

## FUNKČNÉ ZLOŽKY CEREÁLIÍ ÚČINNÉ V PREVENCI CIVILIZAČNÝCH OCHORENÍ

ANDREA MARKO, MILADA RAKICKÁ  
a ERNEST ŠTURDÍK

Oddelenie výživy a hodnotenia potravín, Ústav biochémie,  
výživy a ochrany zdravia, Fakulta chemickej  
a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37  
Bratislava  
andrea.holubkova@stuba.sk

Došlo 28.2.14, prijaté 27.3.14.

Kľúčové slová: cereálie, fytochemikálie, vláknina,  
β-glukány, rezistentné škroby

### Obsah

1. Úvod
2. Morfológické a chemické zloženie obilných zŕn
3. Zdraviu prospešné látky obsiahnuté v cereáliách
  - 3.1. Vláknina
  - 3.2. β-Glukány
  - 3.3. Rezistentný škrob
  - 3.4. Fytochemikálie cereálií
4. Záver

### 1. Úvod

Pre prevažnú časť ľudstva cereálie predstavujú základnú a najdôležitejšiu potravinu, ktorá vo svojom prirodzenom stave poskytuje ľudskému organizmu najdôležitejšie nutrienty. Sú zdrojom sacharidov, vysokohodnotných bielkovín, vitamínov, minerálnych látok a v neposlednom rade antioxidantov, aktívnych látok, vlákniny a β-glukánov. Podstatný podiel výživovo dôležitých zložiek vrátane vlákniny, mikronutrientov či antioxidantov aktívnych zložiek sa nachádza vo vonkajších, obalových vrstvách obilných zŕn. Množstvo štúdií zaoberajúcich cereáliami poukazuje na pozitívny vplyv konzumácie predovšetkým celozrnných cereálnych produktov na ľudské zdravie.

Okrem týchto výhod obilniny ovplyvňujú výživovú bilanciu svetovej populácie, čo sa týka objemu konzumu zastávajú medzi ostatnými poľnohospodárskymi produktami významné postavenie. Cereálie sú dobre skladovateľné, sú pomerne lacnou surovinou a aj z hľadiska kontaminácie cudzorodými látkami je obilné zrnó pomerne odolné<sup>1</sup>. Pravidelnou konzumáciou celozrnných cereálií je možné taktiež prispieť k zníženiu rizika civilizačných ochorení<sup>2</sup>.

V súčasnosti sa pozornosť odbornej verejnosti v oblasti výživy, ochrany zdravia ľudí a diabetológie čo-

raz viac upriamuje na produkciu nových funkčných potravín aj na cereálnej báze, nakoľko obilniny sú bohatým zdrojom bioaktívnych fytochemikálií a predstavujú vhodný substrát pre rast a metabolizmus pozitívne pôsobiacich mikrobiálnych kultúr.

Funkčné potraviny možno definovať ako potraviny, ktoré sú obohatené o bioaktívne zložky. Prostredníctvom preukázaných fyziologických účinkov na ľudský organizmus majú schopnosť znižovať riziko vzniku chronických ochorení. Podľa organizácie The International Life Science Institute (ILSI) potravina môže byť označená za funkčnú, ak je možné uspokojivo preukázať, že má priaznivý vplyv na jednu alebo viacero špecifických funkcií v organizme a zlepšuje celkový zdravotný stav alebo znižuje riziko ochorenia<sup>3</sup>. Doposiaľ sú už na spotrebiteľskom trhu známe funkčné potraviny, ktoré boli vyvinuté s cieľom znižovania krvného tlaku, cholesterolu, hladiny glukózy v krvi a rizika osteoporózy<sup>4</sup>.

### 2. Morfológické a chemické zloženie obilných zŕn

Obilné zrná sú plody, resp. semená alebo jadrá rastlín, ktoré patria do čeľade *Gramineae*. Túto skupinu trávovitých rastlín možno rozdeliť na dve podskupiny, a to cereálie a pseudocereálie. Medzi najznámejších zastupiteľov cereálií patrí pšenica, raž, jačmeň, ovos a tritikale<sup>5</sup>. K najznámejším pseudocereáliám zaraďujeme pohánku, mrlík, amarant, cirok, proso, ježatku<sup>2</sup>.

Pseudoobilniny sú plodiny, ktoré produkujú škrobnaté zrná, preto sú podobné ako cereálie vhodné pre ľudskú výživu. Pseudocereálie majú veľmi dobré výživové parametre, preto tieto na škrob bohaté rastliny môžu vhodne obohacovať ľudskú výživu. Pseudoobilniny na rozdiel od obilnín neobsahujú lepok, preto sú vhodné pre výživu ľudí trpiacich na celiakiu. Na druhej strane neprítomnosť lepku v pseudocereáliách spôsobuje ich ťažšie spracovanie<sup>6</sup>. Z hľadiska chemického zloženia majú vyšší obsah bielkovín ako cereálie. Vyznačujú sa vysokým obsahom esenciálnych aminokyselín arginínu a histidínu. Nachádza sa v nich veľa nenasýtených mastných kyselín, predovšetkým kyselina linolénová. Z minerálnych látok obsahujú najviac vápnika, magnézia, železa, sodíka a zinku. Pseudocereálie sú dobrým zdrojom vitamínu C, riboflavínu a vitamínu E. Sú podobne ako cereálie bohaté na fenolové látky, ktoré sa používajú na medicínske účely. K významným patrí rutín v pohánke a saponíny, ktoré vykazujú antikarcinogénne, protizápalové, cholesterolznižujúce a imunomodulačné účinky<sup>2</sup>.

Základná štruktúra obilného zrna pozostáva z endospermu, otrúb a zárodočnej vrstvy, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v klíčení a obsahujú esenciálne zložky

a fytochemikálie dôležité v ľudskej výžive<sup>7</sup>.

