

## **Antiradikálová aktivita a redukčná schopnosť bylinných extraktov a ich fenolických kyselín**

LUDMILA HEILEROVÁ - VIERA ČULÁKOVÁ

**SÚHRN.** Hodnotila sa schopnosť bylinných extraktov z levandule úzkolistej (*Lavandula officinalis* Chaix), lipy malolistej (*Tilia cordata* Mill.), medovky lekárskej (*Melissa officinalis* L.), mäty priepornej (*Mentha x piperita* L.), repíka lekárskeho (*Agri-  
monia eupatoria* L.), rozmarínu lekárskeho (*Rosmarinus officinalis* L.), šalvie lekárskej (*Salvia officinalis* L.), yzopu lekárskeho (*Hyssopus officinalis* L.) a vybraných fenolických kyselín (kyseliny kávová, rozmarínová, protokatechová, galová, chlorogenová, ferulová) zhasťovať voľné radikály a pôsobiť redukčne. Všetky bylinné extrakty prejavili vysokú anti-radikálovú aktivitu i redukčnú schopnosť. Najúčinnější bol repíkový extrakt podľa oboch hodnotiacich systémov. Z hodnotených fenolických kyselín bola pri zhasnutí voľných radikálov najaktívnejšia kyselina galová, najvyššiu redukčnú schopnosť prejavila kyselina kávová. Pre hodnotenie antiradikálovej aktivity sa použila metóda DPPH, redukčná schopnosť sa hodnotila fotometricky.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** antioxidanty; fosfomolybdénový komplex; DPPH; fenolické kyseliny

V poslednom období vzrástol záujem o sledovanie rastlinných sekundárnych metabolitov so zaujímavými biologickými vlastnosťami. Byliny sú jedným z potenciálnych zdrojov týchto zlúčenín. Ich použitie v liečiteľstve, kozmetike či potravinárstve je známe už odpradávna, ale až súčasná veda dokazuje vzťah medzi ich aplikáciou a biologickými vlastnosťami [1]. Antioxidačná schopnosť je jednou z často hodnotených vlastností bylín. Za túto schopnosť sú zodpovedné hlavne zlúčeniny s fenolickou štruktúrou [2–5]. Je to rôznorodá skupina zlúčenín, ktorých obsah v bylinách závisí od podmienok pestovania, klimatických podmienok, vegetačnej fázy, genetickej modifikácie byliny a ďalších faktorov z prostredia [6, 7].

Vzhľadom na rôzny mechanizmus účinku antioxidantov sa bylinné extrakty, maceráty či eterické oleje a ich zlúčeniny testovali v modelových podmienkach i v reálnych potravinových systémoch. Bylinné fenolické zlú-

---

Ing. Ludmila HEILEROVÁ, RNDr. Viera ČULÁKOVÁ, Výskumný ústav potravinársky, Biocentrum, Kostolná 7, 900 01 Modra.

Korešpondujúci autor: Ing. Ludmila HEILEROVÁ, e-mail: vup-bc.modra@ba.telecom.sk

čeniny sa účinne prejavili pri zhášaní voľných radikálov [8–15], inhibícii oxidácie lipidov [16–20] i ochrane voči poškodeniu DNA kyslíkovými radikálmi [21]. Medzi antioxidačne aktívne bylinné fenolické zlúčeniny patria deriváty kyseliny kávovej a rozmarínovej, flavonoidy, ako napr. genkwanín, glykozidy luteolínu, kvercetínu, apigenínu a hispidulínu, fenolické diterpény karnosol, kyselina karnosová, rozmanol a ich deriváty [6, 7, 17, 22–25]. Fenolické kyseliny kávová a rozmarínová a ich deriváty sa v niektorých bylinách nachádzajú v pomerne vysokom množstve, takže ich príspevok k celkovej antioxidačnej aktivite je značný.

