

ANTIOKSIDATIVNA AKTIVNOST BILJAKA IZ FAMILIJE POLYGONACEAE

Mirjana Žabić*,
Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet, Banja Luka, BiH

ISSN 2232-755X
DOI: 10.7251/GHTE1511001Z

UDC: 582.665.11:635.89
Pregledni rad

*Prirodni antioksidansi su predmet intenzivnog izučavanja zbog njihove sposobnosti da gase slobodne radikale koji se smatraju odgovornim za razvoj degenerativnih bolesti. Istraživanja su naročito fokusirana na biljke koje se tradicionalno koriste u narodnoj medicini podneblja u kojem rastu. Ekstrakcija aktivnih materija se vrši korištenjem raznih rastvarača, a njihov antioksidativni potencijal se mjeri različitim metodama, tako da rezultate njihove primjene često nije moguće upoređivati. Ipak, povremeno je radi preglednosti i izbjegavanja nepotrebnog ponavljanja neophodno sistematizovati saznanja iz ove oblasti. U ovom radu je dat pregled literature antioksidativnog djelovanja rodova *Polygonum*, *Rumex*, *Fagopyrum*, *Reynoutria*, *Fallopia* i *Rheum* iz porodice *Polygonaceae*. Osim porijekla biljne vrste i načina pripreme uzorka, navedeni su rastvarači pomoću kojih je izvedena ekstrakcija, testovi koji su korišteni za određivanje antioksidativne aktivnosti, kao i za određivanja sadržaja jedinjenja koji su nosioci antioksidativnog djelovanja.*

Ključne riječi: *Polygonaceae, antioksidativna aktivnost*

UVOD

Biljke su izvor prirodnih antioksidansa pa se zato ispituje njihov antioksidativni kapacitet *in vitro*. *Polygonaceae* porodica (troskoti, dvornici, red *Caryophyllales*) se sastoji od preko 50 rodova i preko 1200 vrsta [1], od kojih su najčešće proučavani rodovi *Polygonum* i *Rumex* koji su u svijetu zastupljeni sa po oko 200 biljnih vrsta [2]. Hronične bolesti se često povezuju sa oksidativnim stresom uzrokovanim reaktivnim kiseoničnim vrstama (ROS, eng. reactive oxygen species) kao što su hidroksilni radikal, peroksilni radikal, superoksid anion radikal, vodonik peroksid, alkoksilni radikal, singlet kiseonik, azot oksid radikal, hipohloritni radikal i dr. [3, 4]. ROS nastaju metabolizmom ili djelovanjem egzogenih faktora okoline [5], kao što su UV zračenje, promjena temperature, suša, visoka koncentracija soli, metalni joni, toksini, patogena infekcija i dr. Ovi nestabilni radikali su izrazito reaktivni i čim nastanu počinju lančanu reakciju sa lipidima, proteinima, dezoksiribonukleinskom kiselinom, uzrokujući oštećenje ćelijskih komponenti [6]. Zato se i povezuju sa procesima starenja i različitim oboljenjima kao što su kancer, Kronova bolest, ulcerativni kolitis, Parkinsonova bolest, Alchajmerova bolest, ateroskleroza, reumatoidni artritis i dr. [5, 6, 7]. Ćelije se na različite načine bore sa ROS da bi održale homeostazu ćelije. Važnu ulogu u gašenju slobodnih radikala imaju antioksidativni enzimi kao što su superoksid dismutaza, katalaza i peroksidaze, ali i vitamini C i E, kao i mnogi sekundarni metaboliti.

Ponekad su organizmu potrebne dodatne količine antioksidansa da bi se izborio sa prevelikim oksidativnim stresom. Komercijalno dostupni sintetizovani antioksidansi imaju jako, ali nespecifično antioksidativno djelovanje, pa su često i štetni za organizam, izazivajući oštećenja jetre i indukciju kancera [5].

Zato su naučnici u potrazi za prirodnim antioksidansima kojima biljke obiluju, s obzirom da se moraju braniti i prilagođavati uslovima oksidativnog stresa iz okoline. Biljni antioksidansi nastali evolucionim prilagođavanjem milionima godina su strukturno vrlo raznovrsni. Zato ne iznenađuje broj istraživanja u ovoj oblasti, kao i činjenica da 60% antikancerogenih lijekova koji se i danas koriste potiču od prirodnih jedinjenja ili njihovih derivata [4]. Smatra se da globalno veliki procenat populacije (i do 80%) svoje primarne zdravstvene probleme liječi na tradicionalan način, koristeći biljke sa medicinskim djelovanjem [8, 9].

Da bi se odbranile od oksidativnog stresa biljke sintetišu različite sekundarne metabolite kao što su polifenolna jedinjenja u koja spadaju flavonoidi, katehini, fenolne kiseline, tanini i mnoga druga jedinjenja. Trenutno je poznato oko 8000 fenolnih jedinjenja [4], a uglavnom djeluju kao antioksidansi tako što delokalizacijom elektrona mogu da formiraju stabilne fenoksil radikale. Flavonoidi su najzastupljenija grupa fenolnih jedinjenja, a u flavonoide se ubrajaju flavonoli, flavoni, flavanoli, izoflavoni, antocijani, čalkoni i dr. Ova jedinjenja efikasno gase slobodne radikale, što je potvrđeno brojnim radovima u zadnjih dvadeset godina [10, 11]. Nalaze se u listovima, plodovima, sjemenu, korijenu i kori [5]. Smatra se da visok sadržaj ukupnih fenola obično znači i vrlo dobru antioksidativnu aktivnost određene biljne vrste [3]. Često nije moguće u potpunosti definisati doprinos nekog jedinjenja ukupnom antioksidativnom kapacitetu jer je matriks vrlo složen, pa izolacija, prečišćavanje i određivanje strukture jedinjenja nije lak zadatak [10]. Takođe, izolovanjem se nekad ne dobije isti efekat kao u prirodnom matriksu, jer neka jedinjenja u prirodi djeluju sinergistički, što se u laboratorijskim uslovima ne može ostvariti.

