

POTENTIAL OF CEREALS AND PSEUDOCEREALS FOR LACTIC ACID FERMENTATIONS

Monika Kocková, Lubomír Valík

ABSTRACT

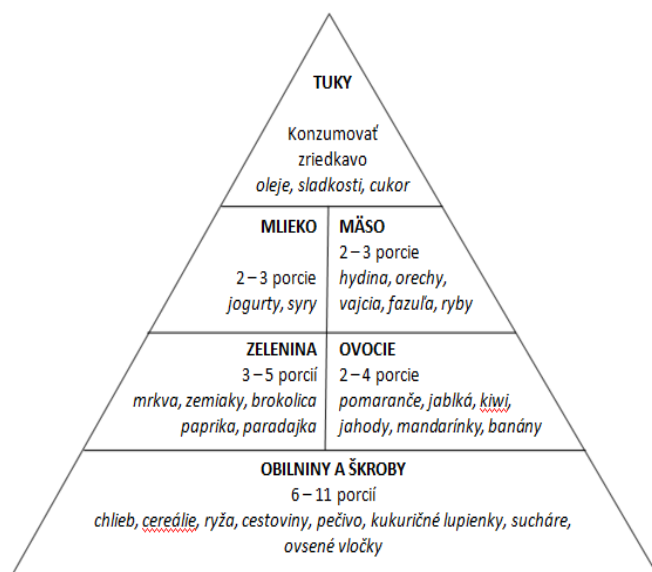
Cereals and pseudocereals has a significant role in human nutrition. They are source of specific carbohydrates, proteins, lipids, fibre and wide spectrum of vitamins and minerals. Moreover, pseudocereals have a higher content of essential amino acids, e.g. lysine and tryptophan. Cereals and pseudocereals may also contain some antinutrition factors, such as phytic acid, polyphenols, trypsin inhibitors and inhibitors of α -amylase. These are responsible for reducing of protein and carbohydrate digestibility and decreasing accessibility of minerals due to complex formation. This review assesses the applications of cereals and pseudocereals in fermentation technology including the effects of lactic acid bacteria on nutrition, sensory quality and shelf-life. This work is focusing also on fermentation process of cereal matrice leading in degradation of antinutritional factors increase of nutritional value and availability of minerals, proteins and carbohydrates. Lactic acid bacteria produce many aromatic compounds that are beneficial to organoleptic attributes of the products. However, a few questions have been not answered in experiments, yet. For example, is there any space for evaluation of their suitability to act as carriers of probiotics? Could such the attempts lead in development some special formulae suitable for consumers with food allergies or deficiencies?

Keywords: cereal, pseudocereal, lactic acid bacteria, probiotic bacteria, fermentation

ÚVOD

Prevažnú časť ľudskej stravy historicky tvorili potraviny rastlinného pôvodu. Najdôležitejšou a základnou potravinou, ktorá je v prirodzenom stave zdrojom sacharidov, ale dodáva nám aj vysokohodnotné proteíny, vitamíny, minerálne látky i dôležitú vlákninu, sú aj v súčasnosti. Ich pravidelnou konzumáciou je možné prispieť k zníženiu rizika takých civilizačných ochorení, ako napríklad, kardiovaskulárnych, príp. rakoviny hrubého čreva alebo zmiernovať priebeh a dôsledky *diabetes melitus* (Fletcher, 2004).

Nutričná hodnota akýchkoľvek plodín je daná kvalitou a kvantitou proteínov, škrobu a lipidov prítomných v tkanivách zŕn (embryo, endosperm, osemenie). Zloženie zŕn je ovplyvnené podmienkami rastu, spôsobom uskladnenia a spracovania a obsahom antinutričných faktorov.



Obrázok 1 Potravínová pyramída zdravej výživy (prevzaté z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:USDA_Food_Pyramid.gif)

Cereálie a pseudocereálie a výrobky z nich tvoria základ potravinovej pyramídy (Obrázok 1). V rámci konceptu zdravej výživy sú v nej podľa vlastností, rôznosti obsahu živín, a tým aj podľa odporúčanej frekvencie konzumácie rozdelené zložky potravy do príslušných skupín (USDA, 2000).

V ostatnom období sa objavili aj ďalšie koncepty optimálneho zloženia ľudskej potravy. Americký národný inštitút srdca, pľúc a krvi (The US National Heart, Lung, and Blood Institute) vyšiel s novým konceptom rozdelenia potravín s rôznou energetickou hodnotou zameraným na ich lepšiu rozlíšiteľnosť deťmi. Potraviny sú rozdelené do troch skupín („Go“, „Slow“ a „Whoa“) na základe obsahu tuku, prídavných cukrov a kalorickej hodnoty. Potravinová a nutričná databáza diétnych štúdií (Food and Nutriene Database for Dietary Studies) rozdelila potraviny podľa 9 odporúčaných nutričov (vláknina, vitamíny A, C a E, vápnik, železo, horčík, draslík) a troch, ktorých príjem by mal byť obmedzený (nasýtené tuky, prídavné cukry a sodík). Z cereálnych potravín podľa týchto kritérií boli do skupiny „Go“ (môžu byť konzumované takmer kedykoľvek) zaradené celozrnný chlieb, celozrnné cestoviny, hnedá ryža a nesladené celozrnné raňajkové cereálie. Do skupiny „Slow“ patrí, napríklad, biely chlieb, ryža a cestoviny, francúzsky toast, kukuričný chlieb, sušienky a palacinky. Do kategórie „Whoa“ boli zaradené croassanty, muffiny, šišky, sladké pečivo, sušienky s obsahom trans-nenasýtených mastných kyselín a sladené raňajkové cereálie (US Department of Health and Human Services, National Heart Lung and Blood Institute; Drewnowski, Fulgoni, 2011).

Svetová produkcia všetkých cereálií predstavuje priemerne 2 miliardy ton ročne, čo reprezentuje približne 700 g cereálií na osobu a deň. Z ekonomického hľadiska sú najdôležitejšími obilninami pšenica, jačmeň, ovos, raž, ryža, kukurica, cirok a proso (Wrigley, 2004).

Produkcia pseudocereálií je nižšia, a to asi 485 miliónov ton ročne. Ich konzumácia je nedostatočná,

spotrebiteľskou verejnosťou podceňovaná. Amaranť, pohánka a mrlík sú najznámejšími pseudocereáliami.

CHEMICKÉ ZLOŽENIE CEREÁLIÍ A PSEUDOCEREÁLIÍ NUTRIČNÉ ZLOŽKY

Cereálie a pseudocereálie sú zdrojom makroživín – sacharidy, proteíny, lipidy a mikroživín – vitamíny a minerálne prvky. Priemerné zloženie zŕn vybraných cereálií a pseudocereálií je zhrnuté v tabuľke 1.

Sacharidy sú kvantitatívne najdôležitejšou zložkou týchto plodín, tvoria dve tretiny až tri štvrtiny sušiny. Sú klasifikované na základe ich chemickej štruktúry a stráviteľnosti. Z monosacharidov sú v zrnách najčastejšie zastúpené hexózy (fruktóza, glukóza a galaktóza) a pentózy (arabínóza a xylóza). Sacharóza a maltóza sú bežne sa vyskytujúce disacharidy cereálnych zŕn. Polysacharidy sú polyméry pozostávajúce z viac ako 20 monosacharidových jednotiek. V zrnách sa vyskytujú najmä škrob, celulóza a xylány (Navhrus, Sorghaug, 2006; Chibbar et al., 2004).

Celkový obsah mono-, di- a oligosacharidov v cereáliách a pseudoceráliách varíruje od 1 do 3 % (Chibbar et al., 2004). Najviac zastúpeným sacharidom v zrnách je škrob. Skladá sa z amylopektínu a amylozy. Ich pomer je závislý od druhu obilniny a jej odrody. Cereálie a pseudocereálie ďalej obsahujú malé množstvá rozpustných cukrov (glukóza, fruktóza, sacharóza, maltóza). Obalové vrstvy zŕn

sú bohatým zdrojom vlákniny, najmä nerozpustnej (celulóza, nerozpustná hemicelulóza). Dobrým zdrojom rozpustnej vlákniny (pentózany, β -glukány a rozpustná hemicelulóza) sú najmä ovos, jačmeň a raž (Topping, 2007). Mnohé z poly- alebo oligo-sacharidov vykazujú prebiotické vlastnosti.

Cereálie v ľudskej výžive patria tiež k hlavným zdrojom proteínov. Prijímame ich nielen priamo vo forme rôznych cereálnych výrobkov, ale niektorí autori k tomu priradujú aj ich nepriamu úlohu pri získavaní ostatných potravín živočíšneho pôvodu (Bekes, Wrigley, 2004).

Kvalita proteínov je daná zložením aminokyselín (podielom esenciálnych aminokyselín) a ich stráviteľnosťou. Cereálne proteíny sú dobrým zdrojom väčšiny esenciálnych aminokyselín (tabuľka 2), okrem lyzínu a tryptofánu, ktorých obsah je v cereáliách nižší v porovnaní so živočíšnymi proteínmi. Proteínové zloženie jednotlivých cereálií a pseudocerálií je rozdielne, pričom

odráža taxonomickú príbuznosť medzi nimi (Serna Saldívar, 2003; Bekes, Wrigley, 2004).

Obsah proteínov v pseudocereáliách je všeobecne vyšší v porovnaní s cereálnymi zrnami, s dobre vyváženým obsahom aminokyselín (tabuľka 2) a vyšším obsahom esenciálnych aminokyselín, najmä lyzínu. Navyše, dostupnosť proteínov v pseudoobilninách je vyššia (Alvarez-Jubete et al., 2010).

Niektoré obilniny obsahujú celiakálne aktívne polypeptidy, ktoré u citlivých jedincov vyvolávajú alergické reakcie. Ide o bielkoviny s molekulovou hmotnosťou 5 - 100 kDa, vyznačujú sa nízkou stráviteľnosťou a nízkym zastúpením esenciálnych aminokyselín. Celiakálne aktívne zložky sa nachádzajú v prolaminovej frakcii. Ak sa obsah prolaminových bielkovín pohybuje v množstve 4-8 %, príslušné produkty je možné považovať za vhodné pre diету pri celiakii (Michalík et al., 2006). Obsah prolaminov v troch druhoch cereálií a v piatich druhoch pseudocereálií a v strukovine analyzovali Gálová et al. (2011). Autori potvrdili, že amarant, pohánka, proso a cicer požiadavkám pre výrobu bezlepkových potravín vyhovovali, nakoľko obsah prolaminov v nich bol nižší ako 5 %. Podobne všetky testované pseudocereálie splnili ďalšie kritérium, obsah gluténu < 200 mg.kg⁻¹ (Výnos MP SR z roku 2004). Prirodzene pšenica, raž a jačmeň tomuto kritériu nemohli vyhovieť. (Pozn.: vo Výnose MP SR 16826/2007-OL z roku 2007, ktorý nahradil Výnos 608/2/2004, sa kritérium na obsah gluténu nenachádza). Podľa Nariadenia Komisie ES 41/2009 sa však za bezgluténové potraviny môžu označovať iba také, v ktorých je obsah gluténu 10-krát prísnejší, nižší ako 20 mg.kg⁻¹.

Stráviteľnosť proteínov sa pohybuje v rozmedzí od 80 do 90 % a zvyšuje sa mletím, lúpaním, fermentáciou a klíčením. Nižšia stráviteľnosť proteínov cereálií a pseudocerálií v porovnaní so živočíšnymi proteínmi je zapríčinená kyselinou fytoovou, tanínmi a polyfenolmi, ktoré viažu proteíny do nerozpustných komplexov (Charalampopoulos, 2002; Serna Saldívar, 2003).