Obilné zrnó obklopujú obalové vrstvy, ktoré pozostávajú z oplodia (pericarp), pokožky, osemenia (testa) a aleurónovej vrstvy<sup>8</sup>. Tvoria 5–20 % hmotnosti a sú najbohatšie čo do obsahu vitamínov skupiny B, z antioxidantne aktívnych látok sú to najmä polyfenolové látky. V obalových vrstvách sa nachádza značné množstvo nerozpustnej vlákniny vo forme celulózy, lignínu a arabinoxilánov<sup>8,9</sup>.

Zárodokná vrstva (embrio) tvorí 2,5–12 % hmotnosti zrna. Embrio obsahuje 8 % celkových proteínov zrna, ktoré sú však vo forme enzýmov a nie ako zásobné proteíny (glutén). Lipidy predstavujú podiel až do 20 %, tvorí ich najmä kyselina linolová, linolénová, olejová a palmitová<sup>10</sup>. Je koncentrovaným zdrojom minerálov, najmä železa, zinku, tokoferolov a tokotrienolov<sup>7,9,11</sup>.

Endosperm tvorí najväčšiu časť, 63–91 % zrna. Je to škrobnatý komponent pozostávajúci najmä zo sacharidov, vrátane škrobu a oligosacharidov ako sú fruktóza, inulín, či oligofruktóza. Bunky endospermu obsahujú vysoký podiel  $\beta$ -D-glukánu, vitamínov skupiny B, riboflavín, kyselinu pantoténovú a proteíny. Minoritnou zložkou sú lipidy<sup>12,13</sup>.

Kvantitatívne najdôležitejšou zložkou cereálií sú sacharidy. Tvoria 66 až 75 % sušiny. Z monosacharidov sú zastúpené v zrnách najmä hexózy (fruktóza, glukóza, galaktóza) a pentózy (arabínóza, xylóza). Sacharóza a maltóza sú disacharidy bežne sa vyskytujúce v cereáliách. Polysacharidy sú polyméry, ktoré sú zložené z viac ako 20 monosacharidových jednotiek. Z nich sa v zrnách cereálií vyskytujú najmä škrob, celulóza a xylány<sup>14</sup>. Najviac zastúpený sacharid v obilninách je škrob, ten sa skladá z amyulózy a amylopektínu. Obalové vrstvy zrn sú bohatým zdrojom vlákniny<sup>15</sup>. Zahŕňa celulózu a ďalšie rozpustné a nerozpustné neškrobnaté

polysacharidy<sup>13,16,17</sup>. Významné množstvo rozpustnej vlákniny (3–5 %) tvorí  $\beta$ -glukán nachádzajúci sa najmä v ovse a v jačmeni.  $\beta$ -Glukány sa vyskytujú v subaleurónovej vrstve a endosperme obilných zrn. Ich koncentrácia sa pohybuje v rozmedzí od 1 % v pšeničných zrnách až do 3–9 % v jačmenných zrnách<sup>17</sup>.

Hlavnou zásobnou formou dusíka v cereáliách sú bielkoviny. Ich obsah v cereáliách môže kolísaf na základe genetických odlišností a agronomických faktorov. Prevažná časť zásobných bielkovín zrna je lokalizovaná v endosperme. Medzi tieto bielkoviny patria albumíny a globulíny, tzv. cytoplazmatické bielkoviny rozpustné v NaCl, ďalej prolamíny (rozpustné v etylalkohole) a glutelíny (rozpustné v zásadách). Prolamíny a glutelíny môžeme charakterizovať ako typické zásobné proteíny, ktoré tvoria lepok. Bielkoviny typu albumínov a globulínov sú enzymaticky aktívne, dobre rozpustné vo fyziologických roztokoch a ľahko hydrolyzovateľné proteolytickými enzýmami, čo predurčuje ich dobrú stráviteľnosť<sup>18</sup>. Cereálie sú považované za ideálny zdroj proteínov, obsahujú však dostatok niektorých esenciálnych aminokyselín ako lyzín a tryptofán<sup>5,12</sup>. Pseudocereálie sa vyznačujú všeobecne vyšším obsahom proteínov a niektorých esenciálnych aminokyselín, najmä lyzínu, v porovnaní s cereáliami<sup>19</sup>.

Cereálie sa vyznačujú nízkym obsahom lipidov, tie však majú významný vplyv na kvalitu a textúru cereálnych potravín<sup>20</sup>. Pšenica, jačmeň, raž, hnedá ryža a cirok majú nižší obsah lipidov ako ostatné cereálie (ovos, proso a kukurica). Cereálne lipidy majú najmä nepolárny charakter a sú koncentrované najmä v zárodoknej vrstve<sup>21,22</sup>. Triacylglyceroly sú majoritnou lipidovou zložkou. Okrem triacylglycerolov zaraďujeme medzi nepolárne lipidy aj di- a monoacylglyceroly, mastné kyseliny a estery sterolov.