* Korespondentni autor: Mirjana Žabić, Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet, Banja Luka, BiH, e-mail adresa: mirjana.zabic@agrofabl.org

Istraživanja u potrazi za novim lijekovima iz biljnog svijeta se uglavnom baziraju na etnobotaničkim podacima iz prethodnih fitofarmakoloških istraživanja. Da bi se efikasno iskoristilo do sada akumulirano znanje o antioksidativnom kapacitetu različitih ljekovitih biljnih vrsta i da bi se izbjeglo nepotrebno ponavljanje istraživanja, neophodno je sistematizovati dostupne informacije o njihovoj aktivnosti. Često se dešava da različiti istraživači ispituju istu biljnu vrstu, ali antioksidativnu aktivnost određuju različitim metodama, što znatno otežava interpretaciju i upoređivanje rezultata za istu vrstu, ali otežava i međusobno upoređivanje različitih vrsta.

MATERIJAL I METODE RADA

Bioaktivne komponente se mogu naći u svim dijelovima biljke, pa se tako analiziraju i nadzemni i podzemni dijelovi. Uglavnom se slijede saznanja i iskustva koje su ljudi sticali dugim nizom godina upotrebljavajući određeni dio biljke za prevenciju ili liječenje nekog oboljenja. Biljni materijal se najčešće suši nekoliko dana na zraku, nakon čega se samelje u prah koji se dalje koristi za ekstrakciju. Mnogo rjeđe se koriste postupci liofilizacije i zamrzavanja na vrlo niskim temperaturama. Za ekstrakciju se koriste različiti rastvarači, kao što je vidljivo iz tabele 1. Rastvarači se razlikuju po polarnosti i zavisno od upotrijebljenog rastvarača ekstrahuju se i različite komponente. Najčešće korišten rastvarač je metanol, a slijede ga etanol i voda. Napolarni rastvarači se mnogo manje koriste jer je većina aktivnih komponenti koji imaju antioksidativno djelovanje polarna [5].

Razvijene su brojne metode za određivanje antioksidativne aktivnosti izolovanih prirodnih antioksidansa ili biljnog ekstrakta. Ovdje su navedeni principi na kojima se zasnivaju najčešće korištene metode.

Određivanje sposobnosti gašenja stabilnih DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) slobodnih radikala je najčešće korištena metoda, a zasniva se na redukciji DPPH metanalnog rastvora ljubičaste boje u prisustvu antioksidansa (koji će donirati vodonikov atom) pri čemu nastaje neradikalni oblik, DPPH-H žute boje. Nestanak ljubičaste boje se prati spektrofotometrijski na 517 nm [12]. Ukupna antioksidativna aktivnost se često određuje FRAP (eng. ferric reducing antioxidant power) metodom koja se zasniva na sposobnosti antioksidansa da redukuje Fe^{3+} u prisustvu 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) do Fe^{2+} koji sa TPTZ daje kompleks plave boje. Promjena apsorpcije na 593 nm je direktno proporcionalna sadržaju antioksidativnih jedinjenja [5]. TEAC (eng. trolox equivalent antioxidant capacity) / dekolorizacija radikal kationa ABTS [2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolin-6-sulfonska kiselina) diamonium so] je metoda kojom se spektrofotometrijski (na 734 nm) prati kako antioksidansi reaguju sa plavozelenim $ABTS^{\cdot+}$ pri čemu nastaje bezbojni ABTS [8]. Smanjenje koncentracije $ABTS^{\cdot+}$ je direktno proporcionalno koncentraciji antioksidativnih jedinjenja. CUPRAC (eng. cupric reducing antioxidant capacity) metoda se bazira na korištenju bakar (II)-neokuproina [Cu (II)-Nc] kao hromogenog oksidujućeg agensa [13]. Takođe se koriste ORAC metoda (eng. oxygen radical absorbance capacity), TRAP (eng. total radical trapping antioxidant potential), metoda određivanja sposobnosti gašenja superoksid anion radikala, hidroksil radikala, vodonik peroksid radikala, azot oksid radikala i dr. [5, 6]. S obzirom da se metode zasnivaju na različitim principima i da se izvode u različitim eksperimentalnim uslovima, očekivano se razlikuju i rezultati antioksidativne aktivnosti. Zato je najbolje za evaluaciju antioksidativnog kapaciteta koristiti više od jedne metode [10].

Određivanje ukupnih fenola se bazira na promjeni boje koja nastaje kao posljedica reakcije fenola sa Folin-Ciocalteu (FC) reagensom koji je smjesa molibdofosfatnih i volframofosfatnih aniona. Fenoli se oksiduju do hinona u prisustvu FC reagensa koji se redukuje i iz žute prelazi u plavo obojenje, čiji se intenzitet mjeri na 765 nm. Rezultati se najčešće izražavaju kao mg ekvivalenta galne kiseline (mg GAE) u određenoj količini uzorka. Određivanje flavonoida se bazira na osobini flavonoida da sa aluminijum hloridom stvaraju kompleks, a intenzitet obojenja je proporcionalan količini prisutnih flavonoida koji se često izražava kao mg CE (mg ekvivalent katehina). Pojedinačni fenoli i flavonoidi se najčešće određuju pomoću HPLC.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 su navedene biljne vrste iz rodova *Polygonum*, *Rumex*, *Fagopyrum*, *Reynoutria*, *Fallopia* i *Rheum* za koje postoje literaturni podaci o njihovoj antioksidativnoj aktivnosti. Označeno je porijeklo biljne vrste, dio biljke koji je testiran, kao i način pripreme uzorka nakon branja. Osim toga, navedeni su rastvarači pomoću kojih je izvedena ekstrakcija, testovi koji su korišteni za određivanje antioksidativne aktivnosti, kao i za određivanja sadržaja jedinjenja koji su nosioci antioksidativnog djelovanja. Opšte je prihvaćeno da postoji korelacija između sadržaja fenolnih jedinjenja i antioksidativne aktivnosti, tj. da je sadržaj fenola dobar indikator antioksidativnog kapaciteta biljnog ekstrakta [5, 14]. U poljskoj studiji u kojoj su analizirane 32 različite biljne vrste, *Polygonum aviculare* je okarakterisan kao vrsta sa visokim sadržajem ukupnih fenola od 11.2 mg GAE/100 g suve težine [12]. Od fenolnih kiselina najzastupljenije su bile kafeinska i *p*-kumarinska kiselina (21.5 i 14.8 mg/100 g suve težine redom). U hrvatskoj studiji 70 različitih biljaka vrsta pripremljeni su čajevi (kuvanje u vodi na 98°C, 30 minuta) i analizirani, između ostalog, i po njihovoj antioksidativnoj aktivnosti i sadržaju fenola [10]. Utvrđeno je da vrsta iz familije Polygonaceae, *Polygonum aviculare* imala vrlo nizak FRAP (1.2 mM/L čaja) za koji se smatralo da nije ni povezan sa antioksidativnom aktivnosti i nizak sadržaj ukupnih fenola (186 mg CE/L čaja). Korijen vrste *Polygonum bistorta* se u Turskoj koristi u narodnoj

medicini i zato je ispitivan ukupan sadržaj fenola i antioksidativna aktivnost koristeći ABTS test [8]. Korišteni su različiti rastvarači za ekstrakciju i utvrđeno je da vodeni rastvor acetona (70 % v/v) daje najbolje rezultate, što se pripisuje rastvorljivosti fenolnih jedinjenja u vodi, ali i pomoći organskih rastvarača pri prodiranju vode u ćeliju.

