

Bioaktívne zlúčeniny v cereáliach

ANNA MIKULAJOVÁ - MÁRIA TAKÁCSOVÁ - STANISLAVA ŠPALDOVÁ
- TIMEA GIEROŇOVÁ - SILVIA VOJTEKOVÁ - KITTI NÉMETH

SÚHRN. Cereálie majú dôležité miesto vo výžive ako významný zdroj zložených sacharidov, proteínov, vlákniny, vitamínov a ďalších antioxidačne pôsobiacich zložiek. Biologicky aktívne zlúčeniny sú lokalizované prevažne vo vonkajších častiach zrna, preto je dôležitá konzumácia celozrnných výrobkov. Epidemiologické štúdie naznačujú, že vyššie zastúpenie celozrnných produktov v strave má súvis so znižovaním rizika kardiovaskulárnych a rakovinových ochorení. V predkladanom článku sa pozornosť venuje zastúpeniu biologicky aktívnych zložiek v cereáliach, ich vlastnostiam, funkciám a účinkom.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: cereálie; zloženie; vlastnosti

Cereálne zrná obsahujú širokú škálu biologicky aktívnych látok, medzi ktoré možno zaradiť napr. vlákninu, minerálne látky, steroly, fytoestrogény, fenolové zlúčeniny, kyselinu fytovú, peptidy (melatonín, glutatión), tokoferyly a tokotrienoly. Tieto zložky pôsobia, resp. majú súvis s antioxidačnou aktivitou.

Konzumácia cereálií má blahodarný vplyv na zdravie človeka. Zvýšený príjem celozrnných potravín znižuje riziko vzniku rakoviny hrubého čreva o 21 %, žalúdka o 43 %, prsníka o 14 %, prostaty o 10 % a vaječníkov o 37 % [1].

V endosperme zrna je z hlavnej časti obsiahnutý škrob, z menšej časti proteíny a ďalšie, vyššie uvedené bioaktívne zložky. Tieto sú uložené najmä v klíčkoch, resp. otrubách.

Obalové vrstvy pokrývajú zrno mnohovrstvovou šupkou a zároveň pôsobia ako ochranné pletivo. Počas zrenia bunky strácajú cytoplazmu a zostanú z nich len zhrubnuté zdrevnatené steny [2].

Ing. Anna MIKULAJOVÁ, Doc. Ing. Mária TAKÁCSOVÁ, PhD., Bc. Stanislava ŠPALDOVÁ, Ing. Timea GIEROŇOVÁ, Ing. Silvia VOJTEKOVÁ, Ing. Kitti NÉMETH, PhD., Katedra výživy a hodnotenia potravín, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Korešpondujúci autor: Ing. Anna MIKULAJOVÁ, e-mail: anna.mikulajova@stuba.sk

Vláknina

Cereálie sú dôležitým zdrojom potravinovej vlákniny. V západných krajinách poskytujú asi 50 % z celkového príjmu vlákniny [3]. Pšeničné obalové vrstvy obsahujú o 50 % viac vlákniny ako šupky z raže a ovsu [4]. Rozlišuje sa vláknina rozpustná a nerozpustná vo vode. Vláknina rozpustná vo vode pozostáva najmä z β -glukánu a arabinoxylánu. Vlákninu nerozpustnú vo vode tvoria lignín, celulóza, hemicelulóza a napr. tiež vodou neextrahovateľný arabinoxylán [5]. Základnú štruktúru arabinoxylánov tvorí lineárny skelet (1 \rightarrow 4)- β -D-xylopyranozylových zvyškov, ku ktorému sú cez O-2 a/alebo O-3 väzbu pripojené α -L-arabinofuranozylové substituenty [6, 7].

Vláknina zrýchľuje črevnú peristaltiku a obmedzuje kontakt a absorpciu karcinogénnych a toxických látok epitelom črevnej steny. Ďalej znižuje pH črevného obsahu a tvorbu sekundárnych žlčových kyselín, ktoré sú potenciálnymi karcinogénmi. Významným spôsobom sa podieľa na ochrane proti vzniku rakoviny hrubého čreva a civilizačným ochoreniam ako diabetes, obezita a srdcovo-cievny chorobám [1]. Vláknina je schopná inhibovať aktivitu lipoxygenázy [8]. Trávením vlákniny anaeróbnou mikroflórou v čreve sa tvorí butyrát, ktorý má blahodarný účinok na sliznicu čreva. Inhibuje proliferáciu karcinogénnych buniek, indukuje apoptózu [9], je primárnym zdrojom energie pre črevné bunky [10].

Okrem mnohých pozitívnych vplyvov, môže vláknina pôsobiť aj nepriaznivo, pretože vplýva na vstrebávanie niektorých dôležitých prvkov - vápnika, horčíka, medi, železa [11, 12]. PLESSI a BERTELLI [11] uvádzajú, že konzumácia 16 g vlákniny denne nemá negatívny vplyv na absorpciu fosforu, vápnika, zinku, horčíka, železa.

Jednou z najdôležitejších častí vlákniny je β -glukán. Je to nerozvetvený polysacharid zložený z (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4)- β -D-glukopyranozylových jednotiek [5]. V cereáliach je približne 70 % (1 \rightarrow 4)- a 30 % (1 \rightarrow 3)-väzieb. Z jednotlivých cereálnych zŕn, najvýznamnejšie množstvo β -glukánu obsahujú ovos a jačmeň, približne 3–5 % v sušine. Niektoré kultivary ovsu obsahujú 6–7 %, niektoré kultivary jačmeňa až 12 % [13]. Pšenica a raž sú bohatšie na arabinoxylány [3, 14].

Určitou technikou mletia zrna sa dá získať frakcia s obsahom β -glukánu okolo 20 %. Účinnejšie je však získavať β -glukán extrakčnými technikami [13].

β -glukán má pozitívny terapeutický účinok pri srdcovocievnych ochoreniach. Podporuje znižovanie cholesterolu v krvi, reguláciu hladiny glukózy v krvi. Má imunomodulačné [15], antitumorové účinky. Zasahuje do meta-

bolizmu žľcových kyselín [16, 17]. In vitro štúdie ukázali, že β -glukán ovsu podporuje rast laktobacilov a bifidobaktérií [5].

Na druhej strane sú β -glukány z fyzikálneho a fyziologického hľadiska dôležitou zložkou bunkovej steny cereálií [15]. Existujú práce, v ktorých sa β -glukán využíva ako stabilizátor emulzií [18].

Minerálne látky

Obilniny obsahujú stopové množstvá esenciálnych minerálnych látok. Obsah minerálií v zrnách nezávisí od odrody obilniny, ale hlavne od zastúpenia solí v pôde [19].

