

# Značaj polifenola iz žitarica u ljudskoj ishrani

Jelena Golijan<sup>1</sup>,  
Aleksandar Ž. Kostić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, 11080 Zemun

Primljeno: 17.11. 2016.

## Kontakt adresa:

Jelena Golijan, Poljoprivredni fakultet,  
Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6,  
11080 Zemun, Srbija  
Tel.: 063 1501988  
E-mail: helena.ilios@gmail.com

**Kratak sadržaj:** Polifenolna jedinjenja čine najzastupljeniju grupu antioksidanasa u hrani, biljnim vrstama, kao i proizvodima koji se dobijaju njihovom preradom. U ljudskom organizmu, kao posledica prevelike količine oksidanasa, koji dovode do oksidativnog stresa, nastaju brojna oštećenja makromolekula, što za krajnju posledicu ima pojavu brojnih degenerativnih oboljenja. Polifenolna jedinjenja, usled svoje specifične građe i mehanizma dejstva, vrše modulaciju efekata oksidanasa, te na taj način umanjuju oksidativna oštećenja ovih makromolekula. U zrnu žitarica, većina fenola se nalazi u vezanoj formi. Zdravstvene koristi od konzumiranja žitarica i njihovih proizvoda (usled njihovog jedinstvenog fitohemijskog sastava), dokazana su mnogobrojnim medicinskim istraživanjima. Unos žitarica u svakodnevnoj ishrani prevencija je protiv nastanka brojnih hroničnih bolesti, kao što su karcinom, srčana oboljenja, dijabetes i dr. Osim toga, pokazalo se da imaju protivupalno i antialergijsko dejstvo. Među žitaricama, najveću antioksidativnu aktivnost poseduje kukuruz, a zatim pšenica i ovas. Brojne studije su dokazale da kukuruz crvenog, ljubičastog i plavog pigmenta poseduje antitumorigeno dejstvo, a takođe vrši i inhibiciju kolorektalnih karcinogenaza. Polifenoli belog kukuruza-ferulinska i p-kumarinska kiselina sa njihovim derivatima ispoljavaju naročito jako antioksidativno i antikancerogeno dejstvo. S obzirom na to da je najveća ukupna količina polifenola skoncentrisana u spoljašnjim slojevima zrna žitarica, za optimalno zdravlje preporučuje se unos njihovih celih zrna, u odnosu na prerađena.

**Keywords:** polifenolna jedinjenja, antioksidansi, žitarice, bolesti.

## UVOD

Ishrana igra ključnu ulogu u prevenciji hroničnih bolesti kao što su, između ostalog dijabetes, srčana oboljenja, rak, Alchajmerova bolest i dr. Unos povrća, voća i žitarica povezan je sa smanjenim rizikom od hroničnih bolesti, usled prisutnih fitohemikalija koje se „bore“ protiv oksidativnog stresa u ćelijama, održavajući ravnotežu između oksidanasa i antioksidanasa. Neravnoteža izazvana prekomernim prisustvom oksidanasa dovodi do oksidativnog stresa, što potom dovodi do oštećenja velikih biomolekula poput DNK, lipida i proteina, a sve to rezultuje pojavom degenerativnih oboljenja. Antioksidansi, poput polifenola, smanjuju oksidativna oštećenja biomolekula modulacijom efekata reaktivnih oksidanasa. Dosadašnjim istraživanjima su dokazane izuzetne prednosti i značaj konzumiranja žitarica pri svakodnevnoj ishrani, u prevenciji hroničnih bolesti, poput raka i srčanih oboljenja. Ipak, u poređenju sa proučavanjem konzumiranja voća i povrća, posvećeno je malo pažnje žitaricama, iako su one radi postizanja optimalnog zdravlja, neophodne u ljudskoj ishrani [1].

Polifenoli nalaze veliku zastupljenost u biljnom svetu. To su sekundarni metaboliti, koji su kao bioaktivni biljni produkti uključeni u različite procese otpornosti na patogene, kao i zaštite od štetnog UV zračenja [2, 3]. Predstavljaju heterogenu grupu jedinjenja, čiji su molekuli sastavljeni od dve ili više OH grupa (vezanih za aromatični prsten), te usled njihovog prisustva mogu stupati u reakcije sa slobodnim radikalima i na taj način ublažiti njihov negativan uticaj [4]. U hrani, biljkama i njihovim

proizvodima, polifenoli čine najzastupljeniju grupu antioksidanasa, gde glavnu ulogu antioksidativne aktivnosti igra njihov redoks potencijal, te deluju kao donori vodonikovih atoma [5, 6]. Dokazano je antikancerogeno, antialergijsko i protivupalno dejstvo mnogih polifenolnih komponenti, a takođe i namirnica u čijem se sastavu nalaze [7].