Tabela 1. Lista ispitivanih biljaka, biljni materijal, rastvarači korišteni za ekstrakciju, analizirane komponente i testovi za određivanje antioksidativnih svojstava

Table 1. List of tested plants, plant material, solvents used for extraction, analyzed components and assays employed for antioxidant studies

Biljna vrsta (porijeklo) Plant species (origin)	Biljni materijal Plant material	Rastvarač Solvent	Analizirane komponente / test Analyzed components / Assay	Ref.
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Poljska)	Nadzemni dio biljke, zamrzavanje i mljevenje	Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP, ABTS Pojedinačni fenoli / HPLC	[12]
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Irak)	Listovi i stabljika, sušenje i mljevenje	Voda i 50% etanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[27]
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Iran)	Listovi	Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / FRAP	[28]
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Tajvan)	Nadzemni dio biljke, sušenje i mljevenje	Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi Antioksidativna aktivnost / DPPH	[29]
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Hrvatska)	Sušeni uzorci (iz apoteke)	Pripravak (čaj sa dejonizovanom vodom)	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / FRAP	[10]
<i>Polygonum bistorta</i> Linn. (Turska)	Sušeni korijen (iz apoteke)	Voda, 70% aceton, 70% metanol	Ukupni fenoli / FC Pojedinačni fenoli / LC-MS Antioksidativna aktivnost / ABTS	[8]
<i>Polygonum bistorta</i> Linn. (Indija)	Korijen, sušenje i mljevenje	Voda	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[30]
<i>Polygonum bistorta</i> Linn. (Pakistan)	Korijen, sušenje i mljevenje	Metanol i etanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[31]
<i>Polygonum lapathifolium</i> L. (Češka)	Nadzemni dio biljke, sušenje na zraku	Metanol	Pojedinačni fenoli i flavonoidi / HPLC-MS Antioksidativna aktivnost / ABTS	[16]
<i>Polygonum tinctorium</i> Ait. (Japan)	Sjeme i listovi, sušenje na suncu 5 dana, mljevenje u prah	Voda i metanol:voda (1:1)	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Vitamin C / spektrofotometrijski Antioksidativna aktivnost / ABTS, FRAP, CUPRAC i DPPH	[13]
<i>Polygonum tinctorium</i> Ait. (Japan)	Sjeme i listovi, sušenje na suncu 5 dana, mljevenje u prah	Metanol, etil acetat, voda i metanol:voda (1:1)	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Tanini, Flavanoli / spektrofotometrijski Antioksidativna aktivnost / ABTS, FRAP, CUPRAC	[32]
<i>Polygonum aviculare</i> L. (Kina) <i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. & Zucc. <i>Polygonum multiflorum</i> Thunb. <i>Polygonum orientale</i> L. <i>Rheum officinale</i> Baill. <i>Fagopyrum cymosum</i> (Trev.) Meisn.	Cijela biljka Rizom Korijen Plod Korijen Rizom; sušenje na zraku	Metanol i voda	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS Pojedinačni fenoli / HPLC	[33]
<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. & Zucc. (Japan)	Korijen, sušenje i mljevenje	Voda	Antioksidativna aktivnost / DPPH Resveratrol, kvercetin, rutin / HPLC	[34]
<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. & Zucc. (Kina)	Korijen, sušenje i mljevenje	Etanol i etil acetat	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH	[35]
<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. et Zucc. (Kina)	Rizom, sušenje i mljevenje	Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS	[36]
<i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. et Zucc. (Kina)	Sušenje i mljevenje	80% Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS, FRAP	[37]
<i>Polygonum minus</i> Linn. (Malezija)	Listovi i stabljika, svježi	Cijeđenje u sokovniku	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[38]
<i>Polygonum minus</i> Linn.	Listovi, liofilizacija	Voda i 80% etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃	[39]