#### Tabuľka I

Charakteristika minerálnych látok v obilninách a cereálnych produktoch<sup>24,25</sup>

	Minerálny prvok	Biologická funkcia
Základné minerály	sodík (Na)	udržiavanie acidobázickej rovnováhy extracelulárny katión udržiavajúci objem extracelulárnej tekutiny v krvi
	draslík (K)	intracelulárny katión, udržiavanie acidobázickej rovnováhy
	vápnik (Ca)	zdravý vývoj a funkcia kostí a zubov krvná zrážanlivosť nervovo svalová dráždivosť
	fosfor (P)	súčasť kostí a zubov, súčasť DNA, RNA, ATP, GTP a fosfolipidov
	horčík (Mg)	intracelulárny katión, v mnohých enzýmoch znižuje neuromuskulárnu dráždivosť
Stopové minerály	železo (Fe)	zložka hemoglobínu, myoglobínu, cytochrómového systému
	zinok (Zn)	kofaktor enzýmov pre intermediárny metabolizmus a syntézu proteínov a superoxidizmutázy kontrola génovej transkripcie
	meď (Cu)	koenzým cytochróoxidázy, superoxidizmutázy hojenie rán

Polárne lipidy sú koncentrované v bunkových membránach. Do tejto skupiny patria steroly<sup>21</sup>. Cereálie predstavujú veľmi bohatý zdroj nenasýtených mastných kyselín. Mastné kyseliny sa viažu v bunkách na estery s dlhým reťazcom alkoholov a tak vytvárajú *N*-acetylové zlúčeniny. Voľné mastné kyseliny sa vyskytujú v cereáliách v menšom množstve. Majoritnými zložkami sú kyselina olejová, linolová a palmitová. Kyselina stearová a linolénová sú prítomné v malom, ale významnom množstve<sup>22</sup>.

Mikronutrienty v cereáliách zahŕňajú anorganické minerálne prvky a vitamíny. Popol – anorganický minerálny materiál tvorí 1–3 % obsahu sušiny. Tieto látky sú obsiahnuté najmä v perikarpe, klíčku a aleurónovej vrstve obilných zŕn. Technologickým opracovaním obilných zŕn, odstraňovaním obalových vrstiev a zárodočnej vrstvy (klíčku), dochádza k ich strate. Prevládajúce minerálne prvky sú draslík, fosfor, magnézium, železo, mangán, zinok a meď. Cereálie sú však pomerne chudobné na sodík a vápnik<sup>23</sup>. Dôležité biochemické funkcie minerálnych prvkov cereálií sú zhrnuté v tab. I.

Cereálie sú bohatým zdrojom vitamínov. Patria sem najmä vitamíny skupiny B, vitamín E, kyselina folová a karotenoidy. Medzi vitamíny skupiny B patrí tiamín (B<sub>1</sub>), riboflavín (B<sub>2</sub>), niacín (B<sub>3</sub>) a pyridoxín (B<sub>6</sub>). Najvyšší obsah tiamínu je v jačmeni, pohánke a prose. Obsah vitamínov klesá pri tepelnom opracovaní. Najbohatším zdrojom

riboflavínu je pohánka. Bohatým zdrojom pyridoxínu je proso. Pyridoxín spolu s vitamínom B<sub>12</sub> znižuje hladinu homocysteínu v krvnej plazme, ktorý je hlavným rizikovým faktorom kardiovaskulárnych ochorení. Spomedzi ďalších vitamínov skupiny B nájdeme v cereáliách vitamín B<sub>3</sub> – niacín, skladajúci sa z dvoch foriem, kyseliny nikotínovej a nikotínamidu. Jeho najväčšie koncentrácie z rastlinných zdrojov sú obsiahnuté v sezamových a slnečnicových semenkách, v hnedej ryži, jačmeni a v prose. Vitamín B<sub>3</sub> je súčasťou koenzýmov NAD/NADP, ktoré sa zúčastňujú reakcií prenosu elektrónov v dýchacom reťazci a oxidačnej fosforylácii<sup>26</sup>. Ďalšie dôležité biochemické funkcie vitamínov skupiny B, ako aj ich citlivosť, resp. stabilita na svetle, vzduchu a voči pôsobeniu tepla, sú sumarizované v tab. II.

### 3. Zdraviu prospešné látky obsiahnuté v cereáliách

Cereálie obsahujú celú škálu zložiek, ktoré majú pozitívny vplyv na zdravie človeka a dokážu znižovať riziko vzniku chronických ochorení, predovšetkým obezity, diabetu 2. typu a kardiovaskulárnych ochorení. Tieto látky zahŕňujú, okrem vyššie spomínaných vitamínov a minerálnych látok najmä cereálnu vlákninu,  $\beta$ -glukány, rezistentné škroby a fytochemikálie.

Tabuľka II  
Charakteristika vitamínov v obilninách a cereálnych produktoch<sup>25,27</sup>

Vitamín	Biologická funkcia	Rozpustnosť	Stabilita na		
			teple	svetle	vzduchu
Tiamín B <sub>1</sub>	dekarboxylácia pri metabolizme sacharidov, tukov a alkoholu	voda	nie	áno	nie
Riboflavín B <sub>2</sub>	oxidačný metabolizmus zdravá pokožka, pery, jazyk	voda	nie	nie	áno
Niacín B <sub>3</sub>	súčasť NAD/NADP v oxidačnom metabolizme	voda	áno	áno	áno
Pyridoxín B <sub>6</sub>	transaminačný kofaktor pre aminokyseliny tvorba krvi neuromuskulárna funkcia	voda	nie	nie	áno
Foláty, Kys. folová	metabolizmus purínov a pyrimidínov –syntéza DNA preventívne pôsobí proti defektu neurálnej trubice v gravidite tvorba krvi	voda	nie	nie	nie
Kys. pantoténová B <sub>5</sub>	súčasť koenzýmu A, intermediárny metabolizmus neuromuskulárna funkcia syntéza tukov	voda	nie	áno	áno
Vitamín A	funkcia videnia antioxidant rast, rozvoj a diferenciácia tkanív	tuk	nie	nie	nie

### 3.1. Vlákna

Vláknu možno charakterizovať ako nestráviteľné a neškrobnaté polysacharidy a lignín, nachádzajúce sa v bunkových stenách rastlín. Skladá sa z izolovaných, organizmom nerozložiteľných polysacharidov<sup>28,29</sup>.

