

SUITABILITY OF CEREAL PORRIDGES AS SUBSTRATE FOR PROBIOTIC STRAIN *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* GG

Monika Kocková, Ľubomír Valík

ABSTRACT

The aim of this work was to find new substrates suitable for growth and metabolism of probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG, which would be interesting for development of new functional food. The growth and metabolic activity of *Lb. rhamnosus* GG in cereal (rye, barley, oat and millet) porridges were monitored during fermentation process. Cereal and porridges, were inoculated with this strain at two initial levels to obtain approximately 5 or 6 log colony form units per gram of suspension after sterilization and cooling. Fermentation was led stationary at 37 °C for 48 hours and viable cell count, pH value, titratable acidity and organic acids were analysed. Metabolic activity of *Lb. rhamnosus* GG was influenced by inoculation level and by the type of cereal used. The cereals fermented by lactic acid bacteria, especially probiotic strains, might broaden the offer of probiotic products for those suffering from milk allergy.

Keywords: cereal; pseudocereal; fermentation; probiotic; *Lactobacillus rhamnosus* GG

ÚVOD

Cereálie tvoria základ potravinovej pyramídy. Pre prevažnú časť ľudstva našej Zeme sú najdôležitejšou a základnou potravinou, ktorá je v prirodzenom stave zdrojom sacharidov, ale dodáva nám aj vysokohodnotné proteíny, vitamíny, minerálne látky i dôležitú vlákninu.

Sacharidy sú kvantitatívne najdôležitejšou zložkou týchto plodín, tvoria dve tretiny až tri štvrtiny sušiny. Z monosacharidov sú v zrnách najčastejšie zastúpené hexózy (fruktóza, glukóza a galaktóza) a pentózy (arabinóza a xylóza). Sacharóza a maltóza sú bežne sa vyskytujúce disacharidy cereálnych zŕn. Z polysacharidov sa v zrnách vyskytujú najmä škrob, celulóza a xylány (Navrus, Sorghaug, 2006; Chibbar et al., 2004).

Cereálie vo výžive ľudí patria tiež k významným zdrojom proteínov, ktoré sú dobrým zdrojom väčšiny esenciálnych aminokyselín, okrem lyzínu a tryptofánu (Serna Saldívar, 2003; Bekes, Wrigley, 2004).

Stráviteľnosť cereálnych proteínov je nižšia v porovnaní so živočíšnymi proteínmi (v rozmedzí od 80 do 90 %), čo je zapríčinené kyselinou fytovou, 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 (Serna Saldívar, 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. Obsah minerálnych látok sa pohybuje v rozmedzí od 1,25 do 2,5 %. Celé zrná poskytujú minerálne látky ako vápnik, draslík, horčík, železo, zinok, meď, fosfor, ktorých obsah

sa však znižuje lúpaním a mletím (Serna Saldívar, 2003; Poutanen et al., 2009).

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. Medzi tradičné fermentované cereálne produkty, kysnuté, či kvasené 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).

Primárnym účelom fermentácie potravín bolo predĺženie trvanlivosti východiskových surovín. Baktérie mliečneho kysnutia produkujú širokú škálu látok s antimikrobiálnym účinkom, ako organické kyseliny, oxid uhličitý, etanol, peroxid vodíka, diacetyl, mastné kyseliny, bakteriocíny a antibiotiká (Caplice, Fitzgerald, 1999; Navrus, Sorhaug, 2006; Valerio et al., 2008; Katina, et al., 2002; Messens, De Vuyst, 2002). 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. Počas fermentácie sa zvyšuje dostupnosť proteínov bakteriálnou enzymatickou hydrolyzou, zvyšuje sa stráviteľnosť škrobu, dochádza k produkcii vitamínov, najmä skupiny B a dochádza k redukcii antinutričných látok (Arora et al., 2010; Charalampopoulos, et al., 2002; Rivera-Espinoza, Gallardo-Navarro, 2010; Taylor, 2003).

Fermentácia sa stala aj procesom zabezpečujúcim zdravotnú neškodnosť potravín vyrobených aj bez teplotného opracovania (Leroy, De Vuyst, 2004, Caplice, Fitzgerald, 1999).

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 vzniku aromatických zlúčenín. K celkovej tvorbe arómy prispievajú aj degradačné reakcie aminokyselín, z ktorých kľúčová je Ehrlichova cesta, ktorá vedie k tvorbe aldehydov a príslušných alkoholov.