(Malezija)			Antioksidativna aktivnost / DPPH β- karoten / spektrofotometrijski	
<i>Polygonum minus</i> Linn. (Malezija)	Listovi, sušenje na zraku i mljevenje	Voda i etanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[40]
<i>Polygonum hyrcanicum</i> Rech. (Iran)	Nadzemni dio biljke, sušenje na zraku, rezanje na manje dijelove	n-Heksan, etil acetat i metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[41]
<i>Polygonum hyrcanicum</i> Rech. (Iran)	Cijela biljka, sušenje na sobnoj temperaturi i mljevenje	Metanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[42]
<i>Polygonum salicifolium</i> Schur (Egipat)	Cijela biljka, sušenje na 40°C, mljevenje	Metanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[43]
<i>Polygonum patulum</i> M. Bieb (Iran)	Nadzemni dijelovi, sušenje i sjeckanje na manje dijelove	Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[2]
<i>Polygonum bellardii</i> All. (Egipat)	Nadzemni dijelovi, sušenje na zraku i mljevenje	Metanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[44]
<i>Polygonum barbatum</i> Linn. (Indija)	Listovi, sušenje na zraku i mljevenje	70% Etanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH	[45]
<i>Polygonum hydropiper</i> L. (Pakistan)	Cijela biljka, sušenje na zraku 15 dana, mljevenje	80% Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, ABTS	[46]
<i>Polygonum odoratum</i> Mill. (Tajland)	Listovi, zamrzavanje i mljevenje	70% Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP	[47]
<i>Polygonum amplexicaule</i> D. Don (Iran)	Rizom, izdanak i listovi, sušenje i mljevenje	80% Metanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH Katehin, kvercetin, emodin, kafeinska i galna kiselina / HPLC	[48]
<i>Polygonum senegalensis</i> Meissner (Benin)	Listovi i korijen, sušenje i mljevenje	50% Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Tanini / spektrofotometrijski Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP, ORAC	[49]
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt. (Bosna i Hercegovina)	Rizom isječen na trake, sušenje na sobnoj temperaturi 10 dana, mljevenje	50% Etanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH, FRAP, ABTS	[17]
<i>Fallopia japonica</i> Houtt. (Češka) <i>Fallopia sachalinensis</i> F. Schmidt <i>Fallopia x bohemica</i> Chrtek & Chrtkova	Listovi, sušenje na zraku, mljevenje	Hloroform/etanol (65 : 35), pa metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH	[50]
<i>Reynoutria sachalinensis</i> (Fr. Schm.) Nakai (Korea)	Cvijet, sušenje	Metanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[51]
<i>Rumex acetosella</i> L. (Srbija)	Listova i cvasti, sušenje na zraku, mljevenje i prosijavanje	80% Metanol i 100% etilacetat	Ukupni fenoli / FC Derivati cinamične i benzoeve kiseline / HPLC	[20]
<i>Rumex acetosa</i> L., (Poljska) <i>Rumex acetosella</i> L. <i>Rumex confertus</i> Willd. <i>Rumex crispus</i> L. <i>Rumex hydrolapathum</i> Huds. <i>Rumex obtusifolius</i> L.	Korijen, listovi, plod, sušenje na zraku	80% Metanol	Sadržaj tanina (% suve težine) Antioksidativna aktivnost / DPPH	[18]
<i>Rumex crispus</i> L. (Srbija)	Plod (sjeme)	Metanol	Antioksidativna aktivnost / FRAP, DPPH	[19]
<i>Rumex crispus</i> L. (Turska) <i>Rumex cristatus</i> L.	Listovi, sušenje 7 dana na sobnoj temperaturi	Voda, etanol	Ukupni antioksidativni status / kolorimetrijska metoda	[21]
<i>Rumex cristatus</i> DC (Turska)	Listovi, sušenje na sobnoj temperaturi, zatim zamrzavanje na -20° C	Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Askorbinska kiselina / 2,6-dihlorfenol indofenol β- karoten / spektrofotometrijski Reduktivna sposobnost / spektrofotometrijski	[3]

			Antioksidativna aktivnost / DPPH	
<i>Rumex obtusifolius</i> L. (Irska)	Listovi, sušenje i mljevenje	n-Heksan, metanol, dihlormetan	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[22]
<i>Rumex acetosella</i> L. (Turska) <i>Polygonum amphibium</i> L.	Listovi, sušenje i mljevenje	80% Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Antocijani / spektrofotometrijski Antioksidativna aktivnost / DPPH Ukupna antioksidativna aktivnost / fosfomolibden metod Reduktivna sposobnost / spektrofotometrijski	[15]
<i>Rumex induratus</i> Boiss & Reuter (Portugal)	Listovi	Etanol	Pojedinačni fenoli / HPLC-MS Antioksidativna aktivnost / DPPH	[52]
<i>Rumex vesicarius</i> L. (Saudijska Arabija)	Cijela biljka, sušenje na zraku i mljevenje	Metanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Ukupni proantocijani / vanilin Antioksidativna aktivnost / DPPH	[53]
<i>Rumex vesicarius</i> L. (Egipat)	Svi dijelovi biljke posebno analizirani	Metanol, etanol, hloroform, eter, petroleter	Ukupni fenoli / FC Antrahinoni, flavonoidi / HPLC Antioksidativna aktivnost / DPPH	[54]
<i>Rumex vesicarius</i> L. (Egipat)	Izdanak	Etanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / DPPH	[55]
<i>Rumex japonicus</i> Houtt. (Japan)	Svježi nadzemni dijelovi	Etanol	Ukupni fenoli / FC Pojedinačni fenoli / HPLC, GC-MS Antioksidativna aktivnost / DPPH, β-karoten	[56]
<i>Rumex maritimus</i> Linn. (Bangladeš)	Sjeme, sušenje na zraku 7 dana	Metanol	Ukupni fenoli / FC	[57]
<i>Rumex pictus</i> Forssk (Jordan)	Sušenje na sobnoj temperaturi, mljevenje	Voda i metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS	[58]
<i>Rumex hastatus</i> D. Don (Pakistan)	Cijela biljka, sušenje na zraku i mljevenje	Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS, DPPH	[9]
<i>Rumex patientia</i> L. (Indija)	Listovi, liofilizacija	70% Aceton, 50% zakis. metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS, DPPH, FRAP	[59]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (Slovenija)	Izdanak, liofilizacija na -40°C i pritisku od 0.1 Pa: korijen, stabljika, kotiledon	Etanol Etanol Etanol 80% tetrahidrofuran	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Antioksidativna aktivnost / DPPH Sadržaj fagopirina / spektrofotometrijski	[60]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (Rumunija)	Klica tokom 7 dana klijanja	70% Etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ Vitamin C / jodometrijski	[23]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (Poljska)	Krupica, mekinje, brašno, zamrzavanje na -40°C, mljevenje u prah. Kllice nakon 10 dana rasta liofilizirane	Metanol	Antioksidativna aktivnost / ABTS, DPPH Rutin / HPLC	[24]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (Norveška)	Brašno	Metanol	Antioksidativna aktivnost / FRAP	[25]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench (SAD)	Brašno	Voda, etanol, 50% etanol	Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃ i LC-MS Antioksidativna aktivnost / DPPH	[61]
<i>Rheum ribes</i> L. (Turska)	Izdanak i korijen, sušenje i mljevenje	Etil acetat	Antioksidativna aktivnost / DPPH Ukupni fenoli / FC Ukupni flavonoidi / AlCl ₃	[26]
<i>Rheum ribes</i> L. (Irak)	Rizom i korijen, sušenje i mljevenje	Voda i etanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH Pojedinačni fenoli / HPLC	[62]
<i>Rheum australe</i> D. Don (Kina)	Korijen, sušenje i mljevenje	75% Etanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[63]
<i>Rheum</i> spp., 9 vrsta (SAD)	Peteljke, liofilizacija i mljevenje	2% HCl/Metanol	Ukupni fenoli / FC Antioksidativna aktivnost / ABTS Ukupni antocijani / spektrofotometrijski Pojedinačni antocijani / HPLC-MS	[64]
<i>Rheum palmatum</i> Linn. (Nepal)	Sušenje i mljevenje	Metanol	Antioksidativna aktivnost / DPPH	[65]

Utvrđeno je da korijen ove biljke ima ukupnih fenola od 2336 do 3887 µg/ g suve težine biljnog uzorka (najveći dio otpada na protokatehinsku, ferulinsku, kumarinsku i galnu kiselinu), ali i da je antioksidativna aktivnost u poređenju sa drugim ispitivanim vrstama loša.