Prevažná časť vlákny sa vyskytuje v obalových vrstvách obilných zŕn, ktoré sa odstraňujú v procese mletia. Zrná zbavené týchto vrstiev majú výrazne nižší obsah vlákny ako celé obilné zrná<sup>16,30</sup>. Pojem vlákna zahŕňa veľké množstvo zložiek, patrí sem celulóza, hemicelulóza, pektíny, gummy, lignín a ďalšie polysacharidy. Vo vode rozpustná frakcia zahŕňa hemicelulózu, gummy,  $\beta$ -glukány, slizy a pektín. Vo vode nerozpustná frakcia pozostáva najmä z celulózy a lignínu<sup>31</sup>.

Vplyv na ľudský organizmus a jej zdravie prospešné vlastnosti sú známe už po desaťročia. Mnohé štúdie zaoberajúce sa vláknou poukazujú na jej spojitost' s telesnou hmotnosťou. Jej konzumácia nepriamo ovplyvňuje telesnú hmotnosť a hladinu inzulínu v krvi. Podieľa sa na znižovaní rizikových faktorov kardiovaskulárnych ochorení, krvného tlaku a hladiny cholesterolu v krvi<sup>29,32</sup>.

Vlákna pôsobi v organizme viacerými mechanizmami. Potraviny bohaté na vláknu sú trávené oveľa pomalšie a absorpcia živín tak prebieha dlhšiu dobu, čo podporuje dlhší pocit sýtosti, z čoho následne vyplývajú dlhšie prestávky medzi konzumovanými jedlami a nižší energetický príjem<sup>33</sup>. Zložky vlákny sú v hrubom čreve čiastočne alebo úplne fermentované črevnou mikroflórou, pričom vznikajú plyny a krátkoreťazcové masťné kyseliny, najmä kyseliny octová, propiónová a masťová. Tieto masťné kyseliny znižujú pH v čreve a tým zabraňujú rastu patogénnych mikroorganizmov<sup>34</sup>.

Rozpustná vlákna na rozdiel od nerozpustnej zvyšuje viskozitu črevného obsahu, spomaľuje vyprázdňovanie žalúdka, čo vedie k predĺženiu času vstrebávania živín v hrubom čreve. Rozpustná vlákna redukuje účinnosť tráviacich enzýmov a v tenkom čreve spomaľuje postprandiálne inzulínové a glykemické reakcie, ktoré majú za následok spomalenie návratu hladu a následne nižší príjem energie<sup>35</sup>. Niektoré zložky vlákny, najmä nestráviteľné oligosacharidy (napríklad inulín a frukto-oligosacharidy) preukazujú prebiotické vlastnosti, teda podporujú rast, aktivitu a pomnoženie probiotických kultúr v hrubom čreve. Vlákna dokáže ovplyvňovať vylučovanie hormónov žliaz s vnútornou sekréciou, vrátane cholecystokinínu. Cholecystokinín je vylučovaný bunkami tenkého čreva a stimuluje sekréciu pankreasu, reguluje vyprázdňovanie žalúdka a centrálny pocit sýtosti<sup>32</sup>.

Zvýšená konzumácia cereálnej vlákny znižuje hladiny nasýtených tukov, celkového a LDL cholesterolu a tiež triacylglycerolov v krvi. Vysoký obsah vlákny v potrave taktiež pomáha pri redukcii koncentrácie postprandiálnej hladiny glukózy a inzulínovej odpovedi<sup>31,35–37</sup>.

### 3.2. $\beta$ -Glukány

$\beta$ -Glukány možno definovať ako rozpustnú vláknu. Nachádzajúca sa prirodzene v surovinách, ako sú niektoré druhy cereálnych zŕn, huby, riasy. Sú produkované aj niektorými kmeňmi baktérií a kvasiniek. Cereálne  $\beta$ -glukány predstavujú zmes (1 $\rightarrow$ 3) a (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glukánu, teda ide o polysacharidy pozostávajúce z  $\beta$ -D-glukopyranózových jednotiek spojených (1 $\rightarrow$ 3) a (1 $\rightarrow$ 4) glykozidovou väzbou<sup>38,39</sup>.

Glukány sú koncentrované najmä v bunkových stenách endospermu. Z cereálií najvyšší obsah vykazuje jačmeň a ovos. Okrem týchto obilnín sú pre ľudskú výživu ich prirodzeným zdrojom aj raž a pšenica<sup>40</sup>.

Tieto polyméry s vysokou molekulovou hmotnosťou majú jedinečný nutričný aj technologický význam.  $\beta$ -Glukány sú rozpustné vo vode a schopné tvoriť viskózne gély. Mnohé klinické štúdie zamerané na hodnotenie účinkov  $\beta$ -glukánov na ľudské zdravie poukazujú na významne pozitívny vplyv na imunitný systém, hladiny cholesterolu a glukózy v ľudskom organizme<sup>41</sup>. Mechanizmus účinku  $\beta$ -glukánov však zatiaľ nie je úplne objasnený, ale štúdie na *in vitro* a *in vivo* úrovni dokazujú, že ich účinok závisí od ich viskozity, molekulárnej štruktúry a hmotnosti, stupňa vetvenia, prítomnosti sprievodných látok a konformačných vlastností<sup>42,43</sup>.

Viaceré klinické štúdie sú zamerané na antidiabetické vlastnosti  $\beta$ -glukánov. Bol popísaný výrazný vplyv zvýšenej konzumácie cereálií a extrudovaných cereálií bohatých na tieto látky na redukciiu postprandiálnej plazmatickej glukózy a inzulínu u zdravých kontrol ako aj u pacientov s diabetom 2. typu<sup>44,45</sup>.