## Determinacija polifenolnih komponenti

Prema broju fenolnih prstenova i strukturnoj vezi između dva prstena, polifenoli se mogu klasifikovati u različite grupe, te se prema strukturnim karakteristikama razvrstavaju na flavonoide, fenolne kiseline, lignane i stilbene [2, 3, 8]. U biljkama, polifenoli mogu delovati na različite načine-kao signalni molekuli, zatim u zaštiti od štetnog UV zračenja, ispoljavaju antibiotsko delovanje (zaštita od infekcija prouzrokovanih raznim mikroorganizmima), vrše hormonsku regulaciju rasta biljaka, privlače oprašivače, učestvuju u pigmentaciji biljaka, dok prisutni u namirnicama doprinose njihovoj boji, ukusu, mirisu, gorčini i oksidativnoj stabilnosti [9]. Prema Rice-Evans et al. [10] jedinjenja iz grupe flavonoida ispoljavaju najjače antioksidativno dejstvo, veće čak i od vitamina E i C. Antioksidativna aktivnost polifenola ispoljava se u njihovoj sposobnosti uklanjanja reaktivnih kiseoničnih i azotnih vrsta, kao i inhibiciji enzima koji povećavaju oksidativni stres (indukcija antioksidativnih enzima). Takođe, dokazana je i njihova sposobnost vezivanja proteina i ugljenih hidrata hidroksidnim grupama.

Determinacija koncentracije ukupnih polifenola pripada analitičkim metodama koje se uobičajeno

sprovode, naročito u agro i prehrambenoj industriji, jer su podaci o njihovom ukupom sadržaju neophodni u analizi antioksidativnog kapaciteta namirnica, nakon koga se pristupa merenju indeksa ukupnih antioksidanasa [11]. Fenolne komponente, usled svoje različitosti u namirnicama, mere se grupno-kao indeks ukupnih polifenola, što ima za krajnji rezultat prosek analitičkih odgovora fenolnih komponenti iz ispitivanog uzorka. Najbitnija faza u procesu izolacije polifenola je ekstrakcija. Mujica i saradnici [12] sugerišu da je rastvorljivost polifenola osobina koja direktno zavisi od polarnosti rastvarača, interakcije sa drugim komponentama, kao i od stepena polimerizacije. Prema Stalikas-u [13] efikasnost ekstrakcije ovih jedinjenja pokazuje zavisnost od pH vrednosti, temperature, selektivnosti rastvarača, kao i od prirode samog materijala iz koga se vrši ekstrakcija. Pri ekstrakciji polifenola iz uzoraka biljnog porekla, najčešće se kao rastvarači koriste etil-acetat, etanol, aceton i metanol, dok se pri ekstrakciji iz semena koriste vodeni rastvori metanola, etanola i acetona. U istraživanju uticaja rastvarača na sadržaj polifenola i antioksidativni kapacitet ekstrakata iz semena različitih biljaka, Franco i saradnici [14] su došli do rezultata da je etanol najpogodnije ekstrakciono sredstvo, jer omogućava najefikasniju ekstrakciju (izraženo inhibicijom DPPH radikala).

Pri određivanju koncentracije ukupnih polifenola, najviše su korišćene spektrofotometrijske metode,

pri kojima se uglavnom merila apsorbancija ispitivanog uzorka na 280 nm. S obzirom na to da postoji više različitih spektrofotometrijskih metoda (nedostatak je što spektri analita mogu varirati), najpouzdanija se pokazala metoda po Folin-Ciocalteu (FC), u kojoj pri blago baznim uslovima reakcijom FC reagensa (smeša fosfovolframove i fosfomolibdenske kiseline) i polifenola dolazi do stvaranja kompleksa plave boje, koji se može odrediti spektrofotometrijski u opsegu od 725-750 nm [11].