Temeljna analiza aktivnih komponenti u vrstama *Rumex acetosella* i *Polygonum amphibium* i njihovo poređenje sa drugim vrstama u opsežnoj turskoj studiji je pokazala da su ove dvije vrste vrlo bogate fenolima, flavonoidima i antocijanima, da imaju vrlo dobar antioksidativni kapacitet i sposobnost heliranja metala [15]. Nadzemni dijelovi invazivne vrste *Polygonum lapathifolium* sadrže visok sadržaj fenolnih kiselina, flavonoida i čalkona koji su odgovorni za antiinflamatorno i hepatoprotektivno djelovanje po kojem je ova vrsta poznata u narodnoj medicini [16]. Određujući antioksidativnu aktivnost vrste *Reynoutria japonica* Houtt. iz Bosne i Hercegovine utvrđeno je da etanolni ekstrakt ove biljke ima dva puta manju sposobnost gašenja slobodnih DPPH radikala od askorbinske kiseline i 1.5 puta manju sposobnost od butilhidroksi anizola (BHA), a IC₅₀ vrijednost iznosi 13.68 µg/mL [17]. Zaključak je nešto drugačiji kada su u pitanju rezultati FRAP i ABTS testa, s obzirom da se radi o različitim testnim sistemima. Za antioksidativnu aktivnost je odgovoran visok sadržaj ukupnih fenola (664 mg GAE/g ekstrakta). Rod *Rumex* je bio predmet istraživanja poljske studije u kojoj se pomoću DPPH metode određivala antioksidativna aktivnost lista, korijena i ploda šest vrsta: *R. acetosa* L., *R. acetosella* L., *R. confertus* Willd., *R. crispus* L., *R. hydrolapathum* Huds. i *R. obtusifolius* L. [18]. Utvrđeno je da antioksidativna aktivnost zavisi od dijela biljke koji se ispituje, i da je antiradikalna aktivnost najizraženija kod ekstrakta ploda *R. hydrolapathum* (procenat inhibicije nakon 8 minuta je preko 94%). Najveća količina tanina se nalazila u korijenu *R. hydrolapathum* (30%), a nivo tanina u ekstraktu je bio u korelaciji sa antioksidativnom aktivnošću. U Srbiji je takođe određivana antioksidativna aktivnost vrste *Rumex crispus* L. koja se pokazala boljom od sintetičkog antioksidansa BHT (butilhidroksi toluen), ali je imala slabiju antioksidativnu aktivnost od vitamina C, kvercetina i rutina [19]. Ispitujući različito ljekovito bilje u Srbiji, između ostalih parametara je određen sadržaj ukupnih fenola, kao i pojedinačnih derivata cinamične (*p*-kumarinska i ferulinska kiselina) i benzojeve kiseline (*p*-hidroksibenzojeva, vanilinska i siringinska kiselina) kod *Rumex acetosella* [20]. *R. acetosella* se pokazala kao vrsta bogata ukupnim fenolima (8.4 mg/g), a naročito slobodnim fenolnim kiselinama. *Rumex cristatus* je u Turskoj vrlo zastupljena vrsta koja se koristi u ishrani i kao ljekovito bilje [3]. Zaključeno je da etanolni ekstrakt ove biljke slabije gasi DPPH radikale u poređenju sa sintetičkim antioksidansima (BHT i BHA) i potvrđena je dobra korelacija između sadržaja ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti. Na osnovu rezultata je u ishrani preporučena upotreba *R. cristatus* DC. Druga turska studija [21] je ispitivala antimikrobno i antioksidativno djelovanje etanolnog i vodenog ekstrakta *Rumex crispus* i *Rumex cristatus* i zaključila da vodeni ekstrakt pokazuje bolje antioksidativno djelovanje izraženo kao ukupni antioksidativni status (mmol Trolox ekvivalent/L). Ispitivanje bioaktivnosti ekstrakta irskog korova *Rumex obtusifolius* su dovela do zaključka da je metanolni ekstrakt bolji u gašenju DPPH radikala od heksanovog i dihlorometanovog ekstrakta sa RC₅₀ = 7.80 x 10⁻² mg/mL [22].

Heljdine klice (*Fagopyrum esculentum*) mogu biti jako dobar izvor antioksidativnih komponenti [23], ali osim fenola i flavonoida sadrži i fagopirine, koji kod čovjeka izazivaju fotosjetljivost, zbog čega se ne preporučuje konzumiranje više od 30 g heljdinih klica dnevno. Sadržaj fenola, flavonoida, rutina, kvercetina i vitamina C je praćen tokom 7 dana klijanja i utvrđen je konstantan porast sadržaja svih ispitivanih komponenti [23]. Heljdina krupica i mekinje imaju manji antioksidativni kapacitet (mjereno DPPH i ABTS metodom) od klica što je povezano sa manjim sadržajem rutina u krupici i mekinjama [24]. Antioksidativna aktivnost heljdinog brašna mjerena FRAP metodom je mnogo bolja od zobi, ječma, pšenice, kukuruza, raži, riže i iznosi 1.99 mmol antioksidansa/100 g [25]. Ekstrakt izdanka i korijena *Rheum ribes* L. su efikasni u gašenju DPPH radikala (IC₅₀ je za izdanak 206.28 µg/ml i 10.92 µg/ml za korijen) što je u skladu sa sadržajem fenola (10 puta više fenola u korijenu nego u izdanku) i flavonoida (25 puta više flavonoida u korijenu nego u izdanku), pokazalo se u turskoj studiji [26]. Poznato je da sredina utiče na karakteristike biljne vrste (klima, lokacija, izloženost bolestima), ali i dijelovi biljke koji se testiraju i odabir rastvarača kojim se vrši ekstrakcija aktivnih komponenti [12], što treba imati u vidu kada se nastoje uporediti antioksidativni kapaciteti biljnih vrsta.