Mnohé štúdie posudzujú aj vplyv  $\beta$ -glukánov na hladiny sérových lipidov. Anderson a spol. vo svojej práci popisuje  $\beta$ -glukány ako bioaktívne zložky ovsu, ktoré sú zodpovedné za znižovanie hladiny serového cholesterolu. Rovnako ďalší autori popísali potenciálne cholesterolznižujúce účinky pri zvýšenej konzumácii ovsených otrúb u hypercholesteroleminických pacientov<sup>46,47</sup>. Organizácia the Food and Drug Administration v r. 1997 vydala vyhlásenie, že výživa s nízkym obsahom nasýtených lipidov a cholesterolu zahrňujúca rozpustnú vláknu celozrnného ovsu „môže“ alebo „by mohla“ redukovať riziko vzniku srdcových ochorení. FDA rovnako vyhlásila, že štatisticky významný fyziologický účinok poskytne dávka 3 g  $\beta$ -glukánov/deň (cit.<sup>48</sup>).

### 3.3. Rezistentný škrob

Rezistentný škrob možno definovať ako škrob alebo degradačné produkty škrobu, ktoré nie sú stráviteľné enzýmami v tenkom čreve. Rezistentné škroby sa členia na 4 subfrakcie: fyzikálne rezistentný škrob (RS1), natívne škrobové granule (RS2), retrogradovaný škrob (RS3) a chemicky modifikovaný škrob (RS4). RS1 sú rezistentné, nakoľko sú vo fyzikálne neprístupnej forme, v čiastočne rozomletých cereálnych zrnách. Chemicky ich možno sta-

noviť ako rozdiel medzi obsahom glukózy uvoľnenej pri enzymatickom štiepení zhomogenizovanej vzorky obilniny a nezhomogenizovanej vzorky. RS1 je tepelne stabilný pri podmienkach klasického varenia. RS2 predstavuje škroby, ktoré majú formu granúl a sú rezistentné voči enzymatickej hydrolýze. V surových škrobových zrnách je škrob relatívne dehydrovaný a má pomerne kompaktnú štruktúru. Táto kompaktná štruktúra limituje dostupnosť tráviacich enzýmov (amyláz) a je zodpovedná za rezistenciu RS2 škrobov a neschopnosť želatinizácie. RS3 reprezentuje najviac rezistentnú škrobovú frakciu, je to najviac retrogradovaná frakcia počas varenia želatinizovaného škrobu. RS3 frakcia je odolná voči vareniu a úplne odolná voči pôsobeniu pankreatických amyláz. Chemicky modifikované škroby (RS4) sú škroby s väzbami inými ako  $\alpha$ -(1–4) alebo  $\alpha$ -(1–6) (cit. <sup>28,49,50</sup>).

Rezistentné škroby vykazujú celú škálu zdravotných benefitov. Prispieva k nim aj produkcia krátkoreťazcových mastných kyselín mikroflórou hrubého čreva, ktoré dokážu fermentačným procesom rozložiť sacharidy nestráviteľné v predchádzajúcich častiach gastrointestinálneho traktu. Produkciou týchto kyselín dochádza k znižovaniu hodnoty pH v čreve, čím sú vytvárané podmienky zamedzujúce rastu a pomnoženiu potenciálne patogénnych baktérií. Prítomnosť krátkoreťazcových kyselín podporuje vytváranie zdravého prostredia čreva a znižuje tak aj riziko vzniku kolorektálnych karcinogénnych ochorení<sup>15</sup>.

Rezistentné škroby pozitívne ovplyvňujú funkciu tráviaceho traktu, črevnú mikroflóru, a takisto pomáhajú pri regulácii hladiny cholesterolu v krvi, pri kontrole obezity a ďalších ochorení súvisiacich s výživou<sup>39,67</sup>.

### 3.4. Fytochemikálie cereálií

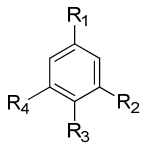
Fytochemikálie sú bioaktívne zlúčeniny obsiahnuté v rastlinách, ktoré nemajú žiadnu energetickú hodnotu a neradia sa ani medzi základné živiny. Vyznačujú sa však

mnohými zdraviu prospešnými vlastnosťami. Tieto zlúčeniny sú produkované rastlinami väčšinou na ich ochranu proti škodcom, chorobám, na reguláciu rastu, alebo ako pigmenty, esencie a arómy<sup>51</sup>. V súčasnosti je známe obrovské množstvo fytochemikálií, z ktorých najpočetnejšie skupiny tvoria flavonoidy, glukozinoláty (izotiokyanáty a indoly), fenolové kyseliny, fytáty, fytoestrogény (izoflavóny a lignany), tuky a oleje obsiahnuté v zelenine, ovocí, obilninách, strukovinách a iných rastlinných zdrojoch<sup>52</sup>. Mnohé z týchto látok, ktoré sú obsiahnuté v ľudskej strave, sa vyznačujú antimutagénymi, antikarcinogénymi, antioxidantnými a protizápalovými účinkami. Okrem týchto pozitívnych efektov boli preukázané aj ďalšie, a to antiobezitné, cholesterol znižujúce a antidiabetické vlastnosti<sup>53</sup>.

Veľkú skupinu fytochemikálií cereálií predstavujú *polyfenolové zlúčeniny*. Tieto zlúčeniny rastlinného pôvodu sa nachádzajú väčšinou vo forme monomérov so sacharidmi. Vyskytujú sa teda vo forme glykozidov, kde cukrovú zložku tvoria jednoduché sacharidy, disacharidy resp. oligosacharidy. Rastlinné fenolové zlúčeniny sa delia na jednoduché fenoly (monomérne monohydroxy- až polyhydroxyfenolové zlúčeniny), rastlinné triesloviny, t.j. taníny a ligníny<sup>54</sup>. Najčastejšie sa fenolové zlúčeniny vyskytujú vo forme fenolových kyselín a flavonoidov. Fenolové kyseliny sa delia na dve skupiny, sú to deriváty kyseliny hydroxybenzoovej a hydroxyškoricovej. K derivátom kyseliny hydroxybenzoovej patrí kyselina *p*-hydroxybenzoová, vanilínová a kyselina galová. K derivátom kyseliny hydroxyškoricovej patrí kyselina *p*-kumarová, ferulová a kávová<sup>55</sup>. Základnú štruktúru fenolových kyselín sumarizuje tab. III.