IDOURAINE a KAHN [12] zisťovali obsah niektorých prvkov v pšeničných otrubách. Najväčší podiel tvoril horčík, menší podiel predstavoval vápnik, meď a zinok. Z ich výsledkov vyplýva, že premývaním otrúb kyselinou chlórovodíkovou odstránili 93–100 % vápnika a horčíka, meď a zinok boli odstránené s menšou účinnosťou (27–86 %). Zistenia môžu napovedať o tom, ako sú sledované minerálne látky v matici viazané.

Význam stopových prvkov spočíva v tom, že sú súčasťou dôležitých enzýmov ľudského organizmu. Selén je kofaktorom glutatiónperoxidázy, ktorá chráni tkanivá proti oxidačnému stresu. Mangán je prítomný v mitochondriálnej forme superoxiddismutázy, kým zinok a meď sú obsiahnuté v jej cytosolovej forme [19].

Tokoferoly a tokotrienoly

Tokoferoly a tokotrienoly (tokoly) sú v cereáliach bohato zastúpené. Každý z nich má štyri homológy, ktoré sa navzájom líšia počtom a pozíciou $-\text{CH}_3$ skupín na chromanovom kruhu, biologickou a antioxidačnou aktivitou [20]. V niektorých cereáliach je prítomný aj deviaty izomér nazývaný ako plastochromanol-8 [21].

Zastúpenie tokoferolov a tokotrienolov v obilninách publikované v literatúre sa líši. HOLASOVÁ [22] uvádza obsah 43,6 mg.kg⁻¹ pre pšenicu a 39,2 mg.kg⁻¹ pre raž. PETERSON a kol. [20] udávajú množstvá tokolov v rozmedzí 19–30,3 mg.kg⁻¹ zistené v 12 genotypoch ovsu pestovaného v USA, resp. 15–48 mg.kg⁻¹ tokolov v 13 genotypoch ovsu pestovaných v Európe. ZIELIŇSKI a kol. [23] stanovili v pšenici 28 mg.kg⁻¹, v jačmeni 19 mg.kg⁻¹, v raži 28 mg.kg⁻¹, v ovse 12 mg.kg⁻¹ tokolov. Najväčšie zastúpenie tokolov

uvádzajú PANFILI a kol. [21], napr. v ovse stanovili 72 mg.kg^{-1} , v jačmeni 75 mg.kg^{-1} tokolov. Výsledky naznačujú, že obsah veľmi závisí od genotypu a lokality pestovania.

Ak sa porovná zastúpenie tokolov v jednotlivých histologických častiach zrna, potom najväčší podiel sa viaže v klíčkoch. Olej z pšeničných klíčkov je jedným z najbohatších zdrojov tokolov [24]. MALECKA [25] uvádza množstvo tokoferolov v pšeničných klíčkoch 1970–3200 mg.kg^{-1} . Toto množstvo je 10-krát vyššie ako vo svojej práci udáva HOLASOVÁ ($181,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) [22].

Z porovnania obsahov jednotlivých homológov tokolov v zrnách vyplýva, že najväčšiu časť predstavujú α -tokoferol a β -tokotrienol. V kukurici prevláda γ -tokoferol. Všeobecne sa γ - a δ -homológy nachádzajú len v malých množstvách [20-23].

Tokoferoly a tokotrienoly sú predovšetkým významnými antioxidantmi, ktoré vychytávajú voľné radikály a inhibujú peroxidáciu lipidov [21, 22] špeciálne v bunkových membránach, ktoré obsahujú veľké množstvá nenasýtených mastných kyselín [26]. Všeobecne, antioxidačná aktivita tokoferolov klesá v poradí δ - > γ - > β - > α -. Citlivosť na oxidáciu sa zvyšuje s rastúcim počtom metylových funkčných skupín v molekule tokolu. S ohľadom na aktivitu vitamínu E je najefektívnejší α -tokoferol a β -tokotrienol [27, 28].

Tokotrienoly majú hypocholesterolemický účinok, pričom najúčinnšie sú ich δ - a γ -homológy. Rozdielna je aj schopnosť jednotlivých tokotrienolov potláčať proliferáciu nádorových buniek [21]. Vitamín E inhibuje tvorbu nitrózoamínov, najmä pri nízkom pH [19]. Všeobecne tokoly pôsobia ochranné proti chronickým a kardiovaskulárnym ochoreniam [22].

Tokoly sa ľahko deštruujú pôsobením tepla, UV žiarenia. Ich stabilita je vyššia, ak sú viazané vo forme esterov. V tejto forme sú aj fyziologicky účinnejšie [29]. Extrúzne opracovanie výrobkov vedie k významnému poklesu obsahu tokoferolov a tokotrienolov. Najnižšiu odolnosť voči hydrotermickému pôsobeniu má α -tokoferol a α -tokotrienol, ostatné tokoly sú stabilnejšie (stupeň ich degradácie však dosahuje 50 %) [26].

Fenolové zlúčeniny

Fenolové zlúčeniny majú mnohé biologické účinky, napr. pôsobia ako vychytávače radikálov, chelátory kovov, zabraňujú oxidácii lipidov, regulujú krvný tlak, hladinu glukózy v krvi. Okrem toho majú antitrombózne, antikarcinogénne, imunomodulačné a protizápalové účinky [30-33]. Celkový denný príjem fenolov potravou predstavuje približne 1 g [34]. Výsledky mnohých štúdií naznačujú, že konzumácia potravín bohatých na fenoly môže

napomáhať pri znižovaní výskytu srdcovocievnych, rakovinových ochorení, porúch pečene. Pre pochopenie a posúdenie biologickej aktivity polyfenolov je dôležité poznať ich biologickú dostupnosť. Medzi faktory ovplyvňujúce biologickú dostupnosť patria chemická štruktúra, dekonjugácia a rekonjugácia v čreve, črevná resorpcia a enzýmy dostupné pre metabolizmus fenolov. Polyfenoly sa absorbujú pasívnou difúziou vo forme aglykónov a preto je potrebné, aby sa štiepili glykozidázami prítomnými v črevnej mukóze alebo produkovanými črevnou mikrobiotou [35].

V cereáliach sa fenolové zlúčeniny vyskytujú vo veľkom množstve. Existujú tu vo forme voľnej, viazanej rozpustnej a viazanej nerozpustnej [36].

Flavonoidy

Flavonoidy patria do skupiny polyfenolových zlúčenín, ktoré sa vyskytujú hlavne v ovocí a zelenine. V obilninách sa vyskytujú v menšom množstve [37].