### Značaj polifenola u žitaricama za ljudsko zdravlje

Dosadašnjim istraživanjima dokazana je delotvornost polifenola u prevenciji mnogih bolesti, među kojima su neurodegenerativne bolesti, rak, osteoporoza, bolesti kardiovaskularnog sistema, dijabetes i dr. [15, 16, 17]. Medicinska ispitivanja su dokazala da je konzumiranje žitarica i njihovih proizvoda povezano sa smanjenim rizikom od hroničnih bolesti. Zdravstvene koristi od žitarica baziraju se na njihovom jedinstvenom fitohemijskom sastavu. Adom i Liu [18] su pri ispitivanju antioksidativne aktivnosti i polifenolnog sastava zrna žitarica dokazali da se većina fenola nalazi u vezanoj ili slobodnoj formi-uz strukture ćelijskog zida. Dosadašnji naučni podaci ukazuju na činjenicu da se većina fenola u zrnu nalazi u vezanoj

Tabela 1. Fenolne kiseline i njihova biološka aktivnost

FENOLNE KISELINE	OSOBINE/DEJSTVO	REFERENCE
Ferulinska kis.	Antifungalno dejstvo protiv Sclerotium rolfsii	Sarma and Singh, (2003)
Ferulinska kis. i njeni dimeri	Katalizacija peroksidaza; Alelopatski efekti	Fray, (1986); Harborne, (1991)
Hinoni i tanini	Insekticidno dejstvo	Harborne, (1991)
Galna kis. Polifenol i galna kis.	Antibakterijsko dejstvo Antikonvulzivna aktivnost	Binutu and Cordall, (2000); DeLima et al., (1998)
Hlorogena kis.	Primarni i sekundarni antioksidant;	Lugasi et al., (1999);
Hlorogena kis.	Antioksidant za belančevine niske gustine	Donovan et al., (1998)
Hlorogena kis., kvercetin i kampferol	Moćni antioksidanti	Terauchi et al., (1997)
Metil estar hlorogene kis.	Inhibitor enzima HIV proteaze koji je neophodan za virusnu proliferaciju	Matsuse et al., (1997)
Flavonoidi i hlorogena kis.	Antioksidanti	Jung et al., (1999)
Epikatehin i 4'-kafeoilhininska kiselina	Otpornost na "kraste" Venturia inaequalis	Metraux et al., (1990)
Biljni polifenoli (Tanini)	Biološki antioksidanti	Hagerman et al., (1998)
Flavanoli	Antimutageni	Abbas et al., (1997)
Galna kis. i hidrohionon	Antitirozinazna aktivnost	Matsuo et al., (1997)
Galna i salicilna kis.	Važna uloga u interakciji insekt-biljka	Ananthakrishnan, (1997)
Protokatehinska kis.	Otpornost na izazivače bolesti luka; Fungicidna aktivnost	Link et al., (1929); Harborne, (1991)
Luteolin, hlorogena kis., difeirilhininska kiselina	Antiinflamatorna svojstva	Abeysekera et al., (1999)
Hidroksicimetna kis.	Alelopatski efekti	Harborne, (1991)

Izvor: Pandey i sar., 2013

formi, pri čemu udeo slobodnih fenola u odnosu na ukupne u različitim fenotipovima iznosi 18-23%, što je u skladu sa ranije potvrđenim izveštajima da je 80% ukupnih fenola u kukuruзу prisutno u vidu vezane forme [18, 19, 20].