ZAKLJUČCI

U radu je dat pregled literature koji se odnosi na antioksidativni potencijal biljnih vrsta rodova *Polygonum*, *Rumex*, *Fagopyrum*, *Reynoutria*, *Fallopia* i *Rheum* iz familije Polygonaceae. Tabela su navedene metode za evaluaciju antioksidativne aktivnosti, kao i za određivanje sadržaja jedinjenja koja najviše doprinose antioksidativnom kapacitetu određene vrste. Biljne vrste iz ovih rodova su aktuelne zbog toga što su bogat izvor fitohemikalija koje imaju pozitivno djelovanje na zdravlje [3]. Rezultate nije uvijek lako upoređivati zbog upotrebe različitih metoda određivanja antioksidativne aktivnosti, različitih rastvarača, pa je vjerovatno dobra preporuka ekstrahovati aktivne komponente pomoću različitih rastvarača i koristiti više metoda za određivanje antioksidativne aktivnosti. U diskusiji je fokus stavljen na evropske zemlje, dok su u tabeli navedeni literaturni podaci iz cijelog svijeta.

Pregledi literature daju bolji uvid u već sprovedena istraživanja čime smanjuju mogućnost nepotrebnih ponavljanja, što je i ovdje bila namjera. Takođe ukazuju na najčešće istraživane vrste, kao i na područja u kojima je ova tema više aktuelna ili u kojima treba tek istražiti vrste iz familije Polygonaceae koje imaju medicinsku upotrebu ili se koriste u ishrani kao dobar izvor prirodnih antioksidansa.

LITERATURA

1. The plant list. A working list of all plant species. Dostupno na: <http://www.theplantlist.org/browse/A/Polygonaceae/> (09.05.2015)
2. Shahraki, E.: Antioxidant activity of *Polygonum patulum* M. Bieb. Phytoscience, **1** (1) (2013) 1–5.
3. Kahraman, S., R. Yanardag: Antioxidant activity of ethanolic extract from *Rumex crispatus* DC. International Journal of Electronics; Mechanical and Mechanotronics Engineering, **2** (4) (2013) 319–326.
4. Antal, D.S.: Medicinal plants with antioxidant properties from Banat region (Romania): a rich pool for the discovery of multi-target phytochemicals active in free-radical related disorders. Analele Universitatii din Oradea - Fascicula Biologie, **7** (1) (2010) 14–22.
5. Chanda, S., R. Dave: *In vitro* models for antioxidant activity evaluation and some medicinal plants possessing antioxidant properties: An overview. African Journal of Microbiology Research, **3** (13) (2009) 981–996.
6. Rajat, G., D. Panchali: A study on antioxidant properties of different bioactive compounds. Journal of Drug Delivery & Therapeutics, **4** (2) (2014) 105–115.
7. Zhang, Z-L., M-L. Zhou, Y. Tang, F-L. Li, Y-X. Tang, J-R. Shao, W-T. Xuea, Y-M. Wu: Bioactive compounds in functional buckwheat food. Food Research International, **49** (2012) 389–395.
8. Demiray, S., M.E. Pintado, P.M.L. Castro: Evaluation of phenolic profiles and antioxidant activities of Turkish medicinal plants: *Tilia argentea*, *Crataegi folium/leaves* and *Polygonum bistorta* roots. World Academy of Science, Engineering and Technology, **54** (2009) 312–317.
9. Afzal, S. S. Tabassum, M.A. Gilani, N. Hussain, R. Farooq, S. Zahid et al.: Total phenolic content, *in vitro* radical scavenging and antimicrobial activities of whole plant *Rumex hastatus*. Sci.Int (Lahore), **26** (2) (2014) 721–727.
10. Katalinic, V., M. Milos, T. Kulisic, M. Jukic: Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. Food Chemistry, **94** (2006) 550–557.
11. Xiaoxv, D., F. Jing, Y. Xingbin, L. Xuechun, B. Wang, C. Sali, J. Zhang, H. Zhang, Y. Zhao, J. Ni: Pharmacological and other bioactivities of the genus *Polygonum* - A review. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, **13** (10) (2014) 1749–1759.
12. Wojdylo, A., J. Oszmianski, R. Czemerys: Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry, **105** (2007) 940–949.
13. Kim, K., W-G. Hwang, H-G. Jang, B-G. Heo, M. Suhaj, H. Leontowicz, M. Leontowicz, Z. Jastrzebski, Z. Tashma, S. Gorinstein: Assessment of Indigo (*Polygonum tinctorium* Ait.) water extracts' bioactive compounds, and their antioxidant and antiproliferative activities. Food Science and Technology, **46** (2012) 500–510.
14. Narasimhulu, G., J. Mohamed: Medicinal phytochemical and pharmacological properties of kesum (*Polygonum minus* Linn.): A mini review. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, **6** (4) (2014) 682–688.
15. Ozen, T.: Antioxidant activity of wild edible plants in the Black Sea Region of Turkey. Grasas y Aceites, **61** (1) (2010) 86–94.
16. Kubinova, R., R. Porizkova, T. Bartl, A. Navratilova, A. Čizek, M. Valentova: Biological activities of polyphenols from *Polygonum lapathifolium*. Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat, **13** (6) (2014) 506–516.
17. Pavičić, S.S., Z.Z. Kukrić, Lj.N. Topalić-Trivunović, A.N. Davidović, M.M. Žabić: Antioksidativna i antimikrobna aktivnost ekstrakta *Reynoutria japonica*. Hem. ind., **63** (5) (2009) 427–432.
18. Wegiera, M., P. Grabarczyk, B. Baraniak, H.D. Smolarz: Antiradical properties of extracts from roots, leaves and fruits of six *Rumex* L. species. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, **53** (1) (2011) 125–131.
19. Maksimović, Z., N. Kovačević, B. Lakušić, T. Čebović: Antioxidant activity of yellow dock (*Rumex crispus* L., Polygonaceae) fruit. Phytotherapy Research, **25** (2011) 101–105.
20. Đurđević, L., G. Gajić, S. Jarić, O. Kostić, M. Mitrović, P. Pavlović: Analysis of benzoic and cinnamic acid derivatives of some medicinal plants in Serbia. Arch. Biol. Sci. Belgrade, **65** (2) (2013) 603–609.
21. Avci, E., G.A. Avci, D.A. Kose, A.A. Emniyet, M. Suicmez: *In vitro* antimicrobial and antioxidant activities and GC/MS analysis of the essential oils of *Rumex crispus* and *Rumex crispatus*. Hacettepe J. Biol. & Chem., **42** (2) (2014) 193–199.
22. Harshaw, D., L. Nahar, B. Vadla, G.M. Seif-E-Naser, S.D. Sarker: Bioactivity of *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) Arch. Biol. Sci. Belgrade, **62** (2) (2010) 387–392.
23. Brajdes, C., C. Vizireanu: Sprouted buckwheat an important vegetable source of antioxidants. AUDJG – Food Technology, **36**(1) (2012) 53–60.
24. Zielinska, D., D. Szawara-Nowak, H. Zielinski: Determination of the antioxidant activity of rutin and its contribution to the antioxidant capacity of diversified buckwheat origin material by updated analytical strategies. Pol. J. Food Nutr. Sci., **60** (4) (2010) 315–321.
25. Halvorsen, B.L., K. Holte, M.C.W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S.F. Remberg, et al.: A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. J Nutr, **132** (2002) 461–471.
26. Uyar, P., N. Coruh, M. Iscan: Evaluation of *in vitro* antioxidative, cytotoxic and apoptotic activities of *Rheum ribes* ethyl acetate extracts. Journal of Plant Sciences, **2** (6) (2014) 339–346.
27. Molan, A-L., A.M. Faraj, A.S. Mahdy: Antioxidant activity and phenolic content of some medicinal plants traditionally used in Northern Iraq. Phytopharmacology, **2** (2) (2012) 224–233.
28. Derakhshani, Z., A. Hassani, A. Pirzad, R. Abdollahi, M. Dalkani: Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity in some medicinal herbs cultivated in Iran. Botanica Serbica, **36** (2) (2012) 117–122.
29. Hsu, C-Y.: Antioxidant activity of extract from *Polygonum aviculare* L. Biol Res, **39** (2006) 281–288.