Naša práca hodnotí schopnosť bylinných extraktov z levandule úzkolistej (*Lavandula officinalis* Chaix), lipy malolistej (*Tilia cordata* Mill.), medovky lekárskej (*Melissa officinalis* L.), mäty piepornej (*Mentha x piperita* L.), repíka lekárskeho (*Agrimonia eupatoria* L.), rozmarínu lekárskeho (*Rosmarinus officinalis* L.), šalvie lekárskej (*Salvia officinalis* L.) a yzopu lekárskeho (*Hyssopus officinalis* L.) a vybraných fenolických kyselín (kyselina kávová, rozmarínová, protokatechová, galová, chlorogenová, ferulová) poskytnúť atóm vodíka pre zhášanie voľného radikálu alebo elektrón potrebný pre tvorbu farebného komplexu. Pre hodnotenie schopnosti zhášať voľný radikál (antiradikálová aktivita) sa použila metóda DPPH založená na meraní farebnej zmeny stabilného radikálu 2,2'-difeny-1-pikrylhydrazylu (DPPH) z tmavofialovej farby do odfarbenia pri 515,6 nm, spôsobenej poskytnutím atómu vodíka antioxidantom [26]. Schopnosť redukcie Mo(VI) na Mo(V) v kyslom prostredí za prítomnosti fosforu a za tvorby zeleného fosfomolybdénového komplexu je princípom použitej metódy pre hodnotenie schopnosti antioxidantu poskytnúť elektrón [27].

## Materiál a metódy

V práci sa použili chemikálie: kyselina rozmarínová, chlorogenová, ferulová (Aldrich, Steinheim, Nemecko), protokatechová, kávová (Sigma, Steinheim, Nemecko), galová (Fluka, Buchs, Švajčiarsko), 2,2'-difeny-1-pikrylhydrazyl (Aldrich, Steinheim, Nemecko), Folin-Ciocalteauvo činidlo (Merck, Darmstadt, Nemecko) a DPPH (Aldrich, Steinheim, Nemecko). Ostatné použité chemikálie a rozpúšťadlá boli čistoty p. a. a pre HPLC (gradient grade).

### Príprava štandardov

Roztoky fenolických kyselín sa pripravili v koncentrácii 1 mg.ml<sup>-1</sup> v 96% etanole.

*Príprava extraktov*

Bylinné extrakty sa pripravili extrahovaním pomletých suchých listov bylín 50% etanolom v pomere 1:20 počas 48 hodín v tme pri teplote  $(21 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Vzorky sa prefiltrovali cez gázu a následne cez filtračný papier Filtrak 390 (Filtrak Brandt, Thermalbad Wiesenbad, Nemecko). Extrakty sa skladovali pri  $4 ^\circ\text{C}$ .

*Metóda DPPH*

Do kyvety na meranie sa napipetovali presne 3,9 ml DPPH ( $0,025 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  2,2'-difenyl-1-pikrylhydrazylu v metanole), odčítala sa hodnota absorbancie ( $A_0$ ) na UV/VIS spektrofotometri (UV-1601, Shimadzu, Tokyo, Japonsko). Následne sa pridalo 0,1 ml vzorky a stlačili sa stopky. Roztok v kyvete sa premiešal 4-krát pohybom hore a dole pomocou miešadielka s nožičkou. V 15. sekunde sa spustilo meranie, zaznamenávala sa závislosť absorbancie od času pri  $515,6 \text{ nm}$  v 1-sekundových intervaloch po dobu 601 sekúnd.

Antioxidačná aktivita je vyjadrená ako % inhibície DPPH  $(A_0 - A_{t600})/A_0$ , alebo ako hodnota  $EC_{50}$ , ktorá predstavuje množstvo v  $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  (v prípade štandardov antioxidantov) a riedenie ( $R$ ) (v prípade bylinných extraktov) potrebné na 50%-nú inhibíciu DPPH.

*Metóda tvorby fosfomolybdénového komplexu*

Metóda podľa PRIETO a kol. [27] sa modifikovala z dôvodu potreby väčšieho množstva reakčnej zmesi pre spektrofotometrické stanovenie. Na jedno stanovenie sa do skúmavky napipetovalo 2,8 ml  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pridalo sa 7,2 ml reakčnej zmesi zloženej zo 6 ml  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,4 ml  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  molybdénanu amónneho a 0,8 ml destilovanej vody. Zmes sa v skúmavke premiešala a pridal sa 1 ml redukujúcej vzorky. Po pridaní vzorky sa zmes premiešala a ohrievala 120 minút pri  $50 ^\circ\text{C}$ . Zmes sa ochladila na  $20 ^\circ\text{C}$  v čo najkratšom čase, ale nie prudko. Do 10 minút bolo potrebné zmerať absorbanciu roztoku pri  $695 \text{ nm}$  (Spekol 11, Carl-Zeiss, Jena, Nemecko) oproti slepému pokusu. V slepom pokuse sa namiesto redukujúcej vzorky napipetoval 1 ml destilovanej vody alebo zodpovedajúceho rozpúšťadla.

