Todo ello justifica la conservación de estos recursos y la revalorización de su uso alimentario.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por FEDER y el Ministerio de Educación y Ciencia (España) mediante el proyecto de investigación CGL2006-09546/BOS, así como por la Fundación de Ciencia y Tecnología, (Portugal) mediante el proyecto estratégico PESt-OE/AGR/UI0690/2011.

Bibliografía

- Barros, L., Heleno, S. A., Carvalho, A.M., and Ferreira, I.C.F.R. (2009). Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical Toxicology* **47**, 2458–246
- Block, G., Patterson, B., and Subar, A. (1992). Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition Cancer* **18**, 1–29.
- Ertug, F. (2004). Wild edible plants of the Bodrum Area (Mugla, Turkey). *Turkish Journal of Botany* **28**, 161–174.
- Finkel, T., and Holbrook, N.J., (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature* **408**, 239–247.
- Ferreira, I.C.F.R., Barros, L., and Abreu, R. M.V. (2009). Antioxidants in Wild Mushrooms. *Current Medicinal Chemistry* **16**, 1543-1560.
- Gerber, M., Boutron-Ruault, M.C., Hercberg, S., Riboli, E., Scalbert, A., and Siess, M.H. (2002). Food and Cancer: state of the art about the protective effect of fruits and vegetables. *Bull Cancer* **89**, 293–312.
- Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free Radical Research* **31**, 261–272.
- Jia, Z., Tang, M., and Wu, J. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* **64**, 555–559.
- Joshi, K.J., Hu, F.B., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Speizer, F.B., Colditz, G., Ascherio, A., Rosner, B., Spiegelman, D., Willett, W.C. (2001) The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. *Ann Intern Med.* **134(12)**, 1106-1114.
- Morales, P., Carvalho, A.M., Sánchez-Mata, M.C., Cámara, M., Molina, M., and Ferreira, I.C.F.R. (2012). Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution* **59**, 851-863
- Morales, P. 2012. Vegetales silvestres de uso alimentario. Determinación de compuestos bioactivos y valoración de la capacidad antioxidante. (ISBN: 978-84-695-1009-4). Editorial Complutense de Madrid.
- Olmedilla, B., Granado, F., and Herrero, C. (2001). Dieta Mediterránea versus suplementación con micronutrientes: Pros y contras. *Revista Chilena de Nutrición* **28 (2)**, 368-380.
- Sánchez-Mata, M.C., Cabrera-Loera, R.D., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Cámara, M., Díez-Marqués, C., Pardo-de-Santayana, M., Tardío, J (2012) Wild vegetables of the Mediterranean area as valuable sources of bioactive compounds. *Genetic Resources and Crop Evolution* **59**, 431- 443.
- Tardío, J., Pardo-de-Santayana, M., and Morales, R. (2006). Ethnobotanical Review of Wild Edible Plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society* **152(1)**, 27–72.
- Trichopoulou, A., Vasilopoulou, E., Hollman, P., Chamalides, Ch., Foufa, E., Kaloudis, Tr., Kromhout, D., Miskaki, Ph., Petrochilou, I., Poulima, E., Stalakis, K., and Theophilou, D. (2000). Nutritional composition and flavonoid content of edible wild greens and green peas: a potential rich source of antioxidant nutrients in the Mediterranean diet. *Food Chemistry* **70**, 319-323.