30. Mittal, D.P., D. Joshi, S. Shukla: Antioxidant, antipyretic and choleric activities of crude extract and active compound of *Polygonum bistorta* (Linn.) in albino rats. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, **2** (2012) 25–31.
31. Munir, N., W. Ijaz, I. Altaf, S. Naz: Evaluation of antifungal and antioxidant potential of two medicinal plants: *Aconitum heterophyllum* and *Polygonum bistorta*. *Asian Pac J Trop Biomed*, **4** (Suppl 2) (2014) S639–S643.
32. Jang, H-G., B-G. Heo, Y.S. Park, W-G. Hwang, J. Namiesnik, D. Barasch, E. Katrich, K. Vearasilp, S. Trakhtenberg, S. Gorinstein: Chemical composition, antioxidant and anticancer effects of the seeds and leaves of indigo (*Polygonum tinctorium* Ait.) plant. *Appl Biochem Biotechnol*, **167** (2012) 1986–2004.
33. Cai, Y., Q. Luo, M. Sun, H. Corke: Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, **74** (2004) 2157–2184.
34. Machmudah, S., Kamogawa, T., Sasaki, M., and Goto, M. (2009). Extraction of antioxidant compounds from *Polygonum cuspidatum* roots in subcritical water. 9th International Symposium on Supercritical Fluids. Dostupno na: <http://www.isasf.net/fileadmin/files> (04.04.2015.).
35. Lin, Y-W., F-J. Yang, C-L. Chen, W-T. Lee, R-S. Chen: Free radical scavenging activity and antiproliferative potential of *Polygonum cuspidatum* root extracts. *Journal of Natural Medicines*, **64** (2) (2010) 146–152.
36. Shan B., Y-Z. Cai, J.D. Brooks, H. Corke: The *in vitro* antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International Journal of Food Microbiology*, **117** (2007) 112–119.
37. Gan, R-Y., X-R. Xu, F-L. Song, L. Kuang, H-B. Li: Antioxidant activity and total phenolic content of medicinal plants associated with prevention and treatment of cardiovascular and cerebrovascular diseases. *Journal of Medicinal Plants Research*, **4** (22) (2010) 2438–2444.
38. Maizura, M., A. Aminah, W.M. Wan Aida: Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*, **18** (2011) 529–534.
39. Othman, A., N. J. Mukhtar, N. S. Ismail, S. K. Chang: Phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 4 Malaysian herbal plants. *International Food Research Journal*, **21** (2) (2014) 759–766.
40. Qader, S.W., M.A. Abdulla, L.S. Chua, N. Najim, M.M. Zain, S. Hamdan: Antioxidant, total phenolic content and cytotoxicity evaluation of selected Malaysian plants. *Molecules*, **16** (2011) 3433–3443.
41. Moradi-Afrapoli, F., B. Asghari, S. Saeidnia, Y. Ajani, M. Mirjani, M. Malmir et al.: *In vitro* α -glucosidase inhibitory activity of phenolic constituents from aerial parts of *Polygonum hyrcanicum*. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, **20** (2012) 37–41.
42. Hosseinimehr, S.J., F. Pourmorad, N. Shahabimajd, K. Shahrbandy, R. Hosseinzadeh: *In vitro* antioxidant activity of *Polygonum hyrcanicum*, *Centaurea depressa*, *Sambucus ebulus*, *Mentha spicata* and *Phytolacca americana*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **10** (4) (2007) 637–640.
43. Moustafa, S.M.A., B.M. Menshawi, G.M. Wassel, K. Mahmoud, M.M. Mounier: Screening of some wild and cultivated Egyptian plants for their free radical scavenging activity. *International Journal of PharmTech Research*, **6** (4) (2014) 1271–1278.
44. Adel M., A. El-Kader, A.M. Nafady, A.S. Ahmed, Z.Z. Ibraheim: Antioxidant, hepatoprotective and antimicrobial activities of the aerial parts of *Polygonum bellardii* All. *Bull. Pharm. Sci., Assiut University*, **35** (1) (2012) 43–54.
45. Sheela, Q.R., A. Ramani: *In-vitro* antioxidant activity of *Polygonum barbatum* leaf extract. *Asian J Pharm Clin Res*, **4** (Suppl 1) (2011) 113–115.
46. Ayaz, M., M. Junaid, J. Ahmed, F. Ullah, A. Sadiq, S. Ahmad, M. Imran: Phenolic contents, antioxidant and anticholinesterase potentials of crude extract, subsequent fractions and crude saponins from *Polygonum hydropiper* L.: *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **14** (2014) 145–154.
47. Woraratphoka, J., K-O. Intarapichet, K. Indrapichate: Antioxidant activity and cytotoxicity of six selected, regional, Thai vegetables. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*, **4** (2) (2012) 108–117.
48. Batool, S., M. Gulfranz, A. Akram, S.M.S. Naqvi, Ihsan-ul-Haq, B. Mirza, M.S. Ahmad: Evaluation of antioxidant potential and HPLC based identification of phenolics in *Polygonum amplexicaule* Pak. *J. Pharm. Sci.*, **28** (2) (2015) 431–435.
49. Bothon, F., E. Debiton, F. Avlessi, C. Forestier, J-C. Teulade, D. Sohounhloue: *In vitro* biological effects of two anti-diabetic medicinal plants used in Benin as folk medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **13** (2013) 51–59.
50. Hromadkova, Z., J. Hirsch, A. Ebringerova: Chemical evaluation of *Fallopia* species leaves and antioxidant properties of their non-cellulosic polysaccharides. *Chemical Papers*, **64** (5) (2010) 663–672.
51. Zhang, X., P.T. Thuong, W.Y. Jin, N.D. Su, D.E. Sok, K.H. Bae, S.S. Kang: Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis*. *Archives of Pharmacal Research*, **28** (1) (2005) 22–27.
52. Ferreres, F., V. Ribeiro, A. G. Izquierdo, M.A. Rodrigues, R.M. Seabra, P.B. Andrade, P. Valentao: *Rumex induratus* leaves: interesting dietary source of potential bioactive compounds. *J. Agric. Food Chem.*, **54** (2006) 5782–5789.
53. Khan, T.H., M.A. Ganaie, N.A. Siddiqui, A. Alam, M.N. Ansari: Antioxidant potential of *Rumex vesicarius* L.: *In vitro* approach. *Asian Pac J Trop Biomed*, **4** (7) (2014) 538–544.
54. Mostafa, H.A.M., A.A. El-Bakry, A.A. Eman: Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of different plant parts of *Rumex vesicarius* L. (Polygonaceae). *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, **2** (2011) 109–118.
55. El-Bakry, A.A., H.A.M. Mostafa, A.A. Eman: Antibacterial and antioxidant activities of seedlings of *Rumex vesicarius* L. (Polygonaceae) *J. Med. Plants Res.*, **7** (24) (2013) 1754–1760.