Antioxidačná aktivita zodpovedajúca redukčnej schopnosti vzorky sa vyjadřila ako ekvivalent kyseliny askorbovej  $RP_{KA}$  ( $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ).

*Celkový obsah polyfenolov*

K 1 ml vzorky v 100 ml odmernej banke sa pridal 1 ml Folin-Ciocalteauvho činidla a 10 ml 20%  $\text{NaCO}_3$ . Objem sa doplnil po značku destilovanou vodou, roztoky sa dôkladne premiešali. Po 30 minútach stávia v tme

sa zmerala absorbanca modro zafarbeného roztoku pri 700 nm (Spekol 11, Carl-Zeiss, Jena, Nemecko) oproti slepému pokusu (roztok bez vzorky). Obsah polyfenolov je vyjadrený ako kyselina galová v  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

#### *HPLC stanovenie fenolických kyselín*

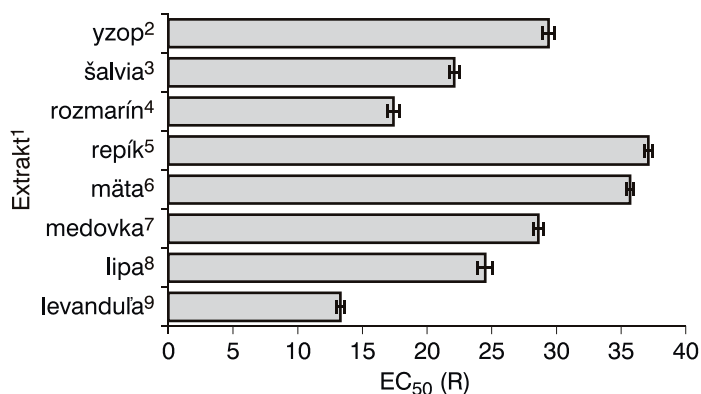
Stanovenie obsahu fenolických kyselín v extraktoch sa uskutočnilo metódou HPLC s UV/VIS detekciou pri 325 a 294 nm (LC 10 ADVP pumpa s gradientom FCV 10 ALVP, detektor UV-VIS SP 10 AVVP, Shimadzu, Tokyo, Japonsko) za nasledujúcich podmienok: kolóna ReproSil 100 C18,  $5 \mu\text{m}$ , 250 x 4 mm (Watrex, Bratislava, Slovensko), prietok  $0,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ; mobilná fáza A: 0,1% TFA (kyselina trifluóroctová), B: acetonitril; gradient: 0.–5. min 10 % B; 5.–20. min 35 % B; 20.–40. min 70 % B; 40.–41. min 90 % B; 41.–42. min 50 % B; 42.–43. min 25 % B; 43.–44. min 5 % B; 45. min 100 % A; analýza ukončená v 46 minúte.

### **Výsledky a diskusia**

Ako bolo spomenuté v úvode, mechanizmus účinku antioxidačných látok je rôzny. Okrem ich vlastnej štruktúry je daný i typom radikálu, voči ktorému majú pôsobiť. Mechanizmus pôsobenia antioxidantov sa môže uskutočniť buď spôsobom prenosu vodíka, alebo elektrónovým prenosom z antioxidantu na oxidant (voľný radikál). Prenos vodíka sa uplatňuje hlavne pri pôsobení antioxidantov schopných prerušovať radikálovú reťazovú reakciu. Literárne zdroje uvádzajú, že mechanizmus prenosu vodíka je spojený s mechanizmom prenosu elektrónu a oba hrajú dôležitú úlohu v biologických oxidačno-redukčných reakciách [28, 29].