Jačmeň obsahuje malé množstvá katechínu a di- a triméry prokyanidínov. Tri hlavné flavóny: apigenín, luteolín a tricín boli identifikované v ovsenej múke a vo vegetatívnych častiach rastlín. Ďalej boli identifikované flavonoly: kampferol, kvercetin [20]. V šupkách čiernej ryže sa vyskytuje hlavne kyanidín-3-glukozid, v šupkách červenej ryže dominujú katechín, tanín a proantokyanidín [38] a šupky bielej ryže obsahujú isovitexín [39, 40].

Flavonoidy majú početné biochemické a farmakologické účinky zahŕňajúce antikarcinogénne, protizápalové a antialergénne vlastnosti [41]. Polymérne proantokyanidíny, prítomné v šupke z červenej ryže, sa po konzumácii hydrolyzujú v kyslom prostredí žalúdka, čo môže viesť k zvýšeniu antioxidantnej kapacity a ďalej sa absorbujú črevným epitelom. Štúdie naznačujú, že konzumácia červenej ryže s neodstránenou šupkou vedie k zníženiu výskytu rakoviny čreva [38].

Fenolové kyseliny

Fenolové kyseliny sú deriváty kyseliny benzoovej a kyseliny škoricovej [37]. Ich obsah v cereáliach je pomerne veľký - 200–560 mg.kg⁻¹ [20, 41]. Obsah fenolových kyselín jednotlivých botanických častí zrna závisí od odrody, lokality a podmienok rastu [42].

Fenolové kyseliny sa nachádzajú buď vo forme voľnej, rozpustnej konjugovanej (esterovo viazané na sacharidové zložky, proteíny a masné kyseliny) a viazanej (spojené kovalentnými väzbami so zložkami bunkovej steny). Pomer voľných, rozpustných viazaných a nerozpustných viazaných fenolových kyselín je 0,1 : 1 : 100 [36]. Z jednotlivých fenolových kyselín sú prítomné kyseliny ferulová, *p*-kumárová, protokatechová, kávová, *p*-hydro-

xybenzoová, syringová, vanilová, sinapová [4, 23, 38, 43, 44]. Prevládajúcimi viazanými fenolovými kyselinami sú kyselina ferulová a *p*-kumárová. Hojne sa vyskytujú aj diferulové kyseliny (najčastejšie formy 8-*O*-4'-, 5-5'-, 8-5'- a 8-8'-) [45]. Identifikované boli ďalej dehydrodiméry kyseliny sinapovej a heterodiméry kyseliny sinapovej a ferulovej [46].

Kyselina ferulová je esterovo viazaná na arabinofuranozylové zvyšky arabinoxylánov *O*-5 väzbou. Práve dehydrodimerizácia kyseliny ferulovej je mechanizmom spájania dvoch polysacharidových reťazcov [47].

Koncentračný gradient fenolových kyselín vzrastá od stredu k periférnym častiam zrna. Fenolové kyseliny sa vyskytujú najviac v bunkových stenách. V škrobovom endosperme je ich množstvo nízke, čo možno vysvetliť práve tenkosťou bunkovej steny a nízkym stupňom ferulácie arabinoxylánov. Koncentrácia fenolových kyselín je v aleurónovej vrstve 40-krát väčšia ako v endosperme [42].

Fenolové kyseliny môžu byť z viazaných foriem uvoľnené kyslou alebo alkalicou hydrolyzou, hydrotermickým pôsobením [23], dlhovlnným infračerveným (FIR) žiarením [39] alebo pôsobením enzýmov (rastlinných alebo mikrobiálnych) [44, 48].

Degradácie arabinoxylánov sa zúčastňujú enzýmy ako endoxylanázy, β -xylozidázy, α -arabinofuranozidázy a esterázy. Identifikovali sa niektoré esterázy mikrobiálneho pôvodu (napr. z *Aspergillus niger*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma viride*, *Humicola insolens*) schopné štiepiť esterovo viazanú kyselinu ferulovú v bunkových stenách. Alternatívou mikrobiálnych enzýmov môžu byť rastlinné enzýmy (napr. enzýmy jačmeňa). Pri uvoľňovaní fenolových kyselín z väzieb na bunkové steny sa pozorovalo synergické pôsobenie medzi xylanázami a esterázami [44, 49-51].

Pôsobením FIR žiarenia po dobu 30 minút na metanolvý extrakt ryžových šupiek sa zvýšil celkový obsah fenolov i schopnosť vychytávať voľné radikály zo 47,7 % na 79,6 %, ako aj inhibícia peroxidácie lipidov zo 41,1 % na 48 %. Účinkom FIR žiarenia sa v extrakte uvoľnia a aktivujú viazané formy fenolových zlúčenín [39].

UV žiarením nastáva izomerizácia alebo fosfodimerizácia kyseliny ferulovej, čo vyvoláva tvorbu nových priečných spojení medzi ferulovanými arabinoxylánmi a lignanmi v perikarpe a následne dochádza k zmene v konzistencii otrúb. Tento spôsob ošetrovania môže byť alternatívnou cestou na modifikáciu mechanických vlastností obalových častí zrna [52].

Pôsobením oxidačného činidla peroxidáza/H₂O₂ klesne množstvo kyseliny ferulovej viazanej v arabinoxylánoch a naopak stúpne množstvo dimérov kyseliny ferulovej. To nasvedčuje tomu, že kyselina ferulová je zapojená do tvorby siete pri oxidačnej želatinizácii arabinoxylánov. Mechanizmus

spočíva vo vzniku priečných kovalentných väzieb medzi arabinoxylánmi a dvomi susednými zvyškami ferulových kyselín. Zastúpenie a distribúcia tejto fenolovej kyseliny ovplyvňuje teda želatinizačnú schopnosť arabinoxylánov [6]. Množstvo fenolových zlúčenín naopak klesá v procese klíčenia a sušenia [53, 54].

Ferulová kyselina je účinným vychytávačom voľných radikálov vďaka tvorbe rezonančne stabilizovanej radikálovej štruktúry [55]. Kyselina ferulová, kávová a *p*-kumárová inhibujú oxidáciu lipidov a tvorbu N-nitrózo zlúčenín, ktoré môžu mať úlohu v kardiogenéze a pri vzniku rakoviny, najviac prispievajú k aróme obilninových produktov [24]. Vykazujú tiež antifungálne vlastnosti [56]. Kyselina protokatechová má antiastmatické, antiarytmické, antiherpetické a antitusívne účinky [57].