Lipidy sú minoritnou zložkou cereálnych zŕn, sú však bohaté na esenciálne mastné kyseliny a neobsahujú takmer žiadne nasýtené mastné kyseliny. Obilniny obsahujú stopové množstvá fytoosterolov, bez prítomnosti cholesterolu (Serna Saldívar, 2003).

Najviac lipidov je obsiahnutých v klíčku. Pšenica, jačmeň, ryža, raž a cirok majú nižší obsah lipidov ako ostatné obilné plodiny. Všetky cereálne zrná majú vyšší obsah nepolárnych ako polárnych lipidov (Day, 2004).

Tabuľka 1 Priemerné zloženie vybraných cereálií a pseudocereálií (v g/100g zrna) (Valencia-Chamorro, 2004; Taylor, 2004; Cai et al., 2004a; Cai et al., 2004b)

	Proteíny	Lipidy	Vláknina	Popol	Sacharidy
Pšenica (lat. <i>Triticum</i>)	14,3	2,3	2,8	2,2	78,4
Raž (lat. <i>Secale</i>)	13,4	1,8	2,6	2,1	80,1
Jačmeň (lat. <i>Hordeum</i>)	10,8	1,9	4,4	2,2	80,7
Proso (lat. <i>Panicum</i>)	14,5	5,1	8,5	2,0	71,6
Ovos (lat. <i>Avena</i>)	11,6	5,2	10,4	2,9	69,8
Amarant (lat. <i>Amaranthus</i>)	16,6	7,2	4,1	3,3	59,2
Pohánka (lat. <i>Fagopyrum</i>)	12,3	2,3	10,1	2,3	66,0
Mrlík (lat. <i>Chenopodium</i>)	16,5	6,3	3,8	3,8	69

Tabuľka 2 Obsah esenciálnych aminokyselín vo vybraných cereáliách a pseudocereáliách (Serna Saldívar, 2003; Cai et al., 2004a; Cai et al., 2004b; Valencia-Chamorro, 2003)

Aminokyselina (g/100g proteínov)	Pšenica	Raž	Jačmeň	Proso	Ovos	Amarant	Pohánka ^a	Mrlík
Fenylalanín	4,6	5	5,2	5,2	5,4	4,5	0,57	6,9 ^b
Histidín	2	2,4	2,1	2,2	2,4	-	0,26	3,2
Izoleucín	3	3,7	3,6	4,4	4,2	4,1	0,46	4,9
Leucín	6,3	6,4	6,6	11	7,5	6,3	0,77	6,6
Lyzín	2,3	3,5	3,5	2,9	4,2	6,4	0,66	6,0
Metionín	1,2	1,6	2,2	2	2,3	3,3	0,17	5,3 ^c
Treonín	2,4	3,1	3,2	3,9	3,3	4,3	0,44	3,7
Tryptofán	1,5	0,8	1,5	2,3	-	4,0	0,12	0,9
Valín	3,6	4,9	5	5,7	5,8	4,7	0,58	4,5

a – vyjadrené v %/sušinu

b – fenylalanín + tyrozín

c – metionín + cysteín

Tabuľka 3 Priemerné zloženie minerálnych prvkov a vitamínov skupiny B vybraných cereálií a pseudocereálií (mg/100g zrna, vitamín B9 v µg/100g zrna) (Schakel, S.F. et al., 2004)

Plodina	K	Na	Ca	Fe	P	Zn	Cu	Mg	B1	B2	B3	B9	B5	B6
Jačmeň	280	9	29	2,51	220	2,13	0,42	80	0,19	0,11	4,60	22	0,28	0,26
Proso	196	4	9	3,00	284	1,69	0,76	113	0,42	0,29	4,72	84	0,85	0,38
Ovos	502	4	51	4,80	653	2,76	0,36	209	1,04	0,20	0,83	47	1,32	0,14
Raž	264	7	33	2,67	373	3,73	0,44	120	0,32	0,25	4,27	60	1,46	0,29
Cirok	351	7	29	4,40	287	1,40	0,64	131	0,24	0,14	2,93	84	1,25	0,17
Pšenica	431	2	31	4,56	356	3,33	0,36	93	0,39	0,11	4,38	38	0,95	0,37
Pohánka	284	9	16	2,20	284	2,16	0,56	196	0,20	0,24	4,57	38	1,09	0,31
Amarant	367	20	153	7,60	456	3,18	0,78	267	0,08	0,21	1,29	49	1,05	0,22
Mrlík	740	20	60	9,24	411	3,31	0,82	211	0,20	0,40	2,93	49	1,05	0,22

Lipidy pseudocerálií sú charakteristické vysokým obsahom nenasýtených mastných kyselín, najmä kyseliny linolovej (približne 50 % zo všetkých mastných kyselín v amarante a 35 % v pohánke) (Alvarez-Jubete et al., 2010; Bonafaccia et al., 2003).

Perikarb, klíček a aleurónová vrstva cereálnych zŕn sú bohaté na vitamíny a minerálne látky. Všeobecne môžeme obilniny považovať za zdroj vitamínov skupiny B. V obalových vrstvách sa vyskytujú najmä vitamíny B₁, B₂ a B₆. Pšenica a jačmeň obsahujú aj vyššie množstvá kyseliny nikotínovej a nikotiamidu. V klíčkoch sa v značnom množstve vyskytuje aj vitamín E. Minerálne látky sa súhrnne označujú ako popol, anorganický zvyšok po spálení rastlinného materiálu. Obsah popola v celých zrnách sa pohybuje v rozmedzí od 1,25 do 2,5 %. Celé zrná poskytujú minerálne ako vápnik, draslík, horčík, železo, zinok, meď, fosfor, ktorých obsah sa však znižuje lúpaním a mletím (Serna Saldívar, 2003; Poutanen et al., 2009).

Pseudocereálie sú tiež významným zdrojom vitamínov a minerálnych látok. Amarant je dobrým zdrojom riboflavínu, pohánka okrem toho aj tiamínu a pyridoxínu. Navyše sú výborným zdrojom vitamínu E (Alvarez-Jubete et al., 2010). Obsah vitamínov a minerálnych látok vybraných cereálií a pseudocereálií je zhrnutý v tabuľke 3. Z nutričného hľadiska je dôležitý aj obsah fenolických látok, ktoré vznikajú v zrnách ako sekundárne metabolity. Delia sa na dve skupiny: hydrolyzovateľné taníny (estery kyseliny galovej a glukózy, resp. iných cukrov) a fenylypropanoidy (ligníny, flavonoidy a kondenzované taníny, prekursorom je L-fenylalanín). Záujem o tieto látky vzrástol v ostatných desaťročiach, najmä v súvislosti s prevenciou obezity, kardiovaskulárnych ochorení,

cukrovky a rakoviny. Podľa viacerých autorov najviac preskúmané sú flavonoidy, ktoré vykazujú tzv. antioxidačnú aktivitu, schopnosť zhášať voľné radikály v in-vitro podmienkach. Mikulajová et al. (2007) sledovali antioxidačnú aktivitu a celkový obsah fenolových zlúčenín v 20 genotypoch ovsu, 13 genotypoch pšenice,

6 genotypoch jačmeňa a 2 genotypoch pohánky. Podľa ich výsledkov, najvyššiu antioxidačnú aktivitu (DPPH test, ABTS test a EPR/ spintrapping test) a najvyšší obsah fenolových zlúčenín (stanovených na základe reakcie s Folin-Ciocalteuovým činidlom) vykazovali vzorky pohánky. Antioxidačnú aktivitu a obsah polyfenolov ovsu sledovali aj Brindzová et al. (2008). Zistili, že najvyšší obsah celkových polyfenolov z deviatich kultivarov ovsu bol v kultivaroch s čiernou šupkou. Mikušová et al. (2008) stanovovali celkový obsah fenolických zlúčenín v jačmeni, amarante, mrlíku, pohánke a ciroku, pričom najvyšší obsah celkových fenolov v prepočte na kyselinu galovú zistili vo vzorke prosa (*Echinochloa frumentacea* L.), čo sa odrazilo aj na stanovení celkovej antioxidačnej aktivity, ktorá bola pomocou ABTS testu zistená najvyššia práve v prose. Podobné výsledky dosiahli Brindzová et al. (2009), ktorí zistili, že okrem prosa vykazuje vysokú antioxidačnú aktivitu a vysoký obsah celkových polyfenolov aj pohánka a jačmeň (z 20 kultivarov 4 cereálií a 16 kultivarov 6 pseudocereálií).

Mnohé polyfenoly vykazujú aj antimikrobiálnu aktivitu. Významným zdrojom týchto fytochemikálií sú najmä pseudocereálie, čo dokázali aj Mošovská et al. (2010) sledovaním antimikrobiálnej aktivity extraktov amarantu, pohánky a prosa voči gramnegatívnym a grampozitívnym

baktériám. Najvýraznejšia inhibícia bola zaznamenaná voči *Salmonella typhimurium*.

Dôležitou súčasťou cereálií a pseudocereálií sú polysacharidy a oligosacharidy s prebiotickými vlastnosťami. Tieto nie sú strávené v horných častiach tráviacej sústavy človeka. V zažívacom systéme stimulujú rast probiotickej črevnej mikroflóry, ktorá preventívne nepôsobí len lokálne, ale v konečnom dôsledku pozitívne pôsobí na zdravie hostiteľa (Manning, Gibson, 2004; Charalampopoulos et al., 2002). Z pomedzi prebiotík najväčšie zastúpenie v cereáliách a pseudocereáliách vykazujú škrob, vláknina a oligosacharidy (Rivera-Espinoza, Gallardo-Navarro, 2010).

De Souza Oliveira et al. (2011) hodnotili vplyv inulínu (rozpuštná vláknina) na rast *Lb. acidophilus*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. bulgaricus* and *B. lactis*, ktoré boli spoločne kultivované so *S. termophilus* v mlieku. Potvrdili skutočnosť, že prídavok inulínu skrátil generačný čas (zvýšil rýchlosť rastu) testovaných baktérií mliečného kysnutia.

Su et al. (2007) sledovali vplyv niekoľkých komerčných prebiotických preparátov (fruktooligosacharidy, inulín, arabinogalaktán, sójové oligosacharidy, β -glukán a pentahydrát D(+)-rafinózy) na rast troch probiotických kultúr *Lb. acidophilus* LAFTI L10, *B. animalis lactis* LAFTI B94 and *Lb. casei* LAFTI L26. Autori zistili, že všetky tri kmene boli schopné utilizovať tieto komerčné prípravky sacharidov.

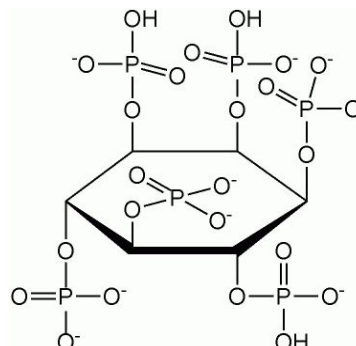
Vplyv fruktánov na rast a metabolickú aktivitu bifidobaktérií (*B. angulatum*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. pseudolongum*, *B. bifidum*, *B. catenulatum*, *B. pseudocatenulatum*, *B. globosum* and *B. animalis*) hodnotili Bielecka et al. (2002). Dokázali, že väčšina bifidobaktérií utilizovala fruktány, pričom súčasť stimuláciu rastu zaznamenali u najviac u *B. longum* a *B. animalis*. Začlenenie oligofruktánov do stravy spôsobilo zvýšenie počtu fekálnych bifidobaktérií u potkanov o 1,6 logaritmickeho poriadku v porovnaní s kontrolou (glukóza). Avšak symbiotické podanie probiotík s prebiotikami spôsobilo zvýšenie iba o 1,4 logaritmickeho poriadku bifidobaktérií v ich stolici. Aj Banuelos et al. (2008) preukázali pozitívny vplyv fruktánov na rast probiotických kmeňov, konkrétne *Lb. gasseri* CECT5714 a *Lb. fermentum* CECT5716.