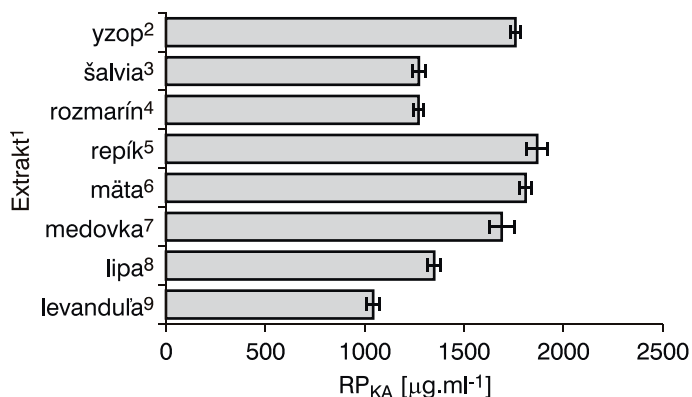
Mnohé vedecké práce uvádzajú, že bylinné extrakty prejavujú vysokú antioxidačnú aktivitu a hodnotia ju viacerými metódami s rôznym mechanizmom účinku [3, 5, 8-11, 13-21]. V práci hodnotené bylinné extrakty potvrdili túto skutočnosť. Hodnotenie antioxidačnej účinnosti bylinných extraktov sa uskutočnilo mechanizmom prenosu atómu vodíka, pričom sa hodnotila schopnosť zhasť voľný radikál, a mechanizmom prenosu elektrónu, pri ktorom sa hodnotila redukčná schopnosť extraktov. V oboch systémoch sa bylinné extrakty prejavili ako vysoko účinné (obr. 1, 2).

Z grafických záznamov vyplýva, že poradie antioxidačnej účinnosti extraktov je zhodné pre obe hodnotiace metódy. Z hodnotených extraktov sa extrakt z repíka lekárskeho prejavil ako antiradikálovo i redukčne najúčinnejší. Výraznú antioxidačnú účinnosť prejavili aj extrakty z mäty prie-



OBR. 1. Antiradikálová aktivita bylinných extraktov.  
EC<sub>50</sub> (R) - riedenie extraktu (R) potrebné na 50% inhibíciu DPPH.

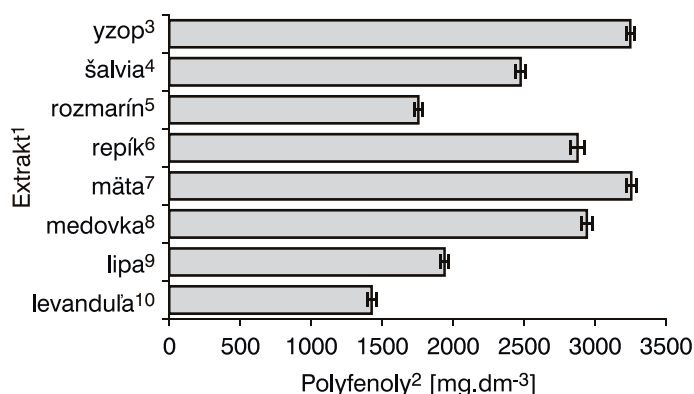
FIG. 1. Antiradical activity of the herbal extracts.  
EC<sub>50</sub> (R) - dilution of the extract (R) necessary for 50% inhibition of DPPH. 1 - extract, 2 - hyssop, 3 - sage, 4 - rosemary, 5 - agrimony, 6 - mint, 7 - lemon balm, 8 - lime blossom, 9 - lavender.



OBR. 2. Redukčná schopnosť bylinných extraktov.  
RP<sub>KA</sub> - redukčná schopnosť vyjadrená ako ekvivalent kyseliny askorbovej [μg.ml<sup>-1</sup>].

FIG. 2. Reduction power of the herbal extracts.  
RP<sub>KA</sub> - reduction power expressed in equivalents of ascorbic acid [μg.ml<sup>-1</sup>]. 1 - extract, 2 - hyssop, 3 - sage, 4 - rosemary, 5 - agrimony, 6 - mint, 7 - lemon balm, 8 - lime blossom, 9 - lavender.

pornej, yzopu lekárskeho a medovky lekárskej. Extrakty z rozmarínu a šalvie sa prejavili ako menej účinné, hoci sa tieto rastliny považujú za dobrý zdroj prírodných antioxidantov. Môže to byť spôsobené použitím nevhodného extrakčného roztoku vzhľadom k prítomnosti antioxidačne účinných látok v bylinách s inou polaritou.