SROKA a CISOWSKI [33] skúmali schopnosť niektorých fenolových kyselín zneškodňovať peroxid vodíka a 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl (DPPH) radikál. Najsilnejšie účinky mali kyselina galová (3,4,5-trihydroxybenzoová) a pyrogallol (1,2,3-trihydroxybenzén) s tromi hydroxylovými skupinami viazanými na aromatickom kruhu v *orto* polohe. Fenolové kyseliny s dvomi hydroxylovými skupinami v *orto* polohe, ako kyselina kávová, protokatechová a *o*-pyrokatechová vykazovali silné antioxidačné a antiradikálové účinky, ale nižšie v porovnaní s predošlými. Kyseliny s dvomi hydroxylovými skupinami v polohe *meta*, patrili medzi mierne antioxidanty s nízkou vychytávacou schopnosťou. Zlúčeniny s jednou hydroxylovou skupinou vykazovali najnižšie antiradikálové a antioxidačné vlastnosti. Výsledky naznačujú, že antioxidačná a antiradikálová aktivita fenolových kyselín závisí hlavne od počtu hydroxylových skupín, ktoré sú viazané na aromatickom kruhu v *orto* polohe [33]. Tieto závery korešpondujú s výsledkami iných autorov [58, 59].

PEYRON a kol. [42] vo svojej práci rozpracovali problematiku využívania fenolových kyselín ako histologických markerov, na základe ktorých by sa dali rozlišovať jednotlivé botanické časti zŕn. Možné využitie by bolo v sledovaní účinnosti mletia a hlavne separácie otrúb a endospermu. Ako markery navrhli tri fenolové kyseliny: ferulovú, jej dehydrodiméry a kyselinu sinapovú.

Účinok fenolových zlúčenín *in vivo* závisí od ich príjmu a ďalšieho metabolizmu. Gastrointestinálne podmienky (pH, enzýmové pôsobenie) vedú k zmenám antioxidačných vlastností a využiteľnosti fenolových zlúčenín cereálií [60]. Fenolové kyseliny esterovo viazané k bunkovej stene sú v ľudskom organizme neabsorbovateľné, avšak esterázy prítomné v tenkom a hrubom čreve človeka sú schopné štiepiť esterové väzby a uvoľňovať fenoly do lúmenu čрева, ktoré sa v takejto forme môžu ďalej absorbovať. Predpokladá sa, že deesterifikačné procesy prebiehajú hlavne v hrubom čreve

pôsobením mikrobiálnych esteráz. Hlavné cirkulačné metabolity v krvi sú glukuronidy a sulfáty [45, 61]. PLUMB a kol. [62] zistili, že metabolizmus kyseliny chlorogénovej začína jej rozštiepením esterázami na kyselinu chinovú a kávovú, ktorá sa následne absorbuje alebo ďalej transformuje a objavuje tiež v moči.

Avenantramidy

Avenantramidy sú skupinou alkaloidov obsahujúcich deriváty kyseliny antranilovej a kyseliny hydroxyškoricovej spojených pseudopeptidovou väzbou [63, 64]. Tieto zlúčeniny sa zatiaľ detegovali len v ovse. Vedci izolovali z ovsa 25 rôznych avenantramidov, pričom obsah jednotlivých avenantramidov sa pohybuje medzi 12–132 mg.kg⁻¹, najväčšie zastúpenie majú avenantramidy A, B a C. Ich množstvá závisia hlavne od odrody [63]. Avenantramidy sa v zrnách ovsa distribuujú rovnomernejšie ako ostatné látky s antioxidačnou aktivitou, ktoré sa nachádzajú prevažne v obalových vrstvách zŕn [20].

Z technologického hľadiska je dôležité zistenie, že hydrotermickým pôsobením sa obsah avenantramidov znižuje [65].

Avenantramidy vykazujú antioxidačné účinky. Známe sú aj ich antialergénne a antiastmatické účinky [66]. Inhibujú peroxidáciu kyseliny linolovej iniciovanú azozlúčeninami. Sú schopné vychytávať DPPH radikály. Ich antioxidačná aktivita sa znižuje v rovnakom poradí ako u škoricových kyselín prítomných v ich štruktúre: kyselina sinapová > kyselina kávová > kyselina ferulová > kyselina *p*-kumárová. Množstvá avenantramidov pozitívne korelujú s ich antioxidačnými účinkami [53, 64].

Steroly

Steroly sú zlúčeniny štruktúrou podobné cholesterolu. Odlišujú sa substituentmi na postrannom reťazci sterolu v polohe 24 [25]. V cereáliach sa vyskytujú vo voľnej alebo konjugovanej forme ako estery mastných kyselín, estery fenolových kyselín, glykozidy a acylované glykozidy. Prevažne sú prítomné v nenasýtenej forme, avšak vyskytujú sa aj stanoly, teda nasýtené formy [67, 68].

Fytosteroly sa podľa polohy dvojitej väzby na cyklickom jadre delia na Δ^5 - a Δ^7 -steroly. Najbežnejšie Δ^5 -steroly sú β -sitosterol, kampesterol a stigmasterol. Δ^7 -steroly sa vyskytujú zriedkavejšie [69].

Celkové množstvo sterolov v ovse je 350–491 mg.kg⁻¹ sušiny. V najväčšom množstve je prítomný β -sitosterol (237–321 mg.kg⁻¹) [20, 70]. Raž obsahuje 955 mg.kg⁻¹, pšenica 690 mg.kg⁻¹ a jačmeň 761 mg.kg⁻¹ sušiny [71]. Torvo a kol. [72] udávajú zastúpenie celkových sterolov v pšeničnom zrne 655 mg.kg⁻¹, opäť ako najviac zastúpený identifikovali β -sitosterol (389 mg.kg⁻¹).

Rastlinné steroly sú bioaktívne molekuly, ktoré znižujú hladinu cholesterolu v krvi, majú imunomodulačné účinky a môžu zabezpečiť ochranu proti niektorým typom rakoviny (napr. čreva, prsníka, prostaty) [68, 73].

Estery sterolu a kyseliny ferulovej - stigmastanolferulát, 24-metylcholestanolferulát, 24-metylcholesterolferulát významne inhibujú aktiváciu Epstein-Barr vírusu [74].

Sledovať hladinu kampesterolu a β -sitosterolu v lipoproteínoch je užitočné pri posudzovaní metabolizmu lipoproteínov [75].

γ -Oryzanol

γ -Oryzanol je sumárny názov pre viacero zlúčenín, ktoré sú esterami sterolov a triterpénových alkoholov s kyselinou ferulovou. Hlavné zlúčeniny γ -oryzanolu sú: cykloartenylferulát, 24-metylécykloartenylferulát a kampesterylferulát [76].