Oksidativno oštećenje biomolekula u telu povezano je sa određenim uslovima bolesti. Žitarice u svom sastavu sadrže širok niz fitohemikalija, za koje je dokazano da pozitivno deluju na ljudsko zdravlje kroz različite mehanizme, uključujući antioksidativna svojstva i posredovanje hormonima (Tab. 1) [21]. Studije su dokazale da konzumiranje celog zrna žitarica ima zaštitnu ulogu preko smanjenog rizika od kolorektalnog karcinoma, raka dojke, koronarne bolesti srca i dijabetesa, a čak je prema istraživanju smanjen i ukupan mortalitet [22]. Pošto se većina polifenola u zrnu, poput fenolnih kiselina, nalazi u spoljašnjim slojevima zrna, konzumiranje celih zrna žitarica, u odnosu na rafinirana zrna, preporučuje se za optimalno zdravlje. Mnoge studije su dokazale da unos antioksidanasa, kao što su polifenoli, tokoferoli, karotenoidi i flavonoidi, imaju ulogu u zaštiti od kardiovaskularnih oboljenja [1, 14, 15, 16, 17, 22, 23]. Međutim, često pitanje koje javnost nameće naučnicima i nutricionistima je koja količina antioksidanasa i polifenola bi se trebala unositi hranom svakog dana. Ukratko rečeno, i dalje nema indikativnih dokaza koji bi ukazali koje su to najniže količine polifenola koje bi se nosile ishranom svakodnevno, radi održavanja optimalnog zdravstvenog stanja. Jedan od primera koji nam daje najnovije informacije o ukupnom unosu polifenola, odnosi se na istraživanje francuske populacije [23]. Učesnici istraživanja (4942 učesnika, srednjih godina) unosili su putem hrane 337 vrsta polifenola, dok je najmanje polovina populacije hranom unosila 258 polifenola. Merenjem, autori su utvrdili da se 98 vrsta polifenola unosi na nivou od preko 1mg/dnevno, dok srednji ukupan unos iznosi 1193 mg/dnevno, a maksimalan unos je 1,8 g na dan (najčešće iz bezalkoholnih pića-uglavnom kafe, voća, a zatim i žitarica). Prema procenama, samo 5-10% ukupnih polifenola koji se unesu, apsorbuju se u tankom crevu. Preostalih 90-95%, zajedno sa dekonjugovanim polifenolima se izlučuju u žuči, do debelog creva, gde se metabolišu crevnom mikroflorom pre nego što se resorbuju ili eliminišu iz organizma, što znači da mikroflora menja početnu hemijsku strukturu polifenola koji dospevaju u ćeliju. Prisutna mikroflora debelog creva razlaže vezane forme fermentacijom i na taj način obezbeđuje specifično mesto njihove apsorpcije [24, 25].

Ukupan sadržaj fenola predstavljen je

udelom slobodnih i rastvorljivih konjugovanih fenola, pri čemu konjugovani fenoli mogu da se oksiduju i doprinesu ukupnom sadržaju fenola i antioksidativnoj aktivnosti [5]. Adom i Liu [18], pri ispitivanju sadržaja polifenola u zrnima nekoliko vrsta žitarica (Tab.2), došli su do rezultata da se u zrnu kukuruza nalazi najveći ukupni sadržaj fenola ( $15.55 \pm 0.60$   $\mu\text{mol}$  galne kiseline/g zrna), zatim u pšenici ( $7.99 \pm 0.39$   $\mu\text{mol}$  galne kiseline/g zrna), ovsu ( $6.53 \pm 0.19$   $\mu\text{mol}$  galne kiseline/g zrna), a najmanje u pirinču ( $5.56 \pm 0.17$   $\mu\text{mol}$  galne kiseline/g zrna). Najveći udeo fenola u zrnu nalazi se u vezanoj formi (85% u kukuruзу, 75% u ovsu i pšenici, a 62% u pirinču), što je u skladu sa potvrđenim analizama od strane Lopez-Martinez-a i saradnika [26]. Prema rezultatima ispitivanja Adom and Liu [18], ferulinska kiselina je bila dominantno fenolno jedinjenje u testiranim žitaricama.

Takođe, kukuruz poseduje najveću antioksidativnu aktivnost, a zatim pšenica i ovas [19, 20]. Različiti fenotipovi kukuruza ispoljavaju različiti stepen antioksidativne aktivnosti. Nekoliko studija su dokazale da u kukuruзу postoji niz bioaktivnih komponenata sa antioksidantnim i antikancerogenim dejstvom, kao što su polifenoli belog kukuruza-ferulinska i p-kumarinska kiselina sa njihovim derivatima (Tab. 3) [21]. Utvrđeno je da kukuruz crvenog, ljubičastog i plavog pigmenta inhibira kolorektalne karcinogene, poseduje antimutagenu aktivnost, kao i sposobnost uklanjanja slobodnih radikala, što je povezano ne samo sa sadržajem polifenola, već i njihovom udruženom aktivnošću sa antocijanima [26]. Pri ispitivanju antioksidativne aktivnosti, ukupnog sadržaja polifenola i antocijana 18 fenotipova Meksičkog kukuruza, Lopez-Martinez i saradnici [26] su došli do zaključka da se ukupan sadržaj fenolnih komponenti kretao u vrednosti od 215.8 do 3400.1 mg galne kiseline/100 g zrna, pri čemu se većina fenola nalazila u vezanoj formi (85 %), dok su glavne slobodne fenolne komponente bili antocijani. Takođe, autori su dokazali da veću antioksidativnu aktivnost poseduju vezane forme, u odnosu na slobodne. Malenčić i sar. [27] u Srbiji su ispitivali 17 različitih genotipova *Triticum spp.* i tom prilikom došli do rezultata da je dominantna kiselina bila *trans*-cimetna, dok je kvercetin bio najdominantniji flavonoid (Tab. 4).