Použitím probiotických baktérií vo fermentačných technológiách môžeme navyše prispieť k rozšíreniu ponuky probiotických výrobkov na našom trhu, ktorá z prevažnej väčšiny pozostáva z mliečnych výrobkov. Probiotické mliečne výrobky sú však nevhodné pre ľudí trpiacich alergiou na mliečne proteíny. Nakoľko títo pacienti sú odkázaní na užívanie probiotík v tabletovej forme, našou prirodzenou ambíciou je pripraviť pre nich adekvátne výrobky na cereálnom alebo pseudocereálnom základe.

Cieľom našej práce bolo posúdiť vhodnosť cereálnych substrátov pre rast a metabolickú aktivitu probiotického kmeňa *Lactobacillus rhamnosus* GG počas fermentačných pokusov a zdokumentovať vplyv počiatočnej inokulácie na rast a metabolizmus vybraného kmeňa.

MATERIÁL A METÓDY

Materiál: V práci bolo použitých 6 druhov cereálií zakúpených v mlyne (Mlyn Zrno, SR) a v obchodnej sieti – ražná múka svetlá (RM), raž zrná (RZ), jačmenná múka svetlá (JMS), jačmenná múka celozrnná (JMC), ovsená múka celozrnná (OMC), a proso zrná (PZ).

Príprava médií a fermentačný proces: 20 gramov pomletej a preosiatej vzorky sa zmiešalo so 180 ml deionizovanej vody, vysterilizovalo v autokláve (121 °C, 15 min.), ochladilo a naočkovalo nočnou kultúrou *Lb. rhamnosus* GG na počiatočnú koncentráciu 5 resp. 6 log KTJ/g. Fermentácia prebiehala pri teplote 37 °C počas 48 hodín, vzorky na stanovenia (počet živých buniek, pH, titračná kyslosť, organické kyseliny) sa odoberali každých 24 hodín.

Mikroorganizmy: Kmeň *Lactobacillus rhamnosus* GG bol poskytnutý Dr. Salinenom (Univerzita v Turku, Fínsko) prostredníctvom Dr. Laukovej (Štátny veterinárny a potravinový ústav, Košice, SR).

Mikrobiálna analýza: Počty *Lb. rhamnosus* GG boli stanovené po desiatkovom riedení a kultivácii na MRS agare (Merck, Nemecko) podľa STN ISO 15214.

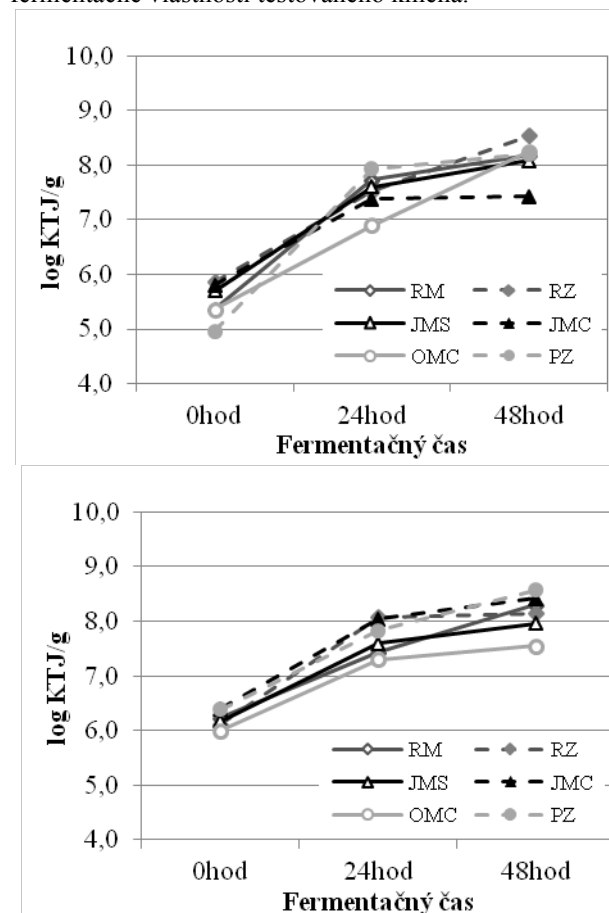
Chemická analýza: Na stanovenie pH hodnoty bol použitý pH-meter typ CG 843 (SCHOTT, Nemecko), meranie sa vykonalo podľa postupu uvedeného v užívateľskej príručke. Celková titračná kyslosť sa stanovovala vizuálnou titráciou s 0,01 M roztokom NaOH (Lachema, ČR) na fenolftaleín postupom uvedeným v literatúre (IST ISO 56 0512). Výsledok bol prepočítaný na kyselinu mliečnu. Organické kyseliny sme stanovovali izotachoforetickou metódou. Kvantitatívne vyhodnotenie bolo vykonané metódou analytickej čiary, ktorá bola stanovená pre organické kyseliny pomocou štandardných roztokov kyseliny

mliečnej (Lachema, ČR) a kyseliny octovej (Lachema, ČR).