γ -Oryzanol má významné farmakologické účinky [77]. Znižuje obsah cholesterolu v krvi [76], priaznivo pôsobí na úbytok tukových stôp v artériách a pôsobí inhibične pri vzniku nádorov [77]. Známe je jeho antioxidačné pôsobenie, za ktoré je pravdepodobne zodpovedná prítomná kyselina ferulová. Zistilo sa, že sterylferuláty a tokoferoly pôsobia synergicky. Preto je možné, že priaznivý účinok γ -oryzanolu na potlačenie oxidácie oleja v priebehu pečenia spôsobuje potlačenie degradácie tokoferolu pri vyššej teplote [78]. Patentovalo sa použitie oleja z ryžových otrúb ako antioxidačnej zložky v jedlých olejoch s väčším obsahom kyseliny linolénovej. Prídavok oleja je 2–5 %. Takýto olej je vhodný pri príprave jedál rýchleho občerstvenia, krekerov, chipsov, orieškov [79]. Iný patent sa týka výroby Good-Fry® Constituents. Je to zmes špeciálne rafinovaných olejov zo sezamu a ryže obsahujúcich značné množstvo antioxidantov. Na európskom trhu je dostupný napr. slnečnicový olej stabilizovaný Good-Fry® Constituents [78].

Kyselina fytová

Kyselina fytová - inozitolhexafosfát sa nachádza najmä v zrnách pšenice, jačmeňa, ovsa a raže [24]. Deriváty kyseliny fytovej sú: inozitolpentafosfát,

inozitoltetrafosfát, inozitoltrifosfát [19]. Ich obsah v obilninách je rôzny (5,6 mg.kg⁻¹ až 11,4 mg.kg⁻¹) a závisí od mnohých faktorov.

Kyselina fytová môže ochrániť tkanivá pred oxidáciou, vďaka jej schopnosti viazať a inaktivovať kovy (napr. železo), ktoré sú zapojené do oxidačných reakcií. Avšak môže sa prejavovať aj negatívne, pretože vo vyšších koncentráciách vytvára nerozpustné komplexy s esenciálnymi minerálnymi prvkami (zinok, železo, vápnik, horčík), čím zhoršuje ich absorpciu v ľudskom tele [20, 24, 26, 30, 80].

V nižších koncentráciách má antikarcinogénne vlastnosti, je schopná znižovať hladinu cholesterolu, regulovať hladinu glukózy v krvi, redukovať riziko vzniku rakoviny čreva. Z hľadiska antioxidačnej aktivity môže redukovať aktívne druhy kyslíka. Je schopná chrániť črevný epitel pred pôsobením hydroxylových radikálov, ktoré vznikajú v hrubom čreve. [24, 30].

Kyselina fytová je odolná voči hydrotermickému pôsobeniu. Oproti tomu, v procese klíčenia zrna a kvasenia cesta nastáva jej značná degradácia [19].

Fytoestrogény

Cereálie sú dobrým zdrojom difenolových zlúčenín so slabou estrogénou aktivitou, ktoré sa nazývajú rastlinné estrogény [41, 81]. Sú to difenolové zlúčeniny, ktorých základný skelet je 2,3-dibenzylbután [82]. Delia sa na izoflavonóny, kumestány a lignany [81]. CORNWELL a kol. uvádzajú ešte štvrtú skupinu sterolov - stilbény [83]. Lokalizované sú najmä v aleurónovej vrstve cereálneho zrna. In vitro majú slabú estrogénnu a antiestrogénnu aktivitu [82].

Črevná mikroflóra v ľudskom organizme je schopná metabolizovať izoflavóny a lignany. Napríklad rastlinné lignany - secoizolariciresinol a matairesinol sa v gastrointestinálnom trakte premenia na lignany cicavcov - enterodiol, enterolaktón [82].

Lignany sú silnými antioxidantmi a účinnými antikarcinogénmi [41]. Vysoké hladiny biologicky aktívnych androgénov alebo estrogénov sú spojené so zvýšeným rizikom rakoviny prostaty, prsníka a vaječníkov. Lignany zvyšujú syntézu globulínu viažuceho pohlavné hormóny a tým redukujú množstvo cirkulujúcich estrogénov. V čreve môžu lignany zabrániť reabsorpcii estrogénov do organizmu. In vitro znižujú bunkovú proliferáciu a potláčajú vznik nádorov [1].

V [tab. 1](#) je uvedené zastúpenie vybraných zložiek cereálneho zrna.

TAB. 1. Zastúpenie vybraných zložiek v cereáliach.
 TAB. 1. Contents of selected components in cereals.

| | Pšenica ¹ | Jačmeň ² | Raž ³ | Ovos ⁴ | Literatúra ⁵ |
|--|----------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| β-glukán ⁶ [g.kg ⁻¹] | 4,7-14 | 17-72 | 12-29 | 22-66 | [84] |
| Minerálne látky ⁷ [mg.kg ⁻¹ sušiny ¹³] | | | | | |
| Zn | 26,75 | 25,11 | 24,20 | 29,20 | [23] |
| Cu | 3,22 | 2,53 | 3,52 | 2,54 | |
| Mn | 38,30 | 13,60 | 29,26 | 48,02 | |
| Se | 0,22 | 0,19 | 0,22 | 0,17 | |
| Tokoferoly a tokotrienoly ⁸ [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 45,70 | 58,47 | 43,60 | 25,94 | [85] |
| Fenolové kyseliny ⁹ [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 10,01 | 6,48 | 54,59 | 30,14 | [19] |
| Steroly ¹⁰ [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 690 | 761 | 955 | 447 | [71] |
| Kyselina fytová ¹¹ [g.kg ⁻¹] | 11,6-12 | 7,3 | 8,2-12 | 11 | [23, 30] |
| Lignany ¹² [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 0,081 | 0,58 | 1,12 | 0,14 | [82] |

1 - wheat, 2 - barley, 3 - rye, 4 - oat, 5 - literature, 6 - β-glucan, 7 - minerals, 8 - tocopherols and tocotrienols, 9 - phenolic acids, 10 - sterols, 11 - phytic acid, 12 - lignans, 13 - dry mass.

Záver

Cereálie majú dôležité miesto vo výžive ako významný zdroj zložených sacharidov, proteínov (hoci nemajú ideálne zloženie esenciálnych aminokyselín kvôli nedostatku lyzínu), vlákniny, vitamínov (najmä E a skupiny B) a antioxidačne pôsobiacich zložiek. Nakoľko sú tieto komponenty lokalizované predovšetkým vo vonkajších častiach zrna, je skutočne dôležitá konzumácia celozrnných výrobkov, a teda uprednostňovanie týchto typov výrobkov pred výrobkami z bielej múky. Z dôvodu variability obsahu uvedených zložiek je potrebné venovať pozornosť tiež výberu vhodných odrôd jednotlivých cereálií.

Tento príspevok sa vypracoval v rámci Štátnej úlohy výskumu a vývoja SP 27/028 OE02/028 OE 02 „Kvalita, bezpečnosť a funkčnosť primárnych potravinových zdrojov“.

Literatúra

1. MCINTOSH, G. H.: Cereal foods, fibres and the prevention of cancers. Australian Journal of Nutrition and Dietetics, 58, 2001, suppl. 2, s. 34-48.
2. HAMPL, J.: Cereální chemie a technologie. Praha : STNL, 1975. 400 s.