OBR. 3. Obsah polyfenolov v bylinných extraktoch.

FIG. 3. Polyphenol content in the herbal extracts.

1 - extract, 2 - hyssop, 3 - sage, 4 - rosemary, 5 - agrimony, 6 - mint, 7 - lemon balm, 8 - lime blossom, 9 - lavender.

Všeobecne sa uvádza, že čím vyšší je obsah polyfenolov, tým vyššia je antioxidačná účinnosť. V prípade extraktu z repíka lekárskeho sa táto závislosť nepotvrdila. Hoci bol antiradikálovo i redukčne najúčinnnejší, nemal najvyšší obsah polyfenolov (obr. 3).

TAB. 1. Fenolické kyseliny v bylinných extraktoch.

TAB. 1. Phenolic acids in the herbal extracts.

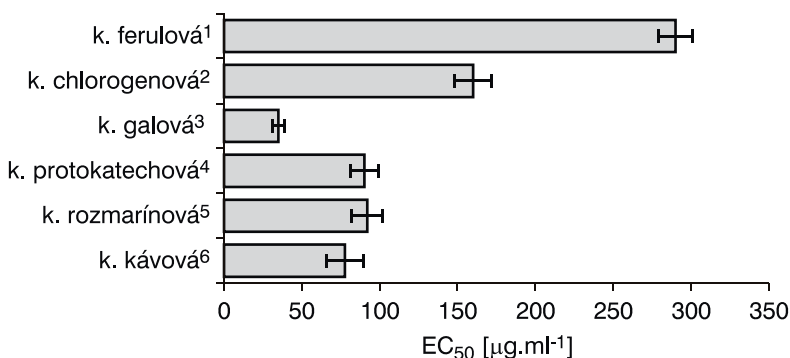
Extrakt¹	Kyselina chlorogenová² [μg.ml⁻¹]	Kyselina ferulová³ [μg.ml⁻¹]	Kyselina kávová⁴ [μg.ml⁻¹]	Kyselina rozmarínová⁵ [μg.ml⁻¹]
levanduľa⁶	43 ± 1	13 ± 1	25 ± 5	70 ± 7
lipa⁷	49 ± 9	25 ± 3	6 ± 2	*
medovka⁸	6 ± 1	40 ± 10	21 ± 1	455 ± 50
mäta⁹	18 ± 1	*	9 ± 2	150 ± 2
repík¹⁰	43 ± 1	105 ± 1	22 ± 2	222 ± 3
rozmarín¹¹	*	40 ± 7	*	220 ± 50
šalvia¹²	-	34 ± 10	*	270 ± 40
yzop¹³	350 ± 8	41 ± 3	51 ± 14	375 ± 20

\* - stopy.

\* - traces. 1 - extract, 2 - chlorogenic acid, 3 - ferulic acid, 4 - caffeic acid, 5 - rosmarinic acid, 6 - lavender, 7 - lime blossom, 8 - lemon balm, 9 - mint, 10 - agrimony, 11 - rosemary, 12 - sage, 13 - hyssop.

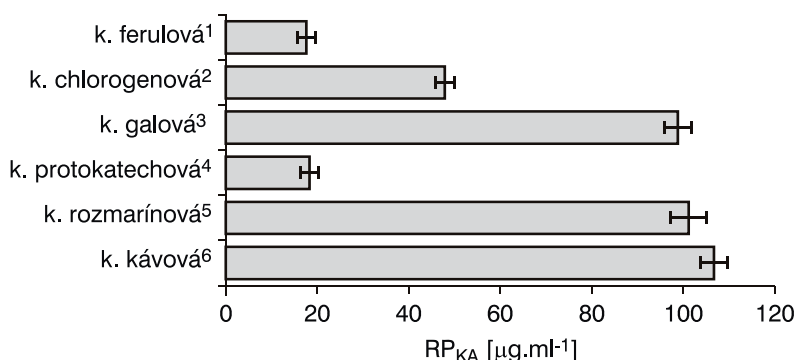
Vysvetlením tejto skutočnosti môže byť to, že nielen obsah, ale i vlastná aktivita zložiek extraktu je dôležitá pre výslednú hodnotu antioxidačnej účinnosti. Fenolické kyseliny, hlavne deriváty kyseliny benzoovej a kyseliny hydroxyškoricovej patria k zlúčeninám s vysokým antioxidačným účinkom a ich obsah v bylinách a ich extraktoch často nie je zanedbateľný. Preto ich prítomnosť a množstvo môžu výrazne ovplyvniť výslednú antioxidačnú účinnosť bylinných extraktov. V tab. 1 sú uvedené obsahy vybraných fenolických kyselín v hodnotených bylinných extraktoch.