ANTINUTRIČNÉ ZLOŽKY

Okrem množstva významných nutričných látok obilniny a pseudoobilniny obsahujú aj látky antinutričné. Sú to zložky potravy, ktoré majú negatívny vplyv na výživu organizmu tým, že zhoršujú využiteľnosť živín, alebo ich rozkladajú či inak menia. Patria medzi ne najmä kyselina fytová, niektoré polyfenoly, trypsinové inhibítory a inhibítory amylázy, ktoré znižujú stráviteľnosť proteínov a sacharidov a dostupnosť minerálnych prvkov.

Významným antinutričným faktorom je najmä kyselina fytová (alebo myoinozitolhexafosfát, obrázok 2), ktorá sa vyskytuje vo všetkých cereáliách a pseudocereáliách, najmä v aleurónovej vrstve. Je to vysokofosforylovaná, negatívne nabitá molekula, ktorá je schopná viazať zinok, železo, vápnik a iné dvojmočné kationy a proteíny, čím zabraňuje ich absorpcii a znižuje ich dostupnosť (Zotta et al., 2007; García-Esteva et al., 1999; Febles, 2001; Svandberg, Lorri, 1997).

Priemerný obsah kyseliny fytovej v obilnách (vyjadrené v mg na g sušiny) je pre ovos v rozmedzí 12,4–29,6, pre kukuricu 12,5 až 14,2, 1,4 až 2,9 pre ryžu a 5,6 až 9,8 pre cirok. V pšenici sa nachádza približne 3,6 až 4,4 mg/g sušiny, v jačmeni 6,1 až 6,5, v prose 10,4 až 10,8 a v raži 4,3 až 4,8. Vysoký obsah je aj v pseudoobilninách, a to 12,6 až 14,3 mg na g sušiny pre amarant a 10,3 až 14,1 pre pohánku (Konietzny, Greiner, 2003; García-Esteva et al., 1999).



Obrázok 2 Kyselina fytová

Ďalším antinutričným faktorom sú niektoré polyfenoly. Antinutričné vlastnosti vykazujú najmä taníny, ktoré viažu proteíny, tvoria s nimi hydrofilné alebo hydrofóbne komplexy, čím znižujú ich stráviteľnosť a inhibujú absorpciu minerálnych prvkov, napr. železa. Taníny sa vyskytujú najmä v ciroku. (Serna Saldívar, 2003; Swanson, 2003; Svandberg, Lorri, 1997; Wikipedia, 2011a).

Obsah polyfenolov v cereáliách a pseudocereáliách závisí od druhu plodiny a od stupňa vymletia. Polyfenoly sa môžu vyskytovať ako voľné alebo esterifikované, prípadne viazané na zložky bunkovej steny ako sú polysacharidy, proteíny alebo lignín. V obilných zrnách sa vyskytujú najmä kyselina hydroxyškoricová, galová, ferulová a kumárová. Množstvo stanovených polyfenolov závisí od použitej extrakčnej metódy, pretože napr. pri kyslej hydrolýze dochádza k degradácii kyseliny benzoovej (Arranz, Calixto, 2010). Medzi fenolickými zlúčeninami sú najmä kyselina galová a katecholová známe svojou schopnosťou viazať železo (Towo et al, 2006).

V cereáliách a pseudocereáliách boli identifikované aj ďalšie antinutričné pôsobiace látky, a to trypsinové inhibítory a inhibítory α -amylázy. Trypsinové inhibítory inhibujú aktivitu dvoch enzýmov: trypsinu a chymotrypsínu, indukujú hypersekreciu pankreatických enzýmov a stimulujú pankreatickú hypertrofiu (zväčšenie pankreasu v dôsledku zväčšenia buniek) a znižujú absorpciu a trávenie proteínov zo stravy (Olli et al., 1994; Pisulewska, Pisulenski, 2000).

Enzým α -amyláza zohráva dôležitú úlohu v metabolizme škrobu prostredníctvom štiepenia glykozidickej väzby. Medzi inhibítory amylázy patria kovové chelátory, kyselina citrónová a šťavelová a ťažké kovy, ako ortuť a olovo. Inhibítory α -amylázy špecificky inhibujú syntézu izoenzýmu, pričom ich biologická úloha v plodinách je nejasná (Muralikrishna, Nirmala, 2005; Nielsen et al., 2004). Sú zodpovedné za inhibíciu slinnej a pankreatickej α -amylázy, čím negatívne ovplyvňujú trávenie škrobu a iných polysacharidov prijímaných stravou (Feng et al., 1996).

VYUŽITIE BAKTÉRIÍ MLIČNEHO KYSNUTIA PRE CEREÁLNE FERMENTÁCIE

Skupina baktérií mliečného kysnutia (BMK) zahŕňa grampozitívne fakultatívne anaeróbne (mikroaerofilné) acidotolerantné nespórotvorné kokovité a paličkovité baktérie, ktoré majú podobné fyziologické a metabolické vlastnosti. Ich hlavným produktom pri fermentácii využiteľných sacharidov je kyselina mliečna. Do tejto nesubsystematickej skupiny baktérií patria rody: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, ako aj menej alebo špecificky sa vyskytujúce rody *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Sporolactobacillus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, a *Weissella*. V minulosti boli do tejto skupiny priradované aj koryneformné bifidobaktérie. V súčasnosti táto skupina obsahuje celkom 16 rodov, z ktorých 12 je priamo spojených s potravinami (Görner, Valík, 2004; Narvhus, Axelsson, 2003).

História výroby fermentovaných potravín siaha až do čias starovekého Egypta, kedy bol proces výroby veľmi jednoduchý, bez uvedomovania si prítomnosti a úlohy mikroorganizmov v ňom. Až koncom 19. storočia sa začali vyvíjať kyslé kultúry, ktorými sa zabezpečila stabilita technologického procesu a rozvoj výroby fermentovaných potravín. Dlhou históriou ich využívania s antagonistickým účinkom voči nežiaducim kontaminantom si tieto baktérie vydobyli výsostné postavenie v potravinárstve. Ich aplikácie sa považujú za všeobecne bezpečné a navyše ich čisté kultúry využívané v praxi musia vlastniť certifikát GRAS (angl. generally regarded as safe).

Fermentácia cereálií a pseudocereálií mliečnymi baktériami je známa už od antických čias. Medzi tradičné fermentované cereálne produkty patrí chlieb, ovsená kaša a nápoje (alkoholické aj nealkoholické), ktoré sú rozšírené najmä v Ázii a Afrike (Helland et al., 2004; Charalampopoulos et al., 2002). Obilie, najmä pšenica a raž, sa v západných krajinách využívali najčastejšie, napríklad, pri výrobe kvásku, na zlepšenie kvality cesta, reologických vlastností finálneho produktu a pod. (Charalampopoulos et al., 2002).

Podľa Hammesa et al. (2005) je fermentácia cereálií a pseudocereálií ovplyvňovaná najmä variabilitou vlastností týchto plodín a príslušných faktorov ich vnútorného ako aj vonkajšieho prostredia, medzi ktoré patria:

- obsah fermentovateľného substrátu, živín, rastových faktorov, minerálnych látok,
- aktivita vody,
- stupeň vymletia zŕn,
- teplota a dĺžka trvania fermentácie,
- amylolytická aktivita.

Kľúčovú úlohu hrá typ plodiny a jej chemické zloženie. Obsah fermentovateľných sacharidov v cereálnych substrátoch sa pohybuje v rozmedzí 0,5 až 3 %, čo je podľa viacerých autorov postačujúce. Hlavným sacharidom cereálií a pseudocereálií je sacharóza. Činnosťou α -amyláz sa zo škrobu uvoľňuje maltóza, ktorá poskytuje ďalšie voľné cukry, ktoré môžu byť využité BMK. Výberom druhov BMK s vyššou amylolytickou aktivitou môžeme zvýšiť rýchlosť fermentácie ako aj tvorbu konečných produktov.

Prostredníctvom proteolytickej aktivity dochádza k uvoľneniu peptidov a aminokyselín, ktoré sú jednak

nutrične významné pre rast BMK a sú prekurzorom aromatických látok a látok s antimikrobiálnou aktivitou. Preto výber BMK s vyššou proteolytickou aktivitou nám optimalizuje podmienky fermentácie a zvyšuje sa produkcia látok podieľajúcich sa na tvorbe arómy.

Výroba fermentovaných potravín bola v minulosti založená na spontánnej fermentácii tzv. pôvodnou alebo autochtónnou mikroflórou nachádzajúcou sa v surovinách. Tento spôsob bol neskôr vylepšený prídávaním časti fermentovanej potraviny z predchádzajúcej dávky, čo bolo charakteristické pre výrobu chleba alebo syrov. V prvom prípade sa používala tzv. drobenka, v druhom kyslá srvátka. Koncentrovaná priemyselná výroba potravín sa v súčasnosti nezaobíde bez priemyselne pripravovaných špeciálnych kultúr. Tieto na jednej strane obsahujú vyššie počty buniek, skracujú proces fermentácie, a na druhej strane znižujú riziko zlyhania procesu, vrátane vzniku chýb vyplývajúcich z kontaminácie, ktoré by mohol personál pri príprave kultúr spôsobiť (Görner a Valík, 2004; Leroy, De Vuyst, 2004).

METABOLIZMUS BMK A ZMENY ZLOŽENIA CEREÁLIÍ A PSEUDOCEREÁLIÍ POČAS FERMENTÁCIE

V dôsledku metabolickej aktivity BMK sa mení zloženie cereálnych a pseudocereálnych substrátov. Sacharidy, proteíny aj tuky podliehajú degradácii a sú zapájané do mnohých reakcií schématicky zosumarizovaných v obrázku 3. Jednoduché cukry sú priamo fermentovateľné a sú prekurzorom najmä organických kyselín. Pôsobením amyláz, enzýmov prítomných v cereáliách a pseudocereáliách a produkovaných aj BMK, sa štiepi škrob a to podľa aktivity až na konečný produkt – glukózu, ktorá je následne utilizovaná.

BMK majú slabú proteolytickú aktivitu a štiepia proteíny na aminokyseliny, ktoré sú významným prekurzorom aromatických aktívnych zlúčenín, ale aj látok s antimikrobiálnou aktivitou. Lipolytickou činnosťou BMK sa z lipidov uvoľňujú voľné masťné kyseliny, ktoré sa tak isto podieľajú na tvorbe arómy.

METABOLIZMUS SACHARIDOV

Na základe utilizácie cukrov rozdeľujeme BMK do troch skupín: obligátne homofermentatívne, fakultatívne heterofermentatívne a obligátne heterofermentatívne

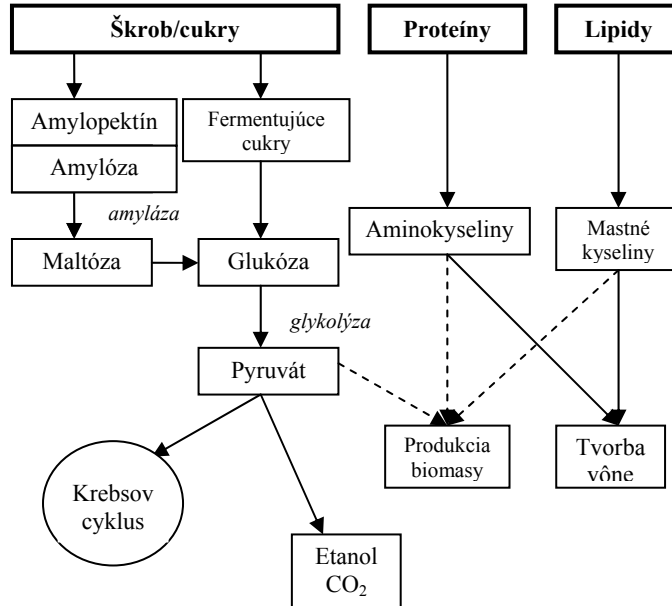
Homofermentatívne druhy (*Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* a niektoré druhy rodu *Lactobacillus*) tvoria viac ako 85 % kyseliny mliečnej z glukózy. Hexózy sú metabolizované enzýmami glykolytickej (Embden-Mayerhoffovej) cesty. Baktérie sfermentujú 1 mól glukózy na 2 móly pyruvátu, pričom energetický výnos predstavuje 2 móly ATP na molekulu glukózy.