Polyfenolové zlúčeniny sa nachádzajú predovšetkým v otrubách obilnín, v strukovinách, v ovocí (jahody, jablká, greppruit), v červenom víne, v čokoláde. Prijem týchto zlúčenín sa významne spája s nižším rizikom kardiovaskulárnych ochorení<sup>57</sup>.

Tabuľka III  
Chemická štruktúra fenolových kyselín<sup>56</sup>

Fenolová kyselina	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
				
Protocatechová	COOH	OH	OH	H
Vanilová	COOH	OCH <sub>3</sub>	OH	H
Syringová	COOH	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>
Galová	COOH	OH	OH	OH
<i>p</i> -kumarová	(CH) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	H	OH	H
Kávová	(CH) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	OH	OH	H
Ferulová	(CH) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	OCH <sub>3</sub>	OH	H
Škoricová	(CH) <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>

Polyfenolové zlúčeniny zohrávajú dôležitú úlohu pri zmene biochemických a hematologických vlastností v ľudskom organizme. Znižujú hladinu cholesterolu a triacylglycerolov v krvi, a tým pôsobia preventívne proti kardiovaskulárnym ochoreniam<sup>58</sup>. Fenolové zlúčeniny všeobecne zabraňujú *in vitro* oxidácii lipoproteínových častíc s nízkou hustotou a chránia tak organizmus pred aterogénozou<sup>59</sup>. Polyfenoly sa vo všeobecnosti vyznačujú najvyššou antioxidačnou aktivitou spomedzi všetkých prírodných antioxidantov. Pozitívne vplyvajú na integritu bunkovej membrány erytrocytov, teda normálnu tekutosť krvi a tým redukujú riziko mŕtvice. Mnohé štúdie polyfenolov tiež poukazujú na ich antikarcinogénne, antimutagénne a antifungálne vlastnosti<sup>60</sup>.

Polyfenolové zlúčeniny majú schopnosť potláčať oxidáciu LDL. Oxidovaný LDL je hlavnou zložkou aterogénnych povlakov. Tvorba aterogénnych plakov v cievnych stenách vyúsťuje do kardiovaskulárných ochorení (CVD). Tento proces je v podstate zápalový a je indukovaný zápalovými cytokínmi TNF- $\alpha$  a IL-6. Chronická fáza kardiovaskulárných ochorení (tvorba aterogénnych plakov) môže vyústiť v akútnu fázu, teda trombotickú aktivitu (tvorba zrazenín) v miestach poškodenia ciev. CVD sú príkladom nežiadúceho zápalového procesu v organizme. Polyfenolové zlúčeniny sú účinnými prostriedkami v regulácii nežiadúcich zápalových aspektov vzniku CVD. Polyfenoly dokážu znižovať krvný tlak. Angiotenzín je oligopeptid v krvi, ktorý spôsobuje vazokonstrikciu a zvyšuje krvný tlak. Vzniká z prekursoru angiotenzinogénu účinkom špecifických enzýmov (angiotenzínkonvertujúcich enzýmov). Angiotenzín reguluje krvný tlak prostredníctvom renín-angiotenzínového systému. Niektoré nízkomolekulové prokynidíny majú schopnosť inhibovať aktivitu vyššie spomínaných špecifických enzýmov. Týmto spôsobom môžu polyfenoly vplyvať na znižovanie krvného tlaku. Zvýšená suplementácia kvercetínom pri experimentoch na zvieratách spôsobila zníženie krvného tlaku, normalizáciu koncentrácie glutatiónu, glutatiónperoxidázy a NO (cit.<sup>61</sup>).

Flavonoidy sú dôležité sekundárne metabolity rastlín, ktoré sú najčastejšou skupinou polyfenolov v ľudskej strave. Ich základnú štruktúru tvorí (C6-C3-C6) difenylpropán, najčastejšie sa vyskytujú vo väzbe so sacharidmi, teda tvoria glykozidy. Rôzne počty a polohy substituentov na kruhu C podmieňujú rozdelenie flavonoidov do tried (flavonoly, flavóny, flavany, flavanoly resp. katechíny, izoflavony, flavanonoly a antokyanidíny)<sup>62</sup>.

Tieto významné fytochemikálie vykazujú protizápalové, antioxidačné, hepatoprotektívne, antitrombotické, antikarcinogénne a ďalšie biologické účinky. Mnohé klinické štúdie popisujú pozitívne účinky flavonoidov pri prevencii, liečbe a zmiernení ochorení. Nedávne štúdie sa tiež zameriavajú konkrétne na úlohu flavonoidov v prevencii metabolického syndrómu a jeho hlavných tripartitných prispievateľov, t.j. diabetu, obezity a hypertenzie. Ukázalo sa, že pôsobia aj preventívne proti ateroskleróze, rakovine, artritíde a spomaľujú proces starnutia<sup>62</sup>.