Objasňovanie vzťahu medzi molekulovou štruktúrou a antioxidačnou účinnosťou je jedným z krokov pre určenie celkového antioxidačného účinku. Všeobecne platí, že fenolické kyseliny s vyšším počtom OH skupín prejavujú vyššiu antioxidačnú aktivitu ako monofenolické. Hydroxylová skupina v polohe orto- alebo para- v molekule fenolickej kyseliny má pozitívny vplyv na jej účinok, substitúciou jednej alebo dvoch metoxylových skupín v orto- polohe za hydroxylovú skupinu sa výrazne zvyšuje antioxidačný účinok fenolickej kyseliny a aktivita fenolických kyselín esterifikáciou nie je ovplyvnená [30]. Dosiahnuté výsledky pri hodnotení antiradikálovej aktivity (obr. 4) korešpondujú s uvedeným vzťahom medzi štruktúrou a aktivitou. Antiradikálovo najaktívnejšia, teda so schopnosťou poskytnúť atóm vodíka sa prejavila kyselina galová, následne kyselina kávová, rozmarínová, protokatechová a chlorogenová. Kyselina ferulová prejavila najnižšiu schopnosť poskytnúť atóm vodíka. Poradie účinnosti fenolických kyselín pôsobiť



OBR. 4. Antiradikálová aktivita fenolických kyselín.  
EC<sub>50</sub> - množstvo fenolickej kyseliny potrebné na 50% inhibíciu DPPH.

FIG. 4. Antiradical activity of the phenolic acids.  
EC<sub>50</sub> - concentration of phenolic acid necessary for 50% inhibition of DPPH. 1 - ferulic acid, 2 - chlorogenic acid, 3 - gallic acid, 4 - protocatechuic acid, 5 - rosmarinic acid, 6 - caffeic acid.



OBR. 5. Redukčná schopnosť fenolických kyselín.

$RP_{KA}$  - redukčná schopnosť vyjadrená ako ekvivalent kyseliny askorbovej.

FIG. 5. Reduction power of the phenolic acids.

$RP_{KA}$  - reduction power of phenolic acid expressed in equivalents of ascorbic acid. 1 - ferulic acid, 2 - chlorogenic acid, 3 - gallic acid, 4 - protocatechuic acid, 5 - rosmarinic acid, 6 - caffeic acid.

redukčne za poskytnutia elektrónu je graficky zobrazené na obr. 5. Najvyššiu redukčnú schopnosť prejavila kyselina kávová, následne kyseliny rozmarínová, galová, chlorogenová a protocatechová. Kyselina ferulová aj v tomto systéme sa prejavila ako málo účinná. Poradie aktivity fenolických kyselín pri oboch metódach je rozdielne a naznačuje, že zložky môžu prednostne pôsobiť iným mechanizmom.

Z obsahu polyfenolov (obr. 3), obsahu fenolických kyselín (tab. 1) a ich antioxidačnej aktivity (obr. 4 a 5) vyplýva, že k celkovej antioxidačnej aktivite bylinných extraktov prispievajú ďalšie fenolické zložky (napr. flavonoidy, taníny) s vyšším antioxidačným účinkom. Stanovenie obsahu v bylinných extraktoch a hodnotenie antioxidačnej účinnosti týchto zložiek je námetom pre ďalšie štúdie.