Pyruvát je následne redukovaný na L- alebo D-kyselinu mliečnu enzýmom laktátdehydrogenáza (Hutkins, 2006). Schopnosť BMK produkovať L(+), D(-) izomér alebo ich zmes závisí od rodu a druhu BMK a môže sa využiť na ich klasifikáciu (De Angelis et al., 2007; Plessas et al., 2008). L(+)-laktát je produkovaný druhmi rodov *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Tetragenococcus*, *Streptococcus* a *Vagococcus*. D(-)-laktát tvoria druhy rodov *Leuconostoc* a *Oenococcus*. Rody *Lactobacillus*, *Pediococcus* a *Weissella* produkujú L(+)-, D(-)- and DL-izomér (Liu, 2003). Heterofermentatívne

baktérie r. *Weisella*, *Leuconostoc* a niektoré laktobacily produkujú iba 50 % kyseliny mliečnej z glukózy (Warburg-Dickensova cesta). Hexózy sú metabolizované prostredníctvom fosfoketolázovej cesty.

Z jedného mólu glukózy vzniká 1 mól kyseliny mliečnej, 1 mól etanolu a 1 mól CO₂ pri energetickej výťažnosti ekvivalentnej 1 mólu ATP (obrázok 4; **Hutkins, 2006**).

Väčšina druhov BMK fermentuje najmä maltózu, sacharózu, fruktózu a glukózu, ale aj monosacharidy z rastlinných polysacharidov arabinoxylánu a arabinogalaktánu. Pentózy ako arabinóza a xylóza sú obvyčajne utilizované obligátne heterofermentatívnymi, fakultatívne heterofermentatívnymi a len zriedkavo obligátne homofermentatívnymi druhmi BMK (**De Vuyst et al., 2009**).



Obrázok 3 Biochemické zmeny sacharidov, proteínov a lipidov počas fermentácie (**Navrhus, Sørhaug, 2006**)

Kyselina mliečna môže byť baktériami mliečného kysnutia produkovaná z rôznych substrátov. Primárnym substrátom sú cukry (hexózy a pentózy), vznikajú však aj z takých substrátov ako polyoly (polyhydroxilované alkoholy – manitol, sorbitol), organické kyseliny (jablčná, citrónová) a aminokyseliny (serín, alanín, kyselina asparágová) (**Liu, 2003**).

Hlavným medziproduktom metabolizmu kyseliny pyrohrozovej je kyselina mliečna. V závislosti od enzymatického aparátu BMK z pyrohroznanu môžu vznikať ďalšie metabolity, ako napr. kyselina octová, mravčia, etanol, acetaldehyd, diacetyl, acetoín a 2,3-butándiol (obrázok 5; **Liu, 2003**).

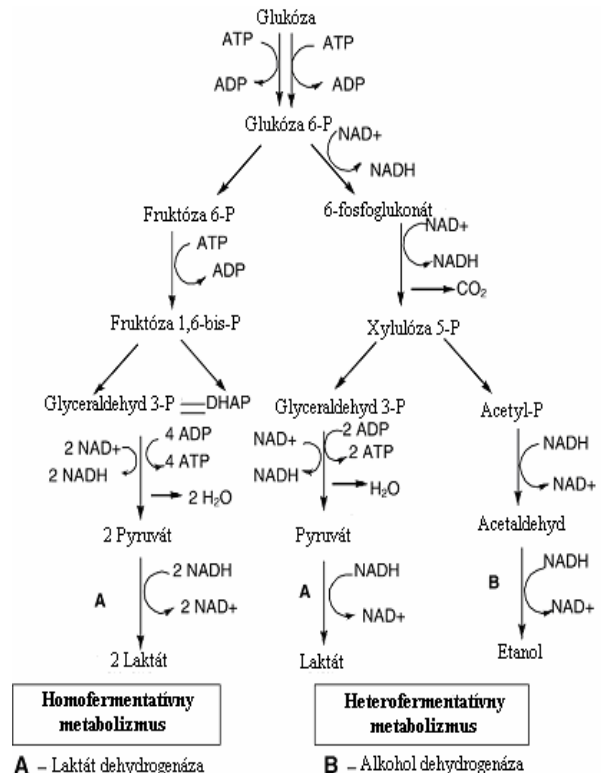
METABOLIZMUS PROTEÍNOV

BMK, rovnako ako mnoho iných baktérií, nie sú schopné asimilovať anorganický dusík, a preto v prostredí vyžadujú prítomnosť rastových faktorov, vrátane voľných aminokyselín. Pretože väčšina potravín ich obsahuje málo, BMK sa vyznačujú proteolytickými vlastnosťami. Proteolýzou vzniknuté malé peptidy a aminokyseliny sú už schopné transportovať cez bunkovú stenu (**Hutkins, 2006**).

Katabolizmom aminokyselín, deamináciou, dekarboxyláciou, transamináciou a zmenou postranného reťazca, vznikajú zlúčeniny, ktoré prispievajú k tvorbe arómy. Sú to najmä ketokyseliny, amoniak, amíny, aldehydy, kyseliny a alkoholy (**Gänzle et al., 2007; Gobetti et al., 2005**).

Špeciálnu pozornosť si zaslúži metabolizmus kyseliny glutámovej a glutamínu, pretože glutamín je v proteínoch pšenice zastúpený v najvyšších koncentráciách.

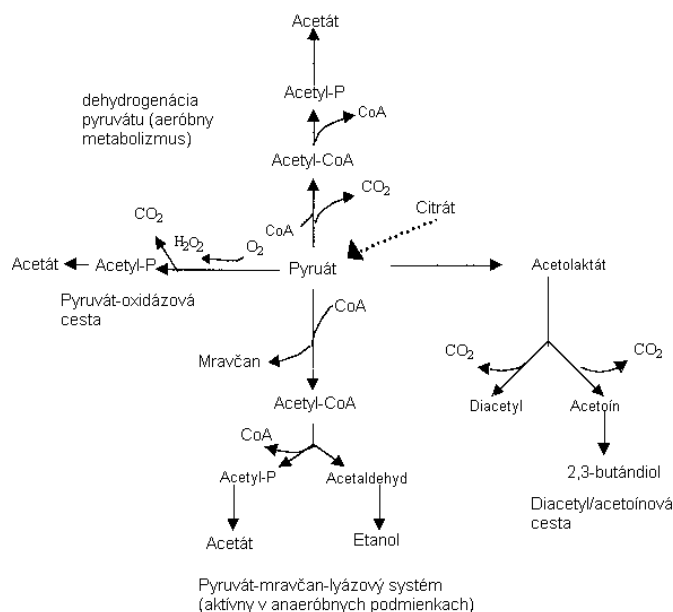
Transamináciou kyseliny glutámovej vzniká kyselina α-ketoglutarová, ktorá je dôležitým akceptorom amino skupiny v transaminačných reakciách ostatných aminokyselín (**Gänzle et al., 2007; Ferencik et al., 2000**).



Obrázok 4 Metabolizmus sacharidov baktérií mliečného kysnutia (**Reddy et al., 2008**)

Fenylalanín a tyrozín môžu byť činnosťou laktobacilov premenené na antifungálne zlúčeniny. Výsledkom metabolizmu fenylalanínu laktobacilmi *Lb. plantarum* a *Lb. sanfranciscensis* je kyselina fenylmličná a jej 4-

hydroxy derivát, ktoré okrem toho, že vykazujú fungicídnu aktivitu, sa podieľajú aj na tvorbe vône (Gänzle et al., 2007; Thiele et al., 2002; Valerio et al., 2004).



Obrázok 5 Tvorba dôležitých metabolických produktov z pyruvátu BMK (Caplice, Fitzgerald, 1999)

ÚŽITKOVÉ VLASTNOSTI BMK

Primárnym účelom fermentácie potravín bolo predĺženie trvanlivosti východných surovín. Neskoršie štúdium a pochopenie podstaty procesov prebiehajúcich počas fermentácie viedlo k vývoju nových konzervačných metód. Fermentácia sa stala žiadanou aj vďaka tomu, že jej prostredníctvom sa začali vyrábať potraviny s unikátnymi organoleptickými vlastnosťami. Okrem toho, že fermentáciou sa predlžuje skladovateľnosť potravín, zvyšuje sa ich nutričná hodnota, stráviteľnosť, v niektorých prípadoch sa môže znížiť aj toxicita východiskových surovín, napr. odbúrание lepku v pšenici, fermentácia sa stala aj procesom zabezpečujúcim zdravotnú neškodnosť potravín vyrobených aj bez teplotného opracovania (Leroy, De Vuyst, 2004, Caplice, Fitzgerald, 1999).

PREDĽŽENIE TRVANLIVOSTI

Pri predlžovaní trvanlivosti potravín sa využívajú viaceré vlastnosti BMK, z ktorých k najdôležitejším patrí produkcia organických kyselín (kyseliny mliečnej, octovej, propiónovej, mravnčej a kaprónovej), CO₂, etanolu, peroxidu vodíka, diacetylu, fungicídnych látok, ako sú mastné kyseliny alebo kyselina fenylmličná, bakteriocínov a antibiotík (Caplice, Fitzgerald, 1999; Navrhus, Sorhaug, 2006; Valerio et al., 2008; Katina, et al., 2002; Messens, De Vuyst, 2002).

Mechanizmus fyziologického účinku jednotlivých antimikrobiálnych látok je rozdielny. Organické kyseliny inhibujú aktívny transport živín do bunky, oxidujú cytoplazmu a navyše ich vplyvom dochádza ku kolapsu elektrochemického protónového gradientu, čo má bakteriostatický až bakteriocídny účinok (Caplice, Fitzgerald, 1999).

Peroxid vodíka, ktorý je typický pre laktobacily, sa akumuluje v prostredí a prostredníctvom silného

oxidačného stresu na membránové lipidy a bunkové proteíny pôsobí na bunku katalázo-negatívnych mikroorganizmov inhibične (Caplice, Fitzgerald, 1999).

Diacetyl zasahuje do využitia arginínu a je účinný najmä voči gramnegatívnym baktériám, kvasinkám a vláknitým hubám.

Ďalšími antimikrobiálne pôsobiacimi metabolitmi BMK sú bakteriocíny, peptidy alebo malé proteíny, inhibujúce variabilné spektrum mikroorganizmov. V mnohých prípadoch však bakteriocíny nepôsobia špecificky len na nežiaducu mikroflóru, ale aj na príbuzné druhy BMK. Bakteriocíny narušujú celistvosť bunkových membrán a inhibujú syntézu bunkovej steny. Inhibícia mikrobiálneho rastu je spôsobená predovšetkým stratou transmembránového elektrického potenciálu. Silný cytotoxický efekt je pravdepodobne spôsobený prísunom protónov Na⁺, ktorý vedie k poklesu vnútrobunkového pH a následne k inhibícii mnohých enzymatických procesov (Caplice, Fitzgerald, 1999; Hugenholz, 1993; Corsetti, Settanni, 2007; Konings et al., 2000; Twomey et al., 2002).