## ZAKLJUČAK

Antioksidativna aktivnost predstavlja aktivnost od fundamentalnog značaja za ljudski život. Antimutagenost, antikancerogenost, borba protiv starenja, čine samo neke od aktivnosti koje su u

Tabela 2. Procentualni udeo slobodnih i vezanih frakcija ukupnih fenola, flavonoida i ukupna antioksidativna aktivnost u celom zrnu žitarica

Biljna vrsta	Sadržaj fenola (%)		Sadržaj favonoida (%)		Ukupna antioksidativna aktivnost (%)	
	slobodni	vezani	slobodni	vezani	slobodni	vezani
<b>Kukuruz</b>	15	85	9	91	13	87
<b>Pšenica</b>	25	75	7	93	10	90
<b>Ovas</b>	25	75	39	61	42	58
<b>Pirinač</b>	38	62	35	65	29	71

korelaciji sa antioksidativnim jedinjenjima, kao što su polifenoli. Unos celog zrna žitarica ne samo da smanjuje rizik od brojnih bolesti poput dijabetesa, bolesti srca, kolorektalnog karcinoma, raka dojke, Alchajmera i dr, već prema brojnim istraživanjima učestvuje i u smanjenju smrtnosti ljudske populacije. Uprkos mnogobrojnim istraživanjima mehanizma aktivnosti polifenola u ljudskom organizmu i dobiti koje nastaju njihovim unosom namirnicama, i dalje

su neophodne studije intracelularnog metabolizma i biokoncentrovanja polifenolnih metabolita u određenim organima. Rezultati dosadašnjih naučnih istraživanja čine doprinos selekciji genotipova žitarica sa povećanim sadržajem polifenola, kao izvora funkcionalne hrane, kao i izazov oplemenjivačima da stvaraju forme i genotipove sa visokim sadržajem polifenolnih jedinjenja, s obzirom na njihovu visoku biološku aktivnost i neophodnost u ljudskom organizmu.

Tabela 3. Fenolne kiseline u različitim vrstama kukuruza

Različiti oblici kukuruza u ishrani	Fenolne kiseline (µg/ml suve materije)							
	Taninska kis.	Galna kis.	Vanilinska kis.	O-kumarinska kis.	Kofeinska kis.	Ferulinska kis.	Cimetna kis.	Salicilna kis.
"Baby cob" (mladi klip za turšiju)	4.58	-	121.40	-	11.27	-	0.11	0.69
"Baby cob" (mladi klip za turšiju)	4.58	-	121.40	-	11.27	-	0.11	0.69
Sirovo seme	-	4.6	-	-	3.2	0.99	-	0.57
Kuvano seme	-	1.3	-	-	0.99	0.33	-	0.003
Pečeno seme	-	0.20	1.30	0.003	-	-	-	-
Prženo seme	-	5.37	2.17	-	2.99	-	0.01	-
Zrelo zrno	2.21	0.37	1.59	1.01	5.41	1.40	0.02	0.19
Kukuruzne kokice	2.57	-	-	0.59	0.60	-	0.01	0.92
Kukuruzne pahuljice	8.57	18.9	-	4.53	40.32	-	0.26	0.96
Kukuruzno brašno	-	1.99	0.19	0.44	0.54	0.40	0.05	13.04
Klipni list	-	10.99	-	0.66	6.0	1.87	0.04	0.0003
Kukuruzna svila	1.77	-	-	0.97	4.32	0.50	0.006	0.47