## Záver

Vo vývoji metód pre ozrejenie a hodnotenie mechanizmu účinku antioxidačných zložiek sa objavujú stále nové pohľady a výsledky. Cieľom by mala byť spoľahlivá a časovo nenáročná metóda. Vzhľadom na zložitosť či rôznorodosť mechanizmov účinku antioxidantov už aj za modelových podmienok sa poukazuje na výber a kombináciu viacerých metód pri vyjadrení účinku samostatných antioxidačne pôsobiacich zložiek, či ich zmesí. Získané výsled-



ky potvrdzujú voľbu kombinácie metód s hodnotením rôzneho spôsobu mechanizmu antioxidačného účinku. Hodnotené bylinné extrakty prejavili vysokú antiradikálovú aktivitu i redukčnú schopnosť. Ich antioxidačná aktivita je ovplyvnená typom i obsahom prítomných zlúčením s antioxidačným efektom. Získané výsledky naznačujú, že prítomné fenolické kyseliny prispievajú k celkovej antioxidačnej aktivite bylinných extraktov vzhľadom na ich vlastnú aktivitu a obsah. Pokles antioxidačnej aktivity bylinných extraktov bol pre oba mechanizmy účinku v poradí: repíkový > mäťový > yzopový > medovkový > lipový > šalviový > rozmarínový > levanduľový extrakt. Poradie aktivity testovaných fenolických kyselín bolo rozdielne vzhľadom na hodnotený mechanizmus účinku. Antiradikálovo bola najúčinnnejšia kyselina galová, najvyššiu redukčnú schopnosť prejavila kyselina kávová.

## Literatúra

1. RAMARATHNAM, N. - OSAWA, T. - OCHI, H. - KAWAKISHI, S.: The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 1995, s. 75-82.
2. SHAHIDI, F.: Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung*, 44, 2000, s. 158-163.
3. MALIAUSKAS, G. - VENSKUTONIS, P. R. - VAN BEEK, T. A.: Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 2004, s. 231-237.
4. HALLIWELL, B.: Antioxidants and human diseases: a general introduction. *Nutritional Review*, 55, 1997, s. 44-52.
5. EXARCHOU, V. - NENADIS, N. - TSIMIDOU, M. - GEROTHANASSIS, I. P. - TROGADIS, A. - BOSCOU, D.: Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from greek oregano, greek sage, and sumer savory. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2002, s. 5294-5299.
6. MUNNÉ-BOSCH, S. - ALERGE, L. - SCHWARZ, K.: The formation of phenolic diterpenes in *Rosmarinus officinalis* L. under Meriterranean climate. *European Food Research and Technology*, 210, 2000, s. 263-267.
7. DEL BAÑO, M. J. - LORENTE, J. - CASTILLO, J. - BENAVENTE-GARCÍA, O.: Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2003, s. 4247-4253.
8. WETTASINGHE, M. - SHAHIDI, F.: Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals. *Food Chemistry*, 70, 2000, s. 17-26.
9. MENSOR, L. L. - MENEZES, F. S. - LEITÃO, G. G. - REIS, A. S.: Screening of brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15, 2001, s. 127-130.
10. COULADIS, M. - TZAKOU, O. - VERYKOKIDOU, E. - HARVALA, C.: Screening of some greek aromatic plants for antioxidant activity. *Phytotherapy Research*, 17, 2003, s. 194-195.
11. CERVATO, G. - CARABELLI, M. - GERVASIO, S. - CITTERA, A. - CAZZOLA, R. - CESTARO, B.: Antioxidant properties of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 24, 2000, s. 453-465.