Fytosteroly sú štrukturálne podobné cholesterolu, líšia

sa len v bočných reťazcoch metylovými a etylovými skupinami<sup>33</sup>. Patria medzi triterpény, obsahujú tetracyklický kruh a postranný reťazec je viazaný na uhlík 17. Na základe prítomnosti resp. neprítomnosti dvojitej väzby na uhlíku 5 sa delia na steroly a stanoly. Vyskytujú sa vo voľnej alebo esterifikovanej forme<sup>63</sup>. Medzi najznámejšie fytosteroly zaraďujeme kampesterol, sitosterol a stigmasterol. Vyznačujú sa širokou škálou biologických účinkov. Majú protizápalové, antikarcinogénne, antioxidačné vlastnosti a schopnosť znižovať hladinu LDL aj celkového cholesterolu v krvi, inhibujú absorpciu cholesterolu z črevného lumenu<sup>55,64</sup>. Ďalší známy fytosterol je sitostanol. Je to úplne nasýtený rastlinný sterol, ktorý pôsobí ako inhibítor absorpcie cholesterolu v čreve. Považuje sa za najefektívnejší v redukcii množstva plazmatického cholesterolu zo všetkých fytosterolov<sup>65</sup>.

Sú tiež prekuzormi steroidných hormónov. Ich schopnosť znižovať hladinu cholesterolu v krvi nesúvisí iba s inhibíciou absorpcie cholesterolu v tenkom čreve, ale aj s ich schopnosťou ovplyvniť metabolizmus cholesterolu v pečeni a v čreve<sup>66</sup>.

#### 4. Záver

Cereálie predstavujú bohatý zdroj zdraviu prospešných substancií. Funkčné zložky cereálií, ku ktorým patria vitamíny, minerálne a antioxidačne aktívne zlúčeniny, vláknina,  $\beta$ -glukány a v neposlednom rade rezistentné škroby sú objektom záujmu mnohých štúdií odborníkov v oblasti cereálnej chémie, výživy, diabetológie a iných príbuzných odborov. Výsledky týchto štúdií poukazujú na výrazne pozitívny fyziologický účinok menovaných zložiek cereálií. U viacerých zložiek bol preukázaný zdraviu prospešný efekt, ktorý súvisel predovšetkým so znižovaním rizika rozvoja kardiovaskulárných ochorení, diabetu 2. typu, obezity či karcinogénnych ochorení. Mechanizmy účinku nie sú však v niektorých prípadoch úplne objasnené. Odporúčania svetových zdravotníckych, výživarských, diabetologických organizácií smerujú k zvýšeniu konzumácie predovšetkým celozrnných cereálií. Pozorujeme aj zvýšený záujem o vývoj a produkciu nových funkčných potravín na cereálnej báze tak ako vo vedeckej oblasti, čoraz viac aj komerčnej sfére. Tento trend zvýšeného záujmu o cereálie a ich funkčné zložky môžeme hodnotiť ako veľmi pozitívny z hľadiska výživy a ľudského zdravia.

#### LITERATÚRA

- Gajdošová A., Šturdík E.: *Nova Biotechnol.* 2004, 133.
- Fletcher R. J. (ed.): *Encyclopedia of Grain science*, str. 4878, 2. vyd. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
- Prado F. C., Parada J. L., Pandey A., Soccol C. R.: *Food. Res. Internat.* 41, 111 (2008).
- Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S. S., Webb C.: *Int. J. Food. Microbiol.* 79, 131 (2002).