Izolovaných a identifikovaných bolo niekoľko bakteriocínov produkovaných laktobacilmi využívanými v pekárstve. Plantaricín, produkovaný *Lb. plantarum* bol účinný voči gram-pozitívnym baktériám, ale nie voči listériám a bavaricín (*Lb. bavaricum*), ktorý bol účinný voči niektorým listériám a gram-pozitívnym baktériám (Corsetti, Settanni, 2007).

Široké antimikrobiálne spektrum majú reuterín (β-hydroxypropiónavý aldehyd) a reutericyklín (cyklický dimér reuterínu), ktoré boli izolované z *Lb. reuteri*. Reutericyklín inhibuje gram-pozitívne baktérie, ako napr. laktobacily, *Bacillus subtilis*, *B. brevis*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* a *Listeria innocua*, a je bakteriocídny voči *B. subtilis*, *S. aureus* a *Lb. sanfranciscensis* (Navrhus, Sorhaug, 2006).

Corsetti et al. (2004) objavili antimikrobiálne molekuly produkované laktobacilmi v kvásku, ktoré boli označené ako inhibujúce látky podobné bakteriocinom (BLIS – bacteriocin-like inhibitory substances). *Lb. pentosus* 2MF8 izolovaný z kvásku bol prvý laktobacil, ktorý produkoval antimikrobiálne látky charakteru bakteriocinov s aktivitou pri fermentačných podmienkach (**Corsetti, Settanni, 2007**).

BMK tvoria aj širokú škálu antifungálnych zlúčenín. **Schnürer, Magnusson (2006)** publikovali ich prehľad a zaradili medzi ne kyselinu mliečnu a octovú, CO₂, diacetyl, peroxid vodíka, kyselinu kaprónovú, 3-hydroxy mastné kyseliny, kyselinu fenylmliečnu, cyklické dipeptidy, reuterín a fungicíny. Medzi produkčné druhy patrili *Lb. casei*, *Lb. pentosus*, *Lb. paracasei* ssp. *paracasei* a *Lb. coryniformis* ssp. *coryniformis*

ZLEPŠENIE NUTRIČNEJ A ZDRAVOTNEJ HODNOTY

Zvýšenie celkovej hodnoty fermentovaných potravín v porovnaní so surovými materiálmi spočíva podľa viacerých autorov (**Arora et al., 2010; Charalampopoulos, et al., 2002; Rivera-Espinoza, Gallardo-Navarro, 2010; Taylor, 2003**):

- v zlepšení kvantity a kvality proteínov a ich dostupnosti prostredníctvom bakteriálnej enzymatickej hydrolýzy, pričom sa uvoľňujú voľné aminokyseliny,
- vo zvýšení stráviteľnosti škrobu,
- vo zvýšení obsahu vitamínov, najmä skupiny B (riboflavín, tiamín, niacín, kyselina listová),
- vo zvýšení dostupnosti minerálnych prvkov,
- v redukcii antinutričných faktorov,
- v produkcii bakteriocínov a prebiotík,
- v možnosti byť nosičom probiotických baktérií,
- v zlepšení chutnosti a vo zvýšení akceptovateľnosti spotrebiteľmi.

BMK svojou proteolytickou aktivitou môžu prispievať k uvoľňovaniu bioaktívnych peptidov, ktoré môžu stimulovať imunitný systém, zlepšovať absorpciu v tráviacom systéme, môžu vykazovať antihypersenzitívny alebo antitrombotický efekt a môžu mať funkciu nosičov minerálnych látok, najmä vápnika (**Wouters et al., 2002**).

BMK majú významnú schopnosť znižovať celiakiu indukujúce efekty lepku, ktorý u citlivých jedincov vyvoláva ochorenie nazývané celiakia (**Korus, et al., 2009**).

Preukázaná bola degradácia glyadínovej frakcie lepku štartovacou kultúrou zloženou z *Lb. alimentarius*, *Lb. brevis*, *Lb. sanfranciscensis* a *Lb. hilgardii*, ktorá umožnila výrobu chleba obsahujúceho 30 % pšeničnej múky a 70 % celiakiu neidkujúcej múky (ovsenej, ražnej, pohánkovej) vyhovujúceho pre celiatikov (**Corsetti, Settanni, 2007**). S rovnakým úspechom bol testovaný probiotický preparát VSL#3, obsahujúci *Streptococcus thermophilus*, *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. delbrueckii* ssp. *Bulgarius*, *Bifidobacterium breve*, *B. longum* a *B. infantis* (**De Angelis et al., 2006**).

Preukázal sa aj vplyv BMK na antioxidačnú aktivitu fermentovaných produktov na báze cereálií a pseudocereálií. **Đorđević et al. (2010)** sledovali vplyv dvoch typov mikroorganizmov (*Lb. rhamnosus* a *S. cerevisiae*) počas fermentácie na antioxidačnú aktivitu

a celkový obsah fenolových zlúčenín 4 cereálií, a to pohánky, pšenice, jačmeňa a raže. Fermentácia viedla k zvýšeniu obsahu fenolových zlúčenín aj celkovej antioxidačnej aktivity vo všetkých vzorkách.

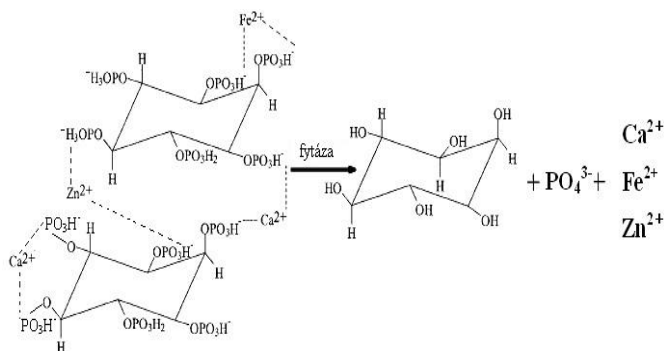
Preskúmaná bola aj schopnosť tvorby γ -aminomaslovej kyseliny kyslomliečnymi baktériami. Kyselina γ -aminomaslová je štvoruhlíková neproteínová aminokyselina, ktorá vzniká konverziou L-glutamátu za prítomnosti enzýmu glutamátdekarboxylázy. Je hlavným inhibítorom neurotransmiterov centrálného nervového systému, znižuje hypersenzitivitu, je účinná v prevencii diabetu a má diuretické a sedatívne účinky (**Coda et al., 2010**). Tvorba kyseliny γ -aminomaslovej bola závislá od druhu BMK, kultivačných podmienok a zloženia média (**Li, Cao, 2010**).

REDUKCIA ANTINUTRIČNÝCH FAKTOROV

Počas fermentácie cereálií a pseudocereálií dochádza k redukcii antinutričných faktorov čím sa zvyšuje ich nutričná hodnota.

BMK produkujú enzýmy fytázy, ktoré sa nachádzajú aj v samotných zrnách a sú zodpovedné za degradáciu kyseliny fytovej a uvoľnenie minerálnych prvkov, ktoré je schopná viazať (obrázok 6). Činnosťou baktérií sa znižuje hodnota pH prostredia, čo pozitívne vplyva na aktivitu fytáz, ktoré majú optimum pri pH 4,5 (**Corsetti, Settanni, 2007; De Angelis et al., 2003; Lönnerdal, 2002**).

Kyselina fytová sa odbúrava enzymatickou hydrolýzou cez inozitolpentaťfosfát, inozitoltetraťfosfát, inozitoltrifosfát, eventuálne inozitol di- a monofosfát počas skladovania, fermentácie, klíčenia, technologického spracovania a trávenia (**García-Esteva et al., 1999; Palacios et al., 2008**). Navyše, nižšie deriváty inozitolfosfátu sú zdraviu prospešné, zabraňujú kornataniu ciev srdca, arterioskleróze a nervovým ochoreniam (**Corsetti, Settanni, 2007**).



Obrázok 6 Degradácia kyseliny fytovej

Leenhardt et al. (2005) uvádzajú, že mierny pokles pH na hodnotu 5,5 počas fermentácie kvásku znižuje obsah kyseliny fytovej až o 70 %. **El Hag et al. (2002)** dosiahli 14 hodinovou fermentáciou prosa pokles kyseliny fytovej o 59,5 % (z 943 na 380 mg/100g). **Reale et al. (2004)** uverejnili výsledky svojej práce, v ktorej dosiahli 80-90% redukcii kyseliny fytovej zmesnou štartovacou kultúrou (*Lb. plantarum*, *Lb. brevis*, *Lb. curvatus*). Podobné percento odbúrania kyseliny fytovej dokumentovali **De Angelis et al. (2003)** s použitím *Lb. sanfranciscensis* CB1.

Okrem odbúrania kyseliny fytovej sa fermentáciou znižoval aj obsah tanínov a polyfenolov, čím sa zvyšila

stráviteľnosť proteínov (Bekes, Wrigley, 2004; Towo et al., 2006). Podľa El Hag et al. (2002) pokleslo množstvo polyfenolických látok v prose z pôvodných 304 na 122 mg/100 g po 14 hodinovej fermentácii. Towo et al. (2006) rovnako preukázali pokles celkových polyfenolov počas fermentácie v ciroku v priemere o 57 %.

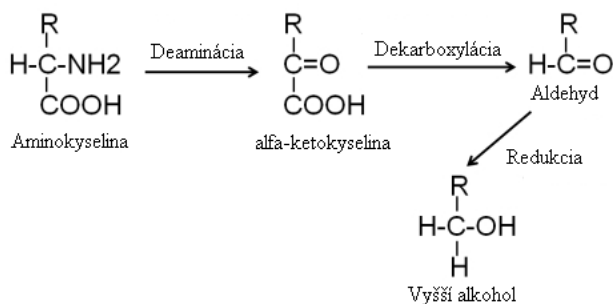
Počas mikrobiálnej fermentácii dochádza aj k inaktivácii a denaturácii enzýmových inhibítorov (inhibítory trypsínu a amyláz), čím sa zvyšuje stráviteľnosť proteínov a sacharidov (Hoffmann et al., 2003).

ZVÝŠENIE SENZORICKEJ KVALITY

Organoleptické vlastnosti sú základom úspešnosti fermentovaných pokrmov, pretože tieto produkty majú výrazne lepšiu arómu, chuť a vzhľad v porovnaní s východzími materiálmi (Hutkins, 2006; Corsetti, Settanni, 2007).

BMK prispievajú k zlepšeniu chuti a vône fermentovaných výrobkov tým, že okysľujú potravinu, čím sa zvyšuje ich proteolytická a lipolytická aktivita, ktorá prispieva k produkcii aromatických zlúčenín. Ako príklad je možné uviesť zlepšenie senzorickej kvality syrov činnosťou *Lb. lactis* subsp. *cremoris* (Leroy, De Vuyst, 2004; Guldfeldt, 2001). V tomto zmysle, pri tvorbe aromaticky účinných látok je dôležitý metabolizmus pyruvátu (obrázok 5), počas ktorého dochádza k tvorbe mnohých zlúčenín, napr. acetátu, etanolu, diacetylu a acetaldehydu (Leroy, De Vuyst, 2004).

K tvorbe arómy prispievajú aj degradačné reakcie aminokyselín, z ktorých kľúčová je Ehrlichova cesta (obrázok 7), ktorá vedie k tvorbe aldehydov a príslušných alkoholov. Rozklad lepku laktobacilmi a pediokokmi zvyšuje koncentráciu amonikyselín, a to najmä prolínu, ktorý je prekursorom aromaticky aktívnej látky 2-acetyl-1-prolínu (Thiele et al., 2002).