Izvor: Pandey i sar., 2013

Tabela 4. Sadržaj slobodnih monomernih jedinjenja polifenola u celom zrnu pšenice i njenih divljih srodnika ( ± SEM , izražen kroz µg g-1 celog suvog zrna, nd-nije detektovano)

Genotip	Galna kis.	trans-cimetna kis.	o-kumarinska kis.	p-kumarinska kis.	Kvercetin
Pobeda ( <i>T.aestivum</i> )	nd	1.27±0.00	nd	0.59±0.01	nd
Simonida ( <i>T.aestivum</i> )	2.05±0.02	1.59±0.00	nd	0.44±0.01	nd
NS 40S ( <i>T.aestivum</i> )	2.23±0.02	0.64±0.00	nd	nd	4.0±0.05
Nirvana ( <i>T.spelta</i> )	2.77±0.01	3.5±0.05	nd	nd	nd
<i>T. zhuovky</i>	2.82±0.00	3.82±0.01	1.23±0.00	nd	nd
<i>T. macha1</i>	3.40±0.05	5.09±0.03	1.49±0.00	nd	nd
<i>T. macha2</i>	2.57±0.01	2.86±0.01	nd	0.79±0.00	nd
<i>T. dicoccoides1</i>	3.52±0.01	6.36±0.01	nd	nd	nd
<i>T. dicoccoides2</i>	2.94±0.01	4.13±0.02	nd	nd	nd
<i>T. turgidum var. nigrobarbatum</i>	2.67±0.01	0.32±0.02	nd	nd	nd
<i>T. araraticum</i>	3.03±0.04	3.18±0.03	nd	nd	nd
<i>T. durum var. caerulescens</i>	2.29±0.06	0.64±0.00	nd	0.91±0.01	nd
<i>T. polonicum var. levissimum</i>	3.54±0.04	nd	nd	nd	nd
<i>T. dicoccum var. farum Ja</i>	nd	1.59±0.00	nd	nd	2.87±0.01
<i>T. dicoccum var. inerne D</i>	3.07±0.04	4.77±0.01	nd	nd	1.44±0.02
<i>T. dicoccum Sherik var. lig</i>	nd	nd	nd	0.72±0.00	0.70±0.02
<i>Triticum L. var. Vulga I</i>	3.39±0.03	1.53±0.01	nd	nd	nd

Izvor: Malenčić i sar, 2016.