5. Wrigley C. (ed.): *Encyclopedia of Grain science*, str. 187, 2. vyd. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
6. Holubková A.: *Projekt dizertačnej práce*. Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Bratislava 2012.
7. De Moura F. F.: *Whole grain intake and cardiovascular disease and whole grain intake and diabetes*. Life Sciences Research Office, Maryland 2008.
8. Kamal-Eldin A., Laerke H. N., Knudsen K. E. B., Lampi A. M., Pironen V., Katina K., Poutanen K.: *Food Nutr. Res.* 53, 1 (2009).
9. Lang R., Jebb S. A.: *Encyclopedia of Human Nutrition*, str. 427, 2. vyd. Elsevier Academic Press, Oxford 2005.
10. Corke H. (ed.): *Encyclopedia of Grain science*, str. 30. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
11. Evers T., Millart S.: *J. Cereal Sci.* 36, 261 (2002).
12. Welch R. W.: *Encyclopedia of Human Nutrition*, str. 346, 2. vyd. Elsevier Academic Press, Oxford 2005.
13. Jacobs D. R., Gallaher D. D.: *Curr. Sci.* 6, 415 (2004).
14. Rivera-Espinoza Y., Gallardo-Navaro Y.: *Food Microbiol.* 27, 1 (2010).
15. Topping D.: *J. Cereal. Sci.* 46, 220 (2007).
16. Vitaglione P., Napolitano A., Fogliano V.: *Trends Food Sci. Technol.* 19, 451 (2008).
17. Cui S. W., Wang Q.: *Struct. Chem.* 20, 291 (2009).
18. Michálik I., Gálová Z.: *Výživa a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*, str. 67. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra 2006.
19. Kocková M., Valík E.: *Potravinárstvo* 5, 27 (2011).
20. Šramková Z., Gregová E., Šturdík E.: *Acta Chimica Slovaca* 2, 115 (2009).
21. Day L.: *Encyclopedia of Grain science*, str. 157. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
22. Becker R.: *Fatty Acids in Food and their Health Implications*, str. 303. CRC Press, Seattle 2006.
23. Cordain L.: *World Rev. Nutr. Diet.* 84, 19 (1999).
24. Asp E.: *Encyclopedia of Grain science*, str. 340. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
25. Mullerová D.: *Klinická diabetologie*, str. 27. Grada, Praha 2008.
26. Liebendzinska A., Szefer P.: *Food Chem.* 95, 116 (2006).
27. Asp E.: *Encyclopedia of Grain science*, str. 354. Elsevier Academic Press, Oxford 2004.
28. Mudgil D., Barak S.: *Int. J. Biol. Macromol.* 61, 1 (2013).
29. Marlett J. A., MCBurney M. I., Slavin J. L.: *J. Am. Diet. Assoc.* 102, 993 (2002).
30. Liu S., Willet W. C., Manson J. E., Hu F. B., Rosner B., Colditz G.: *Am. J. Clin. Nutr.* 78, 920 (2003).
31. Rodriguez R., Jiménez A.: *Trends Food Sci. Technol.* 17, 3 (2006).
32. Banerjee P. K., Rimm E. B.: *Proc. Nutr. Soc.* 62, 25 (2003).
33. Slavin J. L.: *J. Am. Diet. Assoc.* 101, 780 (2001).
34. Johnson I. T.: *Encyclopedia of Human Nutrition*, str. 572, 2. vyd. Elsevier Academic Press, Oxford 2005.
35. Denis L.: *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 17, 1 (2007).
36. Topping D. L., Cobiac L.: *Encyclopedia of Human Nutrition*, str. 578, Elsevier Academic Press, Oxford 2005.
37. Dashti B., Al-Awadi F., Khalafawi M. S.: *Food Chem.* 83, 557 (2003).
38. Wood B. J. B. (ed.): *The Lactic Acid Bacteria in Health and Disease*, str. 151, Elsevier Applied Science, London 1992.
39. Rakická M., Šturdík E., Marko A.: *Acta Chimica Slovaca* 6, 256 (2013).
40. Havrlentová M., Kraic J.: *J. Food Res. Nutr.* 45, 97 (2006).
41. Ullmius M., Adapa S., Onning G., Nilsson L.: *Food Chem.* 130, 536 (2012).
42. Ostman E. E., Larsson R. H., Brighenti F., Bjojck I.: *J. Cereal Sci.* 43, 230 (2006).
43. Wood J. P.: *Carbohydr. Polym.* 25, 331 (1994).
44. Tappy L., Gugolz E., Wursch P.: *Diabetes Care* 19, 831 (1996).
45. Cavallero A., Empilli S., Brighenti F.: *J. Cereal. Sci.* 36, 59 (2002).
46. Anderson J. W., Spencer D. B., Hamilton C. C. Smith S. F., Tietyen J., Bryant C. A., Oeltgen.: *Am. J. Clin. Nutr.* 52, 495 (1990).
47. Wood P. J., Weisz J., fedec P., Burrows V. B.: *Cereal Chem.* 66, 97 (1989).
48. FDA : 21 CFR Part 101. Food labeling, health claims: soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease. *Federal Register.* 62, str. 3584 (1997).
49. Englyst H. N., Kingman J. H., Cummings.: *Eur. J. Clin. Nutr.* 46, 33 (1992).
50. Salijata M. G., Singhal R. S., Kulkarni P. R.: *Compr. Rev. Food Sci.* 5, 1 (2006).
51. Perez-Vizcaino F., Duarte J., Andriantshitohaina R.: *Free Radical Res.* 40, 1054 (2006).
52. Surh Y. J.: *Food Chem. Tox.* 40, 1091 (2002).
53. Surh Y. J., Chun K. S., Cha H. H.: *Mutat. Res.* 48, 243 (2001).
54. Vollmannová A., Tomáš J., Tóth T.: *Výživa a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*, str. 41, Slovenské poľnohospodárska univerzita, Nitra 2006.
55. Liu R. H.: *J. Cereal. Sci.* 46, 207 (2007).
56. Naczki M., Shadiky F.: *J. Chromatogr. A* 1054, 95 (2004).
57. Basu A., Fu D. X., Wilkinson M., Simmons B., Wu M., Betts N. M., Du M., Lyons T. J.: *Nutr. Res.* 30, 462 (2010).
58. Gnanamani A., Sudha M., Deepa G.: *Chemosphere* 72, 1321 (2008).
59. Moure A., Cruz J. M., Franco D., Domingues J. M., Sineiro J., Domingues H., Nunes M. J., Parajó J. C.: *Food Chem.* 72, 145 (2001).
60. Awika J. M., Rooney L. W.: *Phytochemistry* 65, 1199 (2004).
61. Stevenson D. E., Hurst R. D.: *Cell. Mol. Life Sci.* 64,

- 2900 (2007).
62. Prasain J. K., Carlson S. H., Wyss J. M.: *Maturitas* 66, 163 (2010).
63. Marangoni F., Poli A.: *Pharmacol. Res.* 61, 193 (2010).
64. Ryan E., Galvin K., O'Connor T. P., Maguire A. R., O'Brien N. M.: *Plant Foods Hum. Nutr.* 62, 85 (2007).
65. Krys-Etherton P. M., Hecker K. D., Bonanone A., Coval S. M., Binkoski A. E., Hilpert K. F., Griel A. E., Etherton T. D.: *Am. J. Med.* 113, 71 (2002).
66. Moghadasian M. H., Frohlich J. J.: *Am. J. Med.* 107, 588 (1999).
67. E. Šárka, P. Smrčková, L. Seilerová: *Chem. Listy* 107, 929 (2013).

**A. Marko, M. Rakická, and E. Šturdík**  
*(Department of Nutrition and Food Analysis, Slovak Technical University, Bratislava): Cereal Functional Components in the Prevention of Lifestyle Diseases*

Many studies observed that increased consumption of cereal grains is associated with a reduced incidence of lifestyle diseases. Cereals are a rich source of functional compounds including dietary fibers,  $\beta$ -glucans, resistant starches, vitamins, minerals and other bioactive phytochemicals, therefore they are suitable and increasingly used raw materials for production of functional foods.

**UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ**  
**Fakulta logistiky a krizového řízení**

pořádá  
 vědeckou odbornou konferenci  
 k 100. výročí použití chemických zbraní  
 na téma

**HISTORIE**  
**A SOUČASNOST CHEMICKÝCH**  
**ZBRANÍ**



**20. a 21. květen 2015**  
**UHERSKÉ HRADIŠTĚ**

další informace budou  
 k dispozici na webové  
 stránce fakulty  
[www.utb.cz/flkr](http://www.utb.cz/flkr)