Obrázok 7 Ehrlichova cesta odbúrania aminokyselín

BMK sú schopné produkovať širokú škálu exopolysacharidov, ktoré môžeme rozdeliť do dvoch skupín: homo- a heteropolysacharidy. Homopolysacharidy sú tvorené iba jedným typom monosacharidu a sú syntetizované extracelulárnymi transferázami. Delíme ich na dve hlavné skupiny, a to polysacharidy tvorené iba glukózou (glukány) a tie, ktoré sa skladajú iba z fruktózy (fruktózy). Heteropolysacharidy sú zložené z viacerých typov monosacharidov (Tieking, Gänzle, 2005; Van Der Meulen et al., 2007). Využitím BMK produkujúcich exopolysacharidy sa redukuje použitie polysacharidových aditív, ktoré slúžia na zlepšenie textúry a ako emulgačné a želirovacie činidlá (Smitinont et al., 1997).

TRADIČNÉ FERMENTOVANÉ POTRAVINY A NÁPOJE NA BÁZE CEREÁLIÍ A PSEUDOCEREÁLIÍ

V ostatnom čase sa z rôznych, často krát subjektívnych dôvodov zvyšuje záujem konzumentov o fermentované potraviny rastlinného pôvodu. Zdá sa, že zvýšený dopyt sa stáva trendom, ktorý je často spájaný aj so záujmom o remeselné pripravované alebo tradičné výrobky, obyčajne využívajúce aktivitu pôvodnej (autochtónnej) mikroflóry. Široké spektrum cereálnych alebo pseudocereálnych substrátov, ako aj obrovská pestrosť mikrobiálnych druhov inšpirujú potravinársky orientovanú vedeckú komunitu nielen k identifikácii a popisu mikroorganizmov, dejov a ich vzájomných vzťahov s potravinovou matricou, ale aj k vývoju nových funkčných potravín určených pre imunitne kompromitované skupiny obyvateľstva.

Tradičné fermentované cereálne potraviny sú pripravované z rôznych druhov cereálií a pseudocereálií a sú rozšírené po celom svete. Niektoré z nich sa využívajú iba ako farbivá, korenie, nápoje alebo ľahké jedlá (napr. raňajkové), iné slúžia ako základné potraviny. Mikrobiológia mnohých týchto produktov je zložitá a neznáma. Fermentácia väčšinou prebieha spontánne a zúčastňujú sa na nej zmiešané kultúry baktérií, kvasiniek a vláknitých húb, ktoré sa vyskytujú v životnom prostredí alebo tvoria mikroflóru príslušných cereálií a pseudocereálií (Minamiyama et al., 2003; Blandino et al., 2003).

Z baktérií sa na fermentácii cereálií a pseudocereálií najčastejšie podieľajú druhy rodov *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Micrococcus* a *Bacillus*. Najčastejšie vyskytujúce sa vláknité huby sú z rodov *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* a *Trichothecium*, z kvasiniek je to najmä rod *Saccharomyces* (Blandino et al., 2003).

V dôsledku rozmanitosti východiskových substrátov, vonkajších a vnútorných faktorov a zúčastnených mikroorganizmov existuje vo svete mnoho typov fermentovaných potravín a nápojov na báze cereálií a pseudocereálií. Môžeme ich rozdeliť na sedem kategórií:

- fermentované múky,
- palacinky,
- kvasy/knedle,
- koláče/sladkosti,
- husté kaše,
- riedke kaše,
- nápoje (Taylor, 2004).

Fermentované múky sú známe napr. v Namíbií. Pripravujú sa z prosa a celý proces zahŕňa kroky ako: mletie, namáčanie, fermentácia (pravdepodobne heterofermentatívnymi laktobacilmi), sušenie na slnku, mletie na múku a úplne dosušenie na slnku. Predáva sa buď ako konečný produkt, alebo slúži na výrobu ďalších produktov (nápoje, kaše, koláče a pod.) (Taylor, 2004).

"Injera" (obrázok 8) je kysnutá palacinka a predstavuje národné jedlo Etiópie. Pripravuje sa prevažne z ciroku, ale aj kukurice, prosa a jačmeňa. Proces výroby zahŕňa dve fermentácie. V prvom kroku sa do cesta pridá časť prechádzajúcej palacinky a nechá sa kysnúť 72 hodín. Časť cesta sa potom spojí s vodou a varí za účelom želatinizácie škrobu a na dve hodiny sa pridá späť k nafermentovanému cestu, pričom dochádza k tvorbe plynu a následne sa pečie. Z mikroorganizmov

zúčastňujúcich sa na fermentácii prevažujú kvasinky a niektoré vláknité huby (*Pullaria* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhodotorula* sp., *Hormodendrum* sp., *Candida* sp.) a množstvo nedefinovaných baktérií. Injera má vysokú nutričnú hodnotu a je bohatým zdrojom vápnika a železa (Taylor, 2004; Blandino et al., 2003).



Obrázok 8 Injera (Wikipedia, 2011b)

V Indii a na Srí Lanke sa konzumuje fermentovaný koláč "Idli" pripravovaný z ryže (obrázok 9). Jeho príprava je podobná výrobe injery. Idli je nízko kalorická potravina s vysokou nutričnou hodnotou. K BMK zodpovedným za fermentačný proces patria *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus faecalis*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. fermenti*, *Lb. lactis* a *Pediococcus cerevisiae*, nevyhnutné pre proces kysnutia a tvorbu kyselín sú *L. mesenteroides* a *S. faecalis*. V „idli“ boli identifikované, *Torulopsis holmii*, *T. candida*, *Trichosporon pullulans* ako aj kvasinkovitá vláknitá huba *Geotrichum candidum* (Taylor, 2004; Teniola, Odunfa, 2001; Blandino et al., 2003).

Podobným výrobkom je "Dosa", smažený ľahko fermentovaný koláč (Taylor, 2004; Teniola, Odunfa, 2001).



Obrázok 9 Idli (Wikipedia, 2011c)

V Ghane sa pripravuje fermentovaná knedľa "Kenkey" z kukurice a je konzumovaná ako hlavné jedlo. Výroba zahŕňa dva fermentačné kroky, prvý počas namáčania kukurice, druhý pri tvorbe cesta. Na fermentácii sa podieľa široká škála BMK, najmä však *Lb. fermentum* and *Lb. reuteri*. Z kvasiniek a vláknitých húb sú zastúpené rody *Candida*, *Saccharomyces*, *Penicillium*, *Aspergillus* a *Fusarium* (Taylor, 2004; Blandino et al., 2003).

Častými fermentovanými jedlami afrických a ázijských krajín sú kaše. Pripravujú sa buď fermentáciou celých zŕn (husté kaše) alebo pomletých zŕn (riedke kaše). Medzi takéto produkty patria: "Ting" z ciroku, "Ogi" a "Akamu", pripravované z kukurice, prosa alebo ciroku (Taylor, 2004; Blandino et al., 2003).

Po celom svete je produkovaných niekoľko typov alkoholických (pivo z jačmeňa, "Sake" z ryže, "Bouya" z pšenice) aj nealkoholických ("Mahewu" z kukurice, "Boza" z pšenice, raže, prosa alebo kukurice)

fermentovaných nápojov. Sú vyrábané v domácich podmienkach, ale aj priemyselne, najmä v Južnej Afrike a Botswane (Taylor, 2004; Blandino et al., 2003).

V súčasnosti sa mnohé vedecké tímy zaoberajú problematikou cereálnych a pseudocereálnych fermentácií. Sleduje sa vhodnosť cereálnych a pseudocereálnych substrátov pre rast a rozmnožovanie BMK, vplyv vonkajších a vnútorných podmienok na priebeh fermentácie, vplyv prídavku rôznych aditív, vplyv na nutričnú a senzorickejšiu hodnotu a skladovateľnosť týchto produktov. Takýmto spôsobom vznikli v laboratórnych podmienkach rôzne výrobky, resp. polovýrobky z ovsu, amarantu, ciroku, jačmeňa a iných. Angelov et al. (2006) vyrobili v laboratórnych podmienkach funkčný nápoj z ovsu kombináciou probiotickej štartovacej kultúry *Lb. plantarum* B28 a celozrnného ovseného substrátu, ktorý si zachovával biologickú stabilitu 21 dní pri chladiarenských teplotách. V ovsených substrátoch dobre rastú aj *Lb. reuteri*, *Lb. acidophilus* a *B. bifidum* (Mårtenson et al., 2002).

Correia et al. (2010) uskutočnili fermentáciu ciroku komerčnými kultúrami (*Lb. plantarum*, *Lb. brevis*, *Lb. paracasei*, *Lb. fermentum*, *P. pentosaceus*, *S. thermophilus*) a zaznamenali zvýšenie stráviteľnosti proteínov v *in vitro* podmienkach.

Vplyv fermentácie a klíčenia na nutričné vlastnosti jačmeňa sledovali Arora et al. (2010) a zistili, že kombinácia týchto dvoch operácií vedie k zvýšeniu obsahu tiamínu, niacínu, lyzínu a rozpustnej vlákniny.

Vzhľadom na obsah prebiotík v cereáliách prirodzený vývoj smeruje k ich hodnoteniu ako nosiča probiotických baktérií a následná výroba cereálnych probiotických výrobkov (Blandino et al., 2003; Rivera-Espinoza, Gallardo-Navarro, 2010).

Medzi tradične fermentované nápoje, v ktorých bol dokumentovaný výskyt potenciálnych kultúr s probiotickými vlastnosťami patria: "Boza" (izolované boli kmene druhov *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum*, *Lb. brevis*), "Mahewu" (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*), "Pozol" a "Togwa" (Blandino et al., 2003; Gadaga et al., 1999; Prado et al., 2008).

ZÁVER

Úloha cereálií v ľudskej výžive je nespochybniteľná. K renesancii ich využitia vedie v súčasnosti niekoľko faktorov súvisiacich so zmenami spôsobu života v priemyselne vyspelých krajinách, ale aj samotné reakcie, ktoré tento spôsob života vyvoláva. U konzumentov prirodzene dochádza nielen k príklonu ku tradičným postupom pri príprave jedál, ale aj k renesancii samotných pseudocereálií. V tejto súvislosti sa otvára novým aplikáciám aj oblasť fermentácií rastlinných substrátov. Selekcia vhodných mikroorganizmov a substrátov by mohla viesť nielen k zvýšeniu senzorickej a nutričnej hodnoty, ale aj k eliminácii niektorých alergických alebo antinutričných vlastností niektorých zložiek. V neposlednom rade je možné hľadať tiež vhodné cereálne prebiotické potraviny, ako nosiče probiotických baktérií.

Inšpiráciu by sme mohli čerpať aj zo širokej škály fermentovaných obilninových výrobkov rozšírených najmä v tzv. krajinách tretieho sveta.