56. Elzaawely, A.A., T.D. Xuan, S. Tawata: Antioxidant and antibacterial activities of *Rumex japonicus* Hoult. aerial parts. *Biol. Pharm. Bull.*, **28** (12) (2005) 2225–2230.
57. Kuddus, M.R., M.B. Ali, F. Rumi, F. Aktar, M.A. Rashid: Evaluation of polyphenols content and cytotoxic, membrane stabilizing and antimicrobial activities of seed of *Rumex maritimus* Linn. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, **14** (1) (2011) 67–71.
58. Alali, F.Q., K. Tawaha, T. El-Elimat, M. Syouf, M. El-Fayad, K. Abulaila et al.: Antioxidant activity and total phenolic content of aqueous and methanolic extracts of Jordanian plants: an ICBG project. *Natural Product Research*, **21** (12) (2007) 1121–1131.
59. Arya, J.S., N. Singh, T. Rinchen, S.B. Maurya, G. Korekar: Genotypes, geographical regions and solvents dependent antioxidant activity of *Rumex patientia* L. in cold desert of trans-Himalaya Ladakh, India. *Australian Journal of Crop Science*, **9** (2) (2015) 98–104.
60. Kreft, S., D. Jane, I. Kreft: The content of fagopyrin and polyphenols in common and tartary buckwheat sprouts. *Acta Pharm.*, **63** (2013) 553–560.
61. Inglett, G.E., D. Chen, M. Berhow, S. Lee: Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chemistry*, **125** (2011) 923–929.
62. Abdulla, K.K., E.M. Taha, S.M. Rahim: Phenolic profile, antioxidant, and antibacterial effects of ethanol and aqueous extracts of *Rheum ribes* L. roots. *Der Pharmacia Lettre*, **6** (5) (2014) 201–205.
63. Hu, L., N.N. Chen, Q. Hu, C. Yang, Q-S. Yang, F-F. Wang: An unusual piceatannol dimer from *Rheum austral* D. Don with antioxidant activity. *Molecules*, **19** (2014) 11453–11464.
64. Gary R. Takeoka, G.R., L. Dao, L. Harden, A. Pantoja, J.C. Kuhl: Antioxidant activity, phenolic and anthocyanin contents of various rhubarb (*Rheum* spp.) varieties. *International Journal of Food Science and Technology*, **48** (2012) 172–178.
65. Baral, K.P., P. Basnet: Antioxidant activity of selected natural medicine used in Nepal. *Journal of Chitawan Medical College*, **3** (4) (2013) 27–31.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE PLANTS OF POLYGONACEAE FAMILY

Mirjana Žabić

University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, Banja Luka, B&H

Natural antioxidants are the subject of many studies because of their ability to fight free radicals, which are considered to be responsible for the development of degenerative diseases. Studies are particularly focused on plants that are traditionally used in folk medicine. Over 1200 species of Polygonaceae family (knotweed family, order Caryophyllales) belong to over 50 genera, of which probably the most commonly studied genera are Polygonum and Rumex.

Bioactive components can be found in all parts of the plant, but focus is usually on parts traditionally used as remedies. The plant material is most often dried in the air for several days, and then ground into powder for extraction. Various solvents are used for extraction. The most widely used solvent is methanol, followed by water and ethanol. Nonpolar solvents are much less used because most of the active compounds with antioxidant activity are polar. Depending on the solvent used different bioactive components are extracted. Numerous methods have been developed for the determination of the antioxidant activity. Most commonly used method is based on quenching stable DPPH free radical. The total antioxidant activity is often determined by FRAP method (other methods include ABTS, ORAC, CUPRAC). It is not always easy to compare assay results because of the use of different solvents for extraction and different methods for assessing antioxidant activity of the extracts. Because of that it is probably better to extract the active components using various solvents and to perform more than one assay in order to determine antioxidant activity of the plant material.

This paper gives an overview of the current literature pertaining to the antioxidant potential of plant species belonging to genera Polygonum, Rumex, Fagopyrum, Reynoutria, Fallopia, Rheum of the Polygonaceae family. The discussion is focused only on the European countries, while published data from around the world are listed in the table. The origin of plant species, part of the plant that has been tested, the method of sample preparation after harvesting, solvents for extraction and test methods are given in the table.

The intention of the review was to provide better insight into the research already carried out, thus reducing the possibility of redundancy. The review also indicates the most commonly studied species, as well as the areas in which the studies are carried out and the regions in which the species of the Polygonaceae family that have medical use or are used as a good source of natural antioxidants are yet to be studied.

Keywords: Polygonaceae, antioxidant activity

Rad primljen: 28. 05. 2015.

Rad prihvaćen: 08. 07. 2015.