3. LAMBO, A. M. - ÖSTE, R. - NYMAN, M. E. G. L.: Dietary fibre in fermented oat and barley β -glucan rich concentrates. *Food Chemistry*, 89, 2005, č. 2, s. 283-293.
4. ONYENHO, S. N. - HETTIARACHCHY, N.: Antioxidant activity of durum wheat bran. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40, 1992, č. 9, s. 1496-1500.
5. CHARALAMPOPOULOS, D. - WANG, R. - PANDIELLA, S. S. - WEBB, C.: Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 2002, č. 1-2, s. 131-141.
6. DERVILLY-PINEL, G. - RIMSTEN, L. - SAULNIER, L. - ANDERSSON, R. - AMAN, P.: Water-extractable arabinoxylan from pearled flours of wheat, barley, rye and triticale. Evidence for the presence of ferulic acid dimers and their involvement in gel formation. *Journal of Cereal Science*, 34, 2001, č. 2, s. 207-214.
7. SAULNIER, L. - THIBAUT, J.-F.: Ferulic acid and diferulic acids as components of sugar-beet pectins and maize bran heteroxylans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1999, č. 3, s. 396-402.
8. LEHTINEN, P. - LAAKSO, S.: Effect of extraction conditions on the recovery and patency of antioxidants in oat fiber. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 1998, č. 12, s. 4842-4845.
9. EBERT, M. N. - BEYER-SEHLMAYER, G. - LIEGIBEL, U. M. - KAUTENBURGER, T. - BECKER, T. W. - POOL-ZOBEL, B. L.: Butyrate induces glutathione S-transferase in human colon cells and protects from genetic damage by 4-hydroxy-2-nonenal. *Nutrition and Cancer*, 41, 2001, č. 1-2, s. 156-164.
10. HASSIG, CH. A. - TONG, J. K. - SCHREIBER, S. L.: Fiber-derived butyrate and the prevention of colon cancer. *Chemistry and Biology*, 4, 1997, č. 11, s. 783-789.
11. PLESSI, M. - BERTELLI, D.: Dietary fiber and some elements in nuts and wheat brans. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12, 1999, č. 2, s. 91-96.
12. IDOURAINE, A. - KHAN, M. J.: In vitro binding capacity of wheat bran, rice bran, and oat fiber for Ca, Mg, Cu and Zn alone and in different combinations. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 1996, č. 8, s. 2067-2072.
13. WOOD, P. J.: Relationships between solution properties of cereal β -glucans and physiological effects - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 2002, č. 9-10, s. 313-320.
14. HÖGBERG, A. - LINDBERG, J. A.: Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 116, 2004, č. 1-2, s. 113-128.
15. RAMESH, H. P. - THARANATHAN, R. N.: Carbohydrates - the renewable raw materials of high biotechnological value. *Critical Reviews in Biotechnology*, 23, 2003, č. 2, s. 149-173.
16. CHRONAKIS, I. S. - ÖSTE TRIANTAFYLLOU, A. - ÖSTE, R.: Solid-state characteristics and redispersible properties of powders formed by spray-drying and freeze-drying cereal dispersions of varying (1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 4)- β -glucan content. *Journal of Cereal Science*, 40, 2004, č. 2, s. 183-193.
17. MAKI, K. C. - DAVIDSON, M. H. - INGRAM, K. A. - VEITH, P. E. - BELL, M. - GUGGER, E.: Lipid responses to consumption of a β -glucan containing ready-to-eat cereal in children and adolescents with mild-to-moderate primary hypercholesterolemia. *Nutrition Research*, 23, 2003, č. 11, s. 1527-1535.
18. KONTOGIORGOS, V. - BILIADERIS, C. G. - KIOSSEOGLOU, V. - DOXASTAKIS, G.: Stability and rheology of egg-yolk-stabilized concentrated emulsions containing cereal β -glucans of varying molecular size. *Food Hydrocolloids*, 18, 2004, č. 6, s. 987-998.
19. ZIELIŃSKI, H. - KOZŁOWSKA, H.: Low molecular weight antioxidants in the cereal grains - a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 11/52, 2002, č. 1, s. 3-9.

20. PETERSON, D. M.: Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33, 2001, č. 2, s. 115-129.
21. PANFILI, G. - FRATIANNI, A - IRANO, M.: Normal phase high-performance liquid chromatography method for determination of tocopherols and tocotrienols in cereal. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2003, č. 14, s. 3940-3944.
22. HOLASOVÁ, M.: Distribution of tocopherols and tocotrienols in the main products of wheat and rye milling. *Potravinářské vědy*, 15, 1997, č. 5, s. 343-350.
23. ZIELIŃSKI, H. - KOZŁOWSKA, H. - LEWCZUK, B.: Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 2001, č. 3, s. 159-169.
24. DECKER, E. - BEECHER, G. - SLAVIN, J. - MILLER, H. E. - MARQUART, L.: Whole grains as a source of antioxidant. *Cereal Foods World*, 47, 2002, č. 8, s. 370-373.
25. MALECKA, M.: Antioxidants properties of the unsaponified matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. *Food Chemistry*, 79, 2002, č. 3, s. 327-330.
26. ZIELIŃSKI, H. - CISKA, E. - KOZŁOWSKA, H.: The cereal grains: focus on vitamin E. *Czech Journal of Food Science*, 19, 2001, č. 5, s. 182-188.
27. MOURE, A. - CRUZ, J. M. - FRANCO, D. - DOMÍNGUEZ, J. M. - SINEIRO, J. - DOMÍNGUEZ, H. - NÚÑEZ, M. J. - PARAJÓ, J. C.: Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72, 2001, č. 2, s. 145-171.
28. SHAHIDI, F.: Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung*, 44, 2000, č. 3, s. 158-163.
29. TAKÁCSOVÁ, M. - PRÍBELA, A.: *Chémia potravín*. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 1996. 235 s.
30. BACHMANN, M. - BAUMER, B. - BLÖCHLIGER, M. - SIGNER, I.: Phytochemicals: Focus on bakery products and fruits. *Agro-Food-Industry Hi-Tech*, 35, 2000, č. 2, s. 16-17.
31. NARDINI, M. M. - GHISELLI, A.: Determination of free and bound phenolic acids in beer. *Food Chemistry*, 84, 2004, č. 1, s. 137-143.
32. YU, L. - HALEY, S.: Free radical scavenging properties of wheat extracts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 2002, č. 6, s. 1619-1624.
33. SROKA, Z. - CISOWSKI, W.: Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and antiradical activity of some phenolics acids. *Food and Chemical Toxicology*, 41, 2003, č. 6, s. 753-758.
34. SCALBERT, A. - WILLIAMSON, G.: Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition*, 130, 2000, č. 8S, s. 2073S-2085S.
35. YANG, C. S. - LANDAU, J. M. - HUANG, M.-T. - NEWMARK, H. L.: Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic components. *Annual Review of Nutrition*, 21, 2001, s. 381-407.
36. ADOM, K. K. - LIU R. H.: Antioxidant activity of grains. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 2002, č. 21, s. 6182-6187.
37. KÄHKONEN, M. P. - HOPIA, A. I. - VUORELA, H. J. - RAUHA, J. P. - PIHLAJA, K. - KUJALA, T. S. - HEINONEN, M.: Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 1999, č. 10, s. 3954-3962.
38. OKI, T. - MASUDA, M. - KOBAYASHI, M. - NISHIBA, Y. - FURUTA, S. - SUDA, I. - SATO, T.: Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2002, č. 26, s. 7524-7529.
39. LEE, S. CH. - KIM, J. H. - JEONG, S. M. - KIM, D. R. - HA, J. U. - NAM, K. C. - AHN, D. U.: Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2003, č. 15, s. 4400-4403.
40. WU, K. - ZHANG, W. - ADDIS, P. B. - EPLEY, R. J. - SALIH, A. M. - LEHRFELD, J.: Antioxidant properties of wild rice. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42, 1994, č. 1, s. 34-37.