LITERATÚRA

- ALVAREZ-JUBETE, L., ARENDT, E.K., GALLAGHER, E. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 21, 2010, no. 2, p. 106-113.
- ANDREASEN, M. F., KROON, P. A., WILLIAMSON, G., GARCIA-CONESA, M.T. 2001. Intestinal release and uptake of phenolic antioxidant diferulic acids. In *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 31, 2001, no. 3, p. 304-314.
- ANGELOV, A., GOTCHEVA, V., KUNCHEVA, R., HRISTOZOVA, T. 2006. Development of new oat-based probiotic drink. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 112, 2006, no. 1, p. 75-80.
- ARORA, S., JOOD, S., KHETARPAUL, N. 2010. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures. In *Food Chemistry*, vol. 119, 2010, no. 2, p. 779-784.
- ARRANZ, S., CALIXTO, F. S. 2010. Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: A study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. In *Journal of Cereal Science*, vol. 51, 2010, no. 3, p. 313-318.
- BAÑUELOS, O., FERNÁNDEZ, L., CORRAL, J. M., VALDIVIESO-UGARTE, M., ADRIO, J. L., VELASCO, J. 2004. Metabolism of prebiotic products containing $\beta(2-1)$ fructan mixtures by two *Lactobacillus* strains. *Anaerobe*, vol. 14, 2004, no. 3, p. 184-189.
- BEKES, F., WRIGLEY, C. 2004. Cereals/Protein Chemistry. In *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 1, p. 254-262, ISBN: 0-12-765490-9.
- BIELECKA, M., BIEDRZYCKA, E., MAJKOWSKA, A. 2002. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. *Food Research International*, vol. 35, 2002, no. 2-3, p.125-131.
- BLANDINO, A., AL-ASEERI, M. E., PANDIELLA, S. S., CANTERO, D., WEBB, C. 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. In *Food Research International*, vol. 36, 2003, no. 6, p. 527-543.
- BONAFACCIA, G., MAROCCHINI, M., KREFT, I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. In *Food Chemistry*, vol. 80, 2003, no. 1, p. 9-15.
- BRINDZOVÁ, L., ČERTÍK, M., RAPTA, P., ZALIBERA, M., MIKULAJOVÁ, A., TAKÁCSOVÁ, M. 2008. Antioxidant Activity, β -Glucan and Lipid Contents of Oat Varieties. In *Czech Journal of Food Science*, vol. 26, 2008, no. 3, p. 163-173.
- BRINDZOVÁ, L., ZALIBERA, M., ŠIMON, P., ČERTÍK, M., TAKÁCSOVÁ, M., MIKULAJOVÁ, A., MIKUŠOVÁ, L., RAPTA, P. 2009. Screening of cereal varieties for antioxidant and radical scavenging properties applying various spectroscopic and thermoanalytical methods. In *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 44, 2009, no. 4, p. 784-791.
- CAI, Y. Z., CORKE, H., LI, W. D. 2004. Buckwheat. In: *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, vol. 1, 2004b, p. 120-128, ISBN: 0-12-765490-9.
- CAI, Y. Z., CORKE, H., WU, H. X. 2004. Amaranth. In: *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, vol. 1, 2004a, p. 1-10, ISBN: 0-12-765490-9.
- CAPLICE, E., FITZGERALD, G. F. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 50, 1999, no. 1-2, p. 131-149.
- CODA, R., RIZZELLO, C. G., GOBBETTI, M. 2010. Use of sourdough fermentation and pseudo-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ -aminobutyric acid (GABA). In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 137, 2010, no. 2-3, p. 236-245.
- CORREIA, I., NUNES, A., GUEDES, S., BARROS, A. S., DELGADILLO, I. 2010. Screening of lactic acid bacteria potentially useful for sorghum fermentation. In *Journal of Cereal Science*, vol. 52, 2010, no. 1, p. 9-15.
- CORSETTI, A., SETTANNI, L. 2007. Lactobacilli in sourdough fermentation. In *Food Research International*, vol. 40, 2007, no. 5, p. 539-558.
- CORSETTI, A., SETTANNI, L., VAN SINDEREN, D. 2004. Characterization of bacteriocin-like inhibitory substances (BLIS) from sourdough lactic acid bacteria and evaluation of their in vitro and in situ activity. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 96, 2004, no. 3, p. 521-534.
- DAY, L. 2004. Lipid Chemistry. In: *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 2, p. 157-165, ISBN: 0-12-765490-9.
- DE ANGELIS, M., DI CAGNO, R., GALLO, G., CURCI, M., SIRAGUSA, S., CRECCHIO, C., PARENTE, E., GOBBETTI, M. 2007. Molecular and functional characterization of *Lactobacillus sanfranciscensis* strains isolated from sourdoughs. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 114, 2007, no. 1, p. 69-82.
- DE ANGELIS, M., GALLO, G., CORBO, M. R., MCSWEENEY, P. L. H., FACCIA, M., GIOVINE, M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CBI. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 87, 2003, no. 3, p. 259-270.
- DE ANGELIS, M., RIZZELLO, C. G., FASANO, A., CLEMENTE, M. G., DE SIMONE, C., SILANO, M., DE VINCENZI, M., LOSITO, I., GOBBETTI, M. 2006. VSL#3 probiotic preparation has the capacity to hydrolyze gliadin polypeptides responsible for celiac sprue. *Biochimica and Biophysica Acta*, vol. 1762, 2006, no. 1, p. 80-93.
- DE SOUZA OLIVEIRA, R. P., RODRIGUES FLORENCE, A. C., PEREGO, P., DE OLIVEIRA, M. N., CONVERTI, A. 2010. Use of lactulose as prebiotic and its influence on the growth, acidification profile and viable counts of different probiotics in fermented skim milk. *International Journal of Food Microbiology*, In Press, Corrected Proof, Available online 13 November 2010.
- DE SOUZA OLIVEIRA, R. P., PEREGO, P., DE OLIVEIRA, M. N., CONVERTI, A. 2011. Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and counts of a probiotic cocktail in fermented skim milk. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, 2011, no. 2, p. 520-523.
- DE VUYST, L., VRANCKEN, G., RAVYTS, F., RIMAUX, T., WECKX, S. 2009. Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota. In *Food Microbiology*, vol. 26, 2009, no. 7, p. 666 - 675.
- DORDEVIC', T. M., ŠILER-MARINKOVIC', S. S., DIMITRIJEVIC'-BRANKOVIC, S. I. 2010. Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. In *Food Chemistry*, vol. 119, 2010, no. 3, p. 957-963.
- DREWNOWSKI, A., FULGONI, V. 2011. Comparing the Nutrient rich foods index with „Go“, „Slow“ and „Whoa“ foods. *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 111, 2011, no. 2, p. 280-284.

- EL HAG, M. E., EL TINAY, A. H., YOUSIF, N. E. 2002. Effect of fermentation and dehulling on starch, total polyphenols, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet. In *Food Chemistry*, vol. 77, 2002, no. 2, p. 193-196.
- FEBLES, C. I., ARIAS, A., HARDISSON, A., RODRÍGUEZ-ALVAREZ, C., SIERRA, A. 2002. Phytic Acid Level in Wheat Flours. In *Journal of Cereal Science*, vol. 36, 2002, no. 1, p. 19-23.
- FERENČÍK, M., ŠKÁRKA, B., NOVÁK, M., TURECKÝ, L. 2000. Biochémia. Slovak Academic Press s.r.o., 2000, 924p. ISBN: 80-88908-58-2.
- FLETCHER, R.J. 2004. Pseudocereals, overview. In *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 2, p. 488-493, ISBN: 0-12-765490-9.
- GADAGA, T. H., MUTUKUMIRA, A. N., NARVHUS, J. A., FERESU, S. B. 1999. A review of traditional fermented foods and beverages of Zimbabwe. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 53, 1999, no. 1, p. 1-11.
- GARCÍA-ESTEPA, R. M., GUERRA-HERNÁNDEZ, E., GARCÍA-VILLANOVA, B. 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. In *Food Research International*, vol. 32, 1999, no. 3, p. 217-221.
- GÁLOVÁ, Z., KEČKEŠOVÁ, M., KOPÁLOVÁ, Z., CHŇAPEK, M., POLÁČKOVÁ, A. 2011. Quality of cereals, pseudocereals and legume from the point of view gluten free diet. In *Potravinárstvo*, vol.5, special issue February 2011, p. 268-273.
- GÄNZLE, M. G., VERMEULEN, N., VOGEL, R. F. 2007. Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough. In *Food Microbiology*, vol. 24, 2007, no. 2, p. 128-138.
- GOBBETTI, M., DE ANGELIS, M., CORSETTI, A., DI CAGNO, R. 2005. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 16, 2005, no. 1-3, p. 57-69.
- GÖRNER, F., VALÍK, L. 2004. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin*. 1st ed.. Bratislava : MALÉ CENTRUM, 2004. 528p. ISBN: 80-967064-9-7.
- GULDFELDT, L. U., SØRENSEN, K. I., STRØMAN, P., BEHRNDT, H., WILLIAMS, D., JOHANSEN, E. 2001. Effect of starter cultures with a genetically modified peptidolytic or lytic system on Cheddar cheese ripening. In *International Dairy Journal*, vol. 11, 2001, no. 4-7, p. 373-382.
- HAMMES, W. P., BRANDT, M. J., FRANCIS, K. L., ROSENHEIM, J., SEITTER, F. H., VOGELMANN, S. A. 2005. Microbial ecology of cereal fermentations. In *Trends in Food Science and Technology*, vol. 16, 2005, no. 1-3, p. 4-11.
- HELLAND, M. H., WICKLUND, T., NARVHUS, J. A. 2004. Grow and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk- and water-based cereals puddings. In *International Dairy Journal*, vol. 14, 2004, no. 11, p. 957-965.
- HOFFMANN, E. M., MUETZEL, S., BECKER, K. 2003. The fermentation of soybean meal by rumen microbes in vitro reveals different kinetic features for the inactivation and the degradation of trypsin inhibitor protein. In *Animal Feed Science and Technology*, vol. 106, 2003, no. 1-4, p. 189-197.
- HUGENHOLTZ, J. 1993. Citrate metabolism in lactic acid bacteria. In *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 12, 1993, no. 1-3, p. 165-178.
- HUTKINS, R. W. 2006. *Microbiology and Technology of Fermented Foods*, Blackwell Publishing, Oxford, 2006, 473p. ISBN: 0-8138-0018-8.
- CHARALAMPOPOULOS, D., WANG, R., PANDIELLA, S. S., WEBB, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 79, 2002, no. 1-2, p. 131-141.
- CHIBBAR, R. N., GANESHAN, S., BÅGA, M., KHANDELWAL, R. L. 2004. Carbohydrate metabolism. In *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol.1, p. 168-179, ISBN: 0-12-765490-9.
- KATINA, K., LIUKKONEN, K. H., KAUKOVIRTA-NORJA, A., ADLERCREUTZ, H., HEINONEN, S. M., LAMPI, A. M., PIHLAVA, J. M., POUTANEN, K. 2007. Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. In *Journal of Cereal Science*, vol. 46, 2007, no. 3, p. 348-355.
- KONIETZNY, U., GREINER, R. 2003. Phytic acid/nutritional impact. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 8, p. 4555-4563. ISBN: 978-0-12-227055-0.
- KONINGS, W. N., KOK, J., KUIPERS, O. P., POOLMAN, B. 2000. Lactic acid bacteria: the bugs of the new millennium. In *Current Opinion in Microbiology*, vol. 3, 2000, no. 3, p. 276-282.
- KORUS, J., WITCZAK, M., ZIOBRO, R., JUSZCZAK, L. 2009. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. In *Food Hydrocolloids*, vol. 23, 2009, no. 3, p. 288-995.
- LEROY, F., DE VUYST, L. 2004. Lactic acid bacteria as starter cultures for the food fermentation industry. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 15, 2004, no. 4, p. 67-78.
- LI, H., CAO, Y. 2010. Lactic acid bacterial cell factories for gamma-aminobutyric acid. In *Amino Acids*, vol. 39, 2010, no. 5, p. 1107-1116.
- LIU, S. Q. 2003. Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 83, 2003, no. 2, p. 115-131.
- LÖNNERDAL, B. 2002. Phytic acid-trace element (Zn, Cu, Mn) interactions. In *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 37, 2002, no. 7, p. 749-758.
- MANNING, T. S., GIBSON, G. R. 2004. Prebiotics. In *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, vol. 18, 2004, no. 2, p. 287-298.
- MÅRTENSON, O., ÖSTE, R., HOLST, O. 2002. The effect of yogurth culture on the survival of probiotic bacteria in oat-based, non-dairy products. In *Food Research International*, vol. 35, 2002, no. 8, p. 775-784.
- MESSENS, W., DE VUYST, L. 2002. Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs—a review. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 72, 2002, no. 1-2, p. 31-43.
- MICHALÍK, I., GÁLOVÁ, Z., URMINSKÁ, D., KNOBLOCHOVÁ, H. 2006. Bielkovinový komplex zrna obilnín a pseudoobilnín. In *Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2006. p. 68 – 101. ISBN 80-8069-780-9.
- MIKULAJOVÁ, A., TAKÁČSOVÁ, M., RAPTA, P., BRINDZOVÁ, L., ZALIBERA, M., NÉMETH, K. 2007. Total phenolic contents and antioxidant capacities of cereal and pseudocereal genotypes. In *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 46, 2007, no. 4, p. 150-157.
- MIKUŠOVÁ, L., BRINDZOVÁ, L., RAPTA, P., MOŠOVSKÁ, S., ZALIBERA, M. 2008. Determination of total phenols and antioxidant activity in pseudocereal extracts evaluated by spectroscopic methods. In *XXXIX. Symposium o*