## LITERATURA

1. Temple, N. J. Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition research*, 2000, 20 (3): 449-459.
2. Janjić, V., Stanković-Kalezić, R., Radivojević, L. Prirodni proizvodi sa alelopatskim, herbicidnim i toksičnim delovanjem. *Acta herbologica*, 2008, 17 (1): 1-22.
3. Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 2004, 79(5): 727-747.
4. Zule, J., Kozjan, G. Polifenoli v različnih vrstah macesna (*Larix spp.*). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 2008, 86: 51-58.
5. Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., Weil, J. A. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 2004, 84(4): 551-562.
6. Golijan, J., Veličković, M. Nutritivni sastav organski i konvencionalno proizvedenih namirnica. *Hrana i ishrana*, 2015, 56(2): 43-46.
7. Higdon, J.V, Frei, B. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2003, 43 (1): 89-143.
8. Domitrović, I. Fitokemijska karakterizacija polifenola vrste *Centaurea ragusina L., Asteraceae*. Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Pharmacy and Biochemistry. Department of pharmaceutical analysis, 2015.
9. Naczk, M., Shahidi, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 2004, 1054 (1): 95-111.
10. Rice-Evans, C., Miller, N., Paganga, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*, 1997, 2 (4): 152-159.
11. Moreno, C. L., García, J. M. C., Pavón, J. M. C. Development of a sequential injection analysis device for the determination of total polyphenol index in wine. *Microchimica Acta*, 2004, 148 (1-2): 93-98.
12. Mujica, M. V., Granito, M., Soto, N. Importance of the extraction method in the quantification of total phenolic compounds in *Phaseolus vulgaris L.* *Interciencia*, 2009, 34 (9): 650-654.
13. Stalikas, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 2007, 30 (18): 3268-3295.
14. Franco, D., Sineiro, J., Rubilar, M., Sánchez, M., Jerez, M., Pinelo, M., Núñez, M. J. Polyphenols from plant materials: extraction and antioxidant power. *Electron J Environ Agric Food Chem*, 2008, 7(8): 3210-6.
15. Scalbert, A., Johnson, T., Saltmarsh, M. Polyphenols: antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, 81 (1): 2155-2175.
16. Sun, A. Y., Simonyi, A., Sun, G. Y. The "French paradox" and beyond: neuroprotective effects of polyphenols 1, 2. *Free Radical Biology and Medicine*, 2002, 32 (4): 314-318.
17. Chiva-Blanch, G., Visioli, F. Polyphenols and health: moving beyond antioxidants. *Journal of Berry Research*, 2012, 2 (2): 63-71.
18. Adom, K. K., Liu, R. H. Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 2002, 50 (21): 6182-6187.
19. De la Parra, C., Serna Saldivar, S. O., Liu, R. H. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55 (10): 4177-4183.
20. Del Pozo-Insfran, D., Brenes, C. H., Saldivar, S. O. S., Talcott, S. T. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays L.*) products. *Food Research International*, 2006, 39 (6): 696-703.
21. Pandey, R., Singh, A., Maurya, S., Singh, U. P., Singh, M. Phenolic acids in different preparations of Maize (*Zea mays*) and their role in human health. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 2013, 2 (6): 84-92.
22. Jacobs Jr, D. R., Meyer, H. E., Solvoll, K. Reduced mortality among whole grain bread eaters in men and women in the Norwegian County Study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 55 (2): 137-143.
23. Pérez-Jiménez, J., Fezeu, L., Touvier, M., Arnault, N., Manach, C., Hercberg, S., ... & Scalbert, A. Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *The American journal of clinical nutrition*, 2011, 93 (6): 1220-1228.
24. Monagas, M., Urpi-Sarda, M., Sánchez-Patán, F., Llorach, R., Garrido, I., Gómez-Cordovés, C., ... & Bartolomé, B. Insights into the metabolism and microbial biotransformation of dietary flavan-3-ols and the bioactivity of their metabolites. *Food & function*, 2010, 1 (3): 233-253.
25. Kemperman, R. A., Bolca, S., Roger, L. C., Vaughan, E. E. Novel approaches for analysing gut microbes and dietary polyphenols: challenges and opportunities. *Microbiology*, 2010, 156 (11): 3224-3231.
26. Lopez-Martinez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L., Garcia, H. S. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42 (6): 1187-1192.
27. Malenčić, Đ., Kiprovska, B., Bursić, V., Vuković, G., Hristov, N., Kondić-Šipka, A. Whole grain phenolics and antioxidant activity of *Triticum* cultivars and wild accessions. *J. Serb. Chem. Soc.* 2016, 81 (5): 499-508.

## Polyphenolic from grains – importance for human nutrition

Jelena Golijan<sup>1</sup>,  
Aleksandar Ž. Kostić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Agriculture-University of Belgrade,  
Nemanjina 6, 11080 Zemun-Belgrade

**Summary:** Polyphenol compounds make the most present group of antioxidants in food, plant species, as well as products obtained by processing them. Damaging of important biomacromolecules in human body occurs under the oxidative stress conditions which can lead to developing of many degenerative diseases. Polyphenol compounds, due to their specific structure and mode of action, perform the modulation effects of oxidants, and thus reduce oxidative damage to these macromolecules. The majority of phenolics in the cereal's grains are bounded with some carbohydrates or proteins. The health benefits of consuming grains and their products (due to their unique phytochemicals composition), are proven in numerous medical studies. Grains intake in the daily diet is a prevention against the occurrence of many chronic diseases, such as cancer, heart disease, diabetes, and others. Also, this type of food shows anti-inflammatory and anti-allergic effect. Among the grains, maize possesses the greatest antioxidant activity (especially colored hybrids), wheat and oats. Numerous studies have shown that red, purple and blue maize pigment possesses antimutagenic activity, and also performs the inhibition of colorectal carcinogenesis. Polyphenols from white maize-ferulic and *p*-coumaric acids with their derivatives exhibit particularly strong antioxidant and anticancer effect. Considering that the most part of total amount of the polyphenols are concentrated in the outer layers of cereal grains, it is preferred to consume whole grains compared to refined cereal's grains.

**Key words:** polyphenolic compounds, antioxidants, cereals, diseases.