41. ANDLAUER, W. - FURST, P.: Antioxidant power of phytochemicals with special reference to cereals. *Cereal Foods World*, 43, 1998, č. 5, s. 356-359.
42. PEYRON, S. - SURGET, A. - MABILLE, F. - AUTRAN, J. C. - ROUAU, X. - ABECASSIS, J.: Evaluation of tissue dissociation of durum wheat grain (*Triticum durum* Desf.) generated by the milling process. *Journal of Cereal Science*, 36, 2002, č. 2, s. 199-208.
43. XING, Y. - WHITE, P. J.: Identification and function of antioxidants from oat groats and hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74, 1997, č. 3, s. 303-307.
44. BARTOLOMÉ, B. - FAULDS, C. B. - WILLIAMSON, G.: Enzymic release of ferulic acid from barley spent grain. *Journal of Cereal Science*, 25, 1997, č. 3, s. 285-288.
45. ANDREASEN, M. F. - KROON, P. A. - WILLIAMSON, G. - GARCIA-CONESA, M. T.: Intestinal release and uptake of phenolic antioxidant diferulic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 31, 2001, č. 3, s. 304-314.
46. BUNZEL, M. - RALPH, J. - KIM, H. - LU, F. - RALPH, S. A. - MARITA, J. M. - HATFIELD, R. D. - STEINHART, H.: Sinapate dehydodimers and sinapate-ferulate heterodimers in cereal dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2003, č. 26, s. 1427-1434.
47. BUNZEL, M. - RALPH, J. - FUNK, C. - STEINHART, H.: Isolation and identification of a ferulic acid dehydrotrimer from saponified maize bran insoluble fiber. *European Food Research and Technology*, 217, 2003, č. 2, s. 128-133.
48. PEYRON, S. - ABECASSIS, J. - AUTRAN, J. C. - ROUAU, X.: Enzymatic oxidative treatments of wheat bran layers: effects on ferulic acid composition and mechanical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2001, č. 10, s. 4694-4699.
49. SANCHO, A. I. - BARTOLOMÉ, B. - GÓMEZ-CORDOVÉS, C. - WILLIAMSON, G. - FAULDS, C. B.: Release of ferulic acid from cereal residues by barley enzymatic extracts. *Journal of Cereal Science*, 34, 2001, č. 2, s. 173-179.
50. BARTOLOMÉ, B. - FAULDS, C. B. - KROON, P. A. - WALDRON, K. - GILBERT, H. J. - HAZLEWOOD, G. - WILLIAMSON, G.: An *Aspergillus niger* esterase (ferulic acid esterase III) and a recombinant *Pseudomonas fluorescens* subsp. *cellulosa* esterase (xylD) release a 5-5' ferulic dehydodimer (diferulic acid) from barley and wheat cell walls. *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 1997, č. 1, s. 208-212.
51. FAULDS, C. B. - MANDALARI, G. - LOCURTO, R. - BISIGNANO, G. - WALDRON, K. W.: Arabinoxylan and mono- and dimeric ferulic acid release from brewer's grain and wheat bran by feruloyl esterases and glycosyl hydrolases from *Humicola insolens*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64, 2004, č. 5, s. 644-650.
52. PEYRON, S. - ABECASSIS, J. - AUTRAN, J. C. - ROUAU, X.: Influence of UV exposure on phenolic acid content, mechanical properties of bran, and milling behavior of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Cereal Chemistry*, 79, 2002, č. 5, s. 726-731.
53. EMMONS, C. L. - PETERSON, D. M. - PAUL, G. L.: Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolics and tocopherols antioxidants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 1999, č. 12, s. 4894-4898.
54. SHYAMA PRASAD RAO, R. - MURALIKRISHNA, G.: Non-starch polysaccharide-phenolic acid complexes from native and germinated cereals and millet. *Food Chemistry*, 84, 2004, č. 4, s. 527-531.
55. ADAM, A. - CRESPI, V. - LEVRAT-VERNY, M.-A. - LEENHARDT, F. - LEUILLET, M. - DEMIGNE, C. - REMESY, C.: The bioavailability of ferulic acid is governed primarily by the food matrix rather than its metabolism in intestine and liver in rats. *The Journal of Nutrition*, 132, 2002, č. 7, s. 1962-1968.
56. SUBBA RAO, M. V. - MURALIKRISHNA, G.: Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet (ragi, *Eleusine coracana* Indaf-15). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2002, č. 4, s. 889-892.