- nových směrech výroby a hodnocení potravin, Skalský Dvůr, 26. - 28. 5. 2008, p. 9-10.
- MINAMIYAMA, Y., TAKEMURA, S., YOSHIKAWA, T., OKADA, S. 2003. Fermented grain products, production, properties and benefits to health. In *Pathophysiology*, vol. 9, 2003, no. 4, p. 221-227.
- MOŠOVSKÁ, S., BIROŠOVÁ, L., VALÍK, E., MIKUŠOVÁ, L. 2010. Antimicrobial activities of pseudocereal extracts and drug resistance. In *Proceedings of the 5th international congress flour-bread '09*, Grafika d.o.o., Osijek, 2010, p. 314-319, ISBN 978-953-7005-21-4.
- MURALIKRISHNA, G., NIRMALA, M. 2005. Cereal α -amylases—an overview. In *Carbohydrate Polymers*, vol. 60, 2005, no. 2, p.163-173.
- NARIADENIE KOMISIE (ES) č. 41/2009 z 20. januára 2009 o zložení a označovaní potravín vhodných pre osoby trpiace neznášanlivosťou gluténu. L 16/4.
- NARVHUS, J. A., AXELSSON, L. 2003. Lactic acid bacteria. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 4, p. 3465-3472. ISBN: 978-0-12-227055-0.
- NAVRHUS, J. A., SØRHAUG, T. 2006. *Bakery and cereal products*. In *Food chemistry and food processing*, 1.ed. Oxford: BLACKWELL Publishing Ltd, 2006, p. 615-639. ISBN-13: 978-0-8138-0378-4.
- NIELSEN, P. K., BØNSAGER, B. C., FUKUDA, K., SVENSSON, B. 2004. Barley α -amylase/subtilisin inhibitor: structure, biophysics and protein engineering. In *Biochimica and Biophysica Acta*, vol. 1696, 2004, no. 2, p. 157-164.
- OLLI, J.J., HJELMELAND, K., KROGDAHL, Å. 1994. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L): effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content. In *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, vol. 109, 1994, no. 4, p. 923-928.
- PALACIOS, M. C., HAROS, M., SANZ, Y., ROSELL, C. M. 2008. Selection of lactic acid bacteria with high phytate degrading activity for application in whole wheat breadmaking. In *LWT - Food Science and Technology*, vol. 41, 2008, no. 1, p. 82-92.
- PISULEWSKA, E., PISULEWSKI, P. M. 2000. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. In *Animal Feed Science and Technology*, vol. 86, 2000, no. 3-4, p. 261-265.
- POUTANEN, K., FLANDER, L., KATINA, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. In *Food Microbiology*, vol. 26, 2009, no. 7, p. 693-699.
- PRADO, F. C., PARADA, J. L., PANDEY, A., SOCCOL, C. R. 2008. Trends in non-dairy probiotic beverages. In *Food Research International*, vol. 41, 2008, no. 2, p. 111-123.
- REALE, A., MANNINA, L., TREMONTE, P., SOBOLEV, A. P., SUCCI, M., SORRENTINO, E., COPPOLA, R. 2004. Phytate degradation by lactic acid bacteria and yeasts during the wholemeal dough fermentation: a³¹P-NMR study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, 2004, no. 20, p. 6300-6305.
- REDDY, G., ALTAF, M. D., NAVEENA, B. J., VENKATESHWAR, M., VIJAY KUMAR, E. 2008. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation — A review. In *Biotechnology Advances*, vol. 26, 2008, no. 1, p. 22-34.
- RIVERA-ESPINOZA, Y., GALLARDO-NAVARO, Y. 2010. Non-dairy probiotic products. In *Food Microbiology*, vol. 27, 2010, no. 1, p. 1-11.
- SERNA SALDIVAR, S. O., CABALLERO, B. 2003. Cereals/Dietary Importance. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 3, p. 1027-1033. ISBN: 978-0-12-227055-0.
- SCHAKEL, S. F., VAN HEEL, N., HARNACK, J. 2004. Appendix 1. In *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 3, p. 431-449, ISBN: 0-12-765490-9.
- SCHNÜRER, J., MAGNUSSON, J. 2005. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 16, 2005, no. 1-3, p. 70-78.
- SMITINONT, T., TANSAKUL, C., TANASUPAWAT, S., KEERATIPIBUL, S., NAVARINI, L., BOSCO, M., CESCUTTI, P. 1999. Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria strains from traditional thai fermented foods: isolation, identification and exopolysaccharide characterization. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 51, 1999, no. 2-3, p. 105-111.
- SU, P., HENRIKSSON, A., MITCHELL, H. 2007. Selected prebiotics support the growth of probiotic mono-cultures in vitro. *Anaerobe*, vol.13, 2007, no. 3-4, p. 134-139.
- SVANBERG, U., LORRI, W. 1997. Fermentation and nutrient availability. In *Food Control*, vol. 8, 1997, no. 5-6, p. 319-327.
- SWANSON, B. G. 2003. Tannins and polyphenols. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 9, p. 5729-5733. ISBN: 978-0-12-227055-0.
- TAYLOR, J. R. N. 2003. Fermented foods/Beverages from Sorghum and Millet. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 2, p. 2352-2359. ISBN: 978-0-12-227055-0.
- TAYLOR, J. R. N. 2004. Fermentation/Foods and Nonalcoholic Beverages. In *Encyclopedia of Grain Science*. Academic Oxford Press, vol. 1, 2004, p. 380-390. ISBN: 0-12-765490-9.
- TENIOLA, O. D., ODUNFA, S. A. 2001. The effects of processing methods on the levels of lysine, methionine and the general acceptability of ogi processed using starter cultures. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 63, 2001, no. 1-2, p. 1-9.
- THIELE, C., GÄNZLE, M. G., VOGEL, R. F. 2002. Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavour. In *Cereal Chemistry*, vol. 79, 2002, no. 1, p. 45-51.
- TIEKING, M., GÄNZLE, M. G. 2005. Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 16, 2005, no. 1-3, p. 79-84.
- TOPPING, D. 2007. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. In *Journal of Cereal Science*, vol. 46, 2007, no. 3, p. 220-229.
- TOWO, E., MATUSCHEK, E., SVANBERG, U. 2006. Fermentation and enzyme treatment of tannin sorghum gruels: effects on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron. In *Food Chemistry*, vol. 94, 2006, no. 3, p. 369-376.
- TWOMEY, D., ROSS, R. P., RYAN, M., MEANEY, B., HILL, C. 2002. Lantibiotics produced by lactic acid bacteria: structure, function and applications. In *Antonie van Leeuwenhoek*, vol. 82, 2002, no. 1-4, p. 165-185.
- US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, NATIONAL HEART LUNG AND BLOOD INSTITUTE. We can! Go, Slow and Whoa foods. [online], [14.3.2008], [1.2.2011]. Retrieved from the web <<http://www.nhlbi.nih.gov/health/public/heart/obesity/wecan/downloads/gswtips.pdf>>.

USDA. Using The Food Guide Pyramid: A Resource for Nutrition Educators. Dietary Guidelines for Americans. U.S. Department of Agriculture Food, Nutrition, and Consumer Services Center For Nutrition Policy and Promotion Fifth Edition, 2000. [online], [5.a.], [28.1.2011]. Retrieved from the web:

<<http://www.health.gov/dietaryguidelines/dga2000/document/contents.htm>>.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. 2004. Quinoa. In *Encyclopedia of Grain Science*. Academic Oxford Press, vol. 3, 2004, p.1-8. ISBN: 0-12-765490-9.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. 2003. Quinoa. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 8, p. 4895-4902. ISBN: 978-0-12-227055-0.

VALERIO, F., DE BELLIS, P., LONIGRO, S. L., VISCONTI, A., LAVERNICOCCA, P. 2008. Use of *Lactobacillus plantarum* fermentation products in bread-making to prevent *Bacillus subtilis* ropy spoilage. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 122, 2008, no. 3, p. 328-332.

VALERIO, F., LAVERMICOCCA, P., PASCALE, M., VISCONTI, A. 2004. Production of phenyllactic acid by lactic acid bacteria: an approach to the selection of strains contributing to food quality and preservation. In *FEMS Microbiology Letters*, vol. 233, 2004, no. 2, p. 289-295.

VAN DER MEULEN, R., GROSU-TUDOR, S., MOZZI, F., VANINGELGEM, F., ZAMFIR, M., DE VALDEZ, G. F., DE VUYST, L. 2007. Screening of lactic acid bacteria isolates from dairy and cereal products for exopolysaccharide production and genes involved. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 118, 2007, no. 3, p. 250-258.

VÝNOS MP SR a MZ SR z 25.júla 2007 č. 16826/2007-10L, ktorým sa vydáva hlava PK SR upravujúca požiadavky na potraviny na osobitné výživové účely a na výživové doplnky.

VÝNOS MP SR a MZ SR z 15. marca 2004 č. 608/2/2004, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca požiadavky na potraviny na osobitné výživové účely a na výživové doplnky.

WIKIPEDIA. 2011a. Polyphenol. Wikipedia, free encyclopedia. [online], [február 2011], [cit. 10.2.2011]. Retrieved from the web: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyphenol>>.

WIKIPEDIA. 2011b. Injera, Wikipedia, free encyclopedia. [online], [s.a.], [cit. 10.2.2011]. Retrieved from the web: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Injera>>.

WIKIPEDIA. 2011c. Idli, Wikipedia, free encyclopedia. [online], [February 2011], [cit. 10.2.2011]. Retrieved from the web: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Idli>>.

WOUTERS, J. T. M., AYAD, E. H. E., HUGENHOLTZ, J., SMIT, G. 2002. Microbes from raw milk for fermented dairy products. In *International Dairy Journal*, vol. 12, 2002, no. 2-3, p. 91-109.

WRIGLEY, C.: Cereals/Overview. In *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 1, p. 187-201, ISBN: 0-12-765490-9.

ZOTTA, T., RICCIARDI, A., PARENTE, E. 2007. Enzymatic activities of lactic acid bacteria isolated from Cornetto di Matera sourdoughs. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 115, 2007, no. 2, p. 165-172.

Acknowledgments:

The work was supported by The Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic for the Structural Funds of EU, OP R&D of ERDF in the frame of the Project "Evaluation of natural substances and their selection for prevention and treatment of lifestyle diseases (ITMS 26240220040).

Contact address:

Monika Kocková, Department of Nutrition and Food Assesment, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak Republic, E-mail: monika.kockova@stuba.sk

Lubomír Valík, Department of Nutrition and Food Assesment, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak Republic, E-mail: lubomir.valik@stuba.sk