12. NAKAMURE, Y. - OTHO, Y. - MURAKAMI, A. - OHIGASHI, H.: Superoxide scavenging activity of rosmarinic acid from *Perilla frutescens* Britton Var. *acuta* f. *viridis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 1998, s. 4545-4550.
13. PUERTAS-MEJÍA, M. - HILLEBRAND, S. - STASHENKO, E. - WINTERHALTER, P.: In vitro radical scavenging activity of essential oils from Columbian plants and fractions from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil. Flavour and Fragrance Journal, 17, 2002, s. 380-384.
14. JUN, W. J. - HAN, B. K. - YU, K. W. - KIM, M. S. - CHANG, I. S. - KIM, H. Y. - CHO, H. Y.: Antioxidant effects of *Origanum majorana* L. on superoxide anion radicals. Food Chemistry, 75, 2001, s. 439-444.
15. OLLANKETO, M. - PELTOKETO, A. - HARTONEN, K. - HILTUNEN, R. - RIEKKOLA, M.-L.: Extraction of sage (*Salvia officinalis* L.) by pressurized hot water and conventional methods: antioxidant activity of the extracts. European Food Research and Technology, 215, 2002, s. 158-163.
16. MANSOUR, E. H. - KHALIL, A. H.: Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. Food Chemistry, 69, 2000, s. 135-141.
17. FRANKEL, N. F. - HUANG, S.-W. - AESCHBACH, R. - PRIOR, E.: Antioxidant activity of a rosemary extract and its constituents, carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid, in bulk oil and oil-in-water emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 1996, s. 131-135.
18. ÖZCAN, M. - AKGÜL, A.: Antioxidant activity of extracts and essential oils from turkish spices on sunflower oil. Acta Alimentaria, 24, 1995, s. 81-90.
19. PUERTAS-MEJÍA, M. - HILLEBRAND, S. - STASHENKO, E. - WINTERHALTER, P.: In vitro radical scavenging activity of essential oils from Columbian plants and fractions from oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil. Flavour and Fragrance Journal, 17, 2002, s. 380-384.
20. MARINOVA, E. M. - YANISHLIEVA, N. V.: Antioxidative activity of extracts from selected species of the family *Lamiaceae* in sunflower oil. Food Chemistry, 58, 1997, s. 245-248.
21. HEILEROVÁ, L. - BUČKOVÁ, M. - TARAPČÍK, P. - ŠILHÁR, S. - LABUDA, J.: Comparison of antioxidative activity data for aqueous extracts of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.), thyme (*Thymus vulgare* L.) and agrimony (*Agrimony eupatoria* L.) obtained by conventional method and the DNA-based biosensor. Czech Journal of Food Science, 21, 2003, s. 78-84.
22. CHEN, J. H. - HO, C.-T.: Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 1997, s. 2374-2378.
23. FUKUMOTO, L. R. - MAZZA, G.: Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 2000, s. 3597-3604.
24. WANG, M. - SHAO, L. - ZHU, N. - RANGARAJAN, M. - LAVOIE, E. - HO, CH.-T.: Antioxidative phenolic glycosides from sage (*Salvia officinalis*). Journal of Natural Products, 62, 1999, s. 454-456.
25. LU, Y. - FOO, L. Y.: Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). Food Chemistry, 75, 2001, s. 197-202.
26. BRAND-WILLIAMS, W. - CUVELIER, M. E. - BERSSET, C.: Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 28, 1995, s. 25-30.
27. PRIETO, P. - PINEDA, M. - AQUILAR, M.: Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Analytical Biochemistry, 269, 1999, s. 337-341.
28. ZIELIŃSKI, H. - KOZŁOWSKA, H.: Measurement of total antioxidant capacity - a review. Polish Journal of Food and Nutrition Science, 8/49, 1999, s. 147-158.

29. McANALLEY, S. - KOEPKE, C. M. - LE, L. - VENNUM, E.: In vitro methods for testing antioxidant potential: a review. *GlycoScience and Nutrition*, 4, 2003, č. 2, s. 1-9.
30. SCHMIDT, Š. - ŠARDZÍKOVÁ, I. - SEKRETÁR, S.: Výskyt, štruktúra a účinok prírodných antioxidantov. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 14, 2002, s. 221-239.

Do redakcie došlo 16. 5. 2005.

#### **Antiradical activity and the reduction power of herbal extracts and their phenolic acids**

HEILEROVÁ, L. - ČULÁKOVÁ, V.: *Bull. potrav. Výsk.*, 44, 2005, p. 237-247.

SUMMARY. Herbal extracts of lavender (*Lavandula officinalis* Chaix), lime blossom (*Tilia cordata* Mill.), lemon balm (*Melissa officinalis* L.), mint (*Mentha x piperita* L.), agrimony (*Agrimonia eupatoria* L.), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), sage (*Salvia officinalis* L.) and hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and their selected phenolic acids (caffeic acid, rosmarinic acid, protocatechuic acid, gallic acid, chlorogenic acid and ferulic acid) were evaluated for scavenging of free radical and for acting as reductants. All tested extracts showed high antiradical activities as well as high reduction powers. Agrimony extract was the most active herbal extract by both evaluation criteria. From the tested phenolic acids, gallic acid was the most active phenolic acid in scavenging free radicals, and caffeic acid had the highest reduction power. Antiradical activity was evaluated by the DPPH method, a photometric method was used to evaluate the reduction power.

KEYWORDS: antioxidants; phosphomolybdenum complex; DPPH; phenolic acids