57. WATANABE, M. - OHSHITA, Y. - TSUSHIDA, T.: Antioxidant compounds from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 1997, č. 4, s. 1039-1044.
58. SÁNCHEZ-MORENO, C. - LARRAURI, J. A. - SAURA-CALIXTO, F.: A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**, 1998, č. 2, s. 270-276.
59. CHEN, J. H. - HO, CH. T.: Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 1997, č. 7, s. 2374-2378.
60. BAUBLIS, A. J. - LU, C. - CLYDESDALE, F. M. - DECKER, E. A.: Potencial of wheat breakfast cereals as a source of dietary antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, **19**, 2000, č. 3, 308S-311S.
61. KERN, S. M. - BENNETT, R. N. - MELLON, F. A. - KROON, P. A. - GARCIA-CONESA, M. T.: Absorption of hydroxycinnamates in humans after high-bran cereal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 2003, č. 20, s. 6050-6055.
62. PLUMB, G. W. - GARCIA-CONESA, M. T. - KROON, P. A. - RHODES, M. - RIDLEY, S. - WILLIAMSON, G.: Metabolism of chlorogenic acid by human plasma, liver, intestine and gut microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 1999, č. 3, s. 390-392.
63. PETERSON, D. M. - HAHN, M. J. - EMMONS, C. L.: Oat avenanthramides exhibit antioxidative activities in vitro. *Food Chemistry*, **79**, 2002, č. 4, s. 473-478.
64. BRATT, K. - SUNNERHEIM, K. - BRYNGELSSON, S. - FAGERLUND, A. - ENGMAN, L. - ANDERSSON, R. E. - DIMBERG, L. H.: Avenanthramides in oats (*Avena sativa* L.) and structure-antioxidant activity relationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 2003, č. 3, s. 594-600.
65. BRYNGELSSON, S. - DIMBERG, L. H. - KAMAL-ELDIN, A.: Effect of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **50**, 2002, č. 7, 1890-1896.
66. COLLINS F. W.: Oat phenolics: avenanthramides, novel substituted N-cinnamoylanthranilate alkaloids from oat groats and hulls. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **37**, 1989, č. 1, s. 60-66.
67. HAKALA, P. - LAMPI, A. M. - OLLILAINEN, V. - WERNER, U. - MURKOVIC, M. - WÄHÄLÄ, K. - KARKOLA, S. - PIIRONEN, V.: Steryl phenolic acid esters in cereals and their milling fractions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **50**, 2002, č. 19, s. 5300-5307.
68. ROSENBERG, R. - RUIBAL-MENDIETA, N. L. - PETITJEAN, G. - CANI, P. - DELACROIX, D. L. - DELZENNE, N. M. - MEURENS, M. - QUETIN-LECLERCQ, J. - HABIB-JIWAN, J.-L.: Phytosterol analysis and characterization in spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) and wheat (*T. aestivum* L.) lipids by LC/APCI-MS. *Journal of Cereal Science*, **38**, 2003, č. 2, s. 189-197.
69. BREINHOLDER, P. - MOSCA, L. - LINDNER, W.: Concept of sequential analysis of free and conjugated phytosterols in different plant matrices. *Journal of Chromatography B*, **777**, 2002, č. 1-2, s. 67-82.
70. MAATTA, K. - LAMPI, A. M. - PETTERSON, J. - FOGELFORS, B. M. - PIIRONEN, V. - KAMAL-ELDIN, A.: Phytosterol content in seven oat cultivars grown at three locations in Sweden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **79**, 1999, č. 7, s. 1021-1027.
71. PIIRONEN, V. - TOIVO, J. - LAMPI, A. M.: Plant sterols in cereals and cereal products. *Cereal Chemistry*, **79**, 2002, č. 1, s. 148-154.
72. TOIVO, J. - PHILLIPS, K. - LAMPI, A. M. - PIIRONEN, V.: Determination of sterols in foods: recovery of free, esterified, and glycosidic sterols. *Journal of Food Composition and Analysis*, **14**, 2001, č. 6, s. 631-643.

73. AWAD, A. B. - FINK, C. S.: Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 130, 2000, č. 9, s. 2127-2130.
74. IWATSUKI, K. - AKIHISA, T. - TOKUDA, H. - UKIYA, M. - HIGASHIHARA, H. - MUKAINAKA, T. - IIZUKA, M. - HAYASHI, Y. - KIMURA, Y. - NISHINO, H.: Sterol ferulates, sterols, and 5-alk(en)ylresorcinols from wheat, rye, and corn bran oils and their inhibitory effects on Epstein-Barr virus activation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2003, č. 23, s. 6683-6688.
75. DYER, R. G. - HETHERINGTON, C. S. - ALBERTI, K. G. M. M. - LAKER, M. F.: Simultaneous measurement of phytosterols (campesterol and β -sitosterol) and 7-ketocholesterol in human lipoproteins by capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography B*, 663, 1995, č. 1, s. 1-7.
76. XU, Z. - GODBER, J. S.: Purification and identification of components of γ -oryzanol in rice bran oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1999, č. 7, s. 2724-2728.
77. FANG, N. - SHANGGONG, Y. - BADGER, T. M.: Characterization of triterpene alcohol and sterol ferulates in rice bran using LC-MS/MS. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51, 2003, č. 11, s. 3260-3267.
78. KOCHHAR, S. P.: Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 2000, č. 8-9, s. 552-559.
79. TAYLOR, J. B. - RICHAR, T. M. - WILHELM, C. L. - CHRYSAM, M. M. - OTTERBURN, M. - LEVEILLE, G. A.: Rice-bran oil antioxidant. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 1997, č. 6, s. 207.
80. FEBLES, C. I. - ARIAS, A. - HARDISSON, A. - RODRÍGUEZ-ALVAREZ, C. - SIERRA, A.: Phytic acid level in wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 36, 2002, č. 1, s. 19-23.
81. KRIS-ETHERTON, P. M. - HECKER, K. D. - BONANOME, A. - COVAL, S. M. - BINKOSKI, A. E. - HILPERT, K. F. - GRIEL, A. E. - ETHERTON, K. D.: Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113, 2002, č. 9, s. 71-88.
82. MEAGHER, L. P. - BEECHER, G. R.: Assessment of data on the lignan content of foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13, 2000, č. 6, s. 935-947.
83. CORNWELL, T. - COHICK, W. - RASKIN, I.: Dietary phytoestrogens and health. *Phytochemistry*, 65, 2004, č. 8, s. 995-1016.
84. GENÇ, H. - ÖZDEMİR, M. - DEMİRBAŞ, A.: Analysis of mixed-linked (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucans in cereal grains from Turkey. *Food Chemistry*, 73, 2001, č. 2, s. 221-224.
85. SHAHIDI, F.: Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications. *Champaign : AOCS Press*, 1997. 432 s.

Do redakcie došlo 10.8.2004.

Bioactive components of cereals

MIKULAJOVÁ, A. - TAKÁCSOVÁ, M. - ŠPALDOVÁ, S. - GIERONOVÁ, T.
- VOJTEKOVÁ, S. - NÉMETH, K.: *Bull. potrav. Výsk.*, 43, 2004, p. 139-155.

SUMMARY. Cereals play an important role in the diet as a substantial source of complex saccharides, proteins, fibres, vitamins and further antioxidant compounds. A major part of biologically active compounds is located in outer parts of grains and therefore, consumption

of whole grain food products is important. Epidemiological studies conclude that high intakes of food products containing whole grains are associated with a reduced risk of coronary heart disease and cancer. In this article, attention is paid to the contents of biologically active components in cereals, to their properties, functions and activities.

KEYWORDS: cereals; composition; properties