Štatistická analýza: Výsledky reprezentujú stredné hodnoty so štandardnou odchýlkou. Štatistická analýza bola vykonaná pomocou programu Microsoft Excel 2007. Dáta boli podrobené Studentovmu t-testu na hladine pravdepodobnosti 95 %.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Fermentačné pokusy sa uskutočnili za účelom zhodnotenia fermentačných vlastností *Lb. rhamnosus* GG, stanovením poklesu pH-hodnoty, nárastu titračnej kyslosti, produkcie organických kyselín (mliečnej a octovej) a hodnotenia rastu probiotického kmeňa v cereálnych substrátoch. Titračná kyslosť (vyjadrená ako percentuálne zastúpenie organických kyselín, v našom prípade kyseliny mliečnej ako prevládajúcej kyseliny) a hodnoty pH patria k dôležitým ukazovateľom priebehu fermentačného procesu. Zmeny hodnôt pH sú zároveň aj ukazovateľom kvality daného kmeňa a sú výsledkom jeho metabolickej aktivity. Sledovali sme aj vplyv počiatočnej veľkosti inokula na fermentačné vlastnosti testovaného kmeňa.



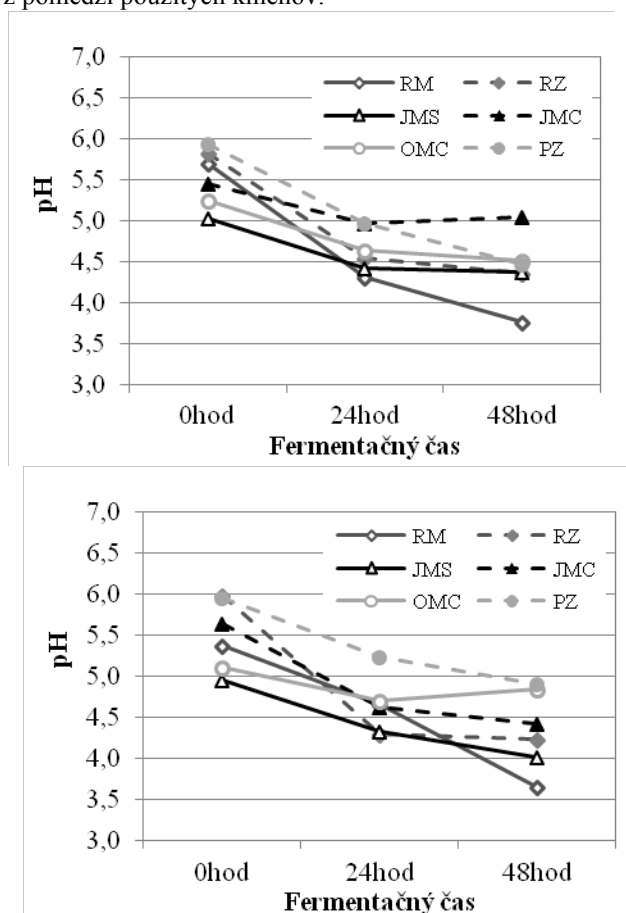
Obr.1: Hodnotenie rastu *Lb. rhamnosus* GG počas fermentácie pri teplote 37 °C počas 48 hodín v cereálnych kašiach s počiatočnou inokuláciou 5 (hore) resp. 6 (dole) log KTJ/g.

Ako vyplýva z výsledkov na Obr. 1, *Lb. rhamnosus* GG bol schopný rásť v kašiach pripravených z vybraných cereálií. Pri kašiach s nižšou počiatočnou inokuláciou bol zaznamenaný nárast počtu buniek z pôvodných 4,95 – 5,86 log KTJ/g na konečných 7,43 – 8,54 log KTJ/g.

Najnižšie počty na konci fermentačného pokusu sme stanovili vo vzorke jačmennej múky celozrnnej.

V kašiach s vyššou počiatočnou inokuláciou sa počiatočné počty *Lb. rhamnosus* GG pohybovali v rozmedzí 6,00 – 6,40 log KTJ/g a konečné v rozmedzí 7,54 – 8,57 log KTJ/g, pričom najnižšie počty na konci fermentácie boli stanovené v kaši z ovsenej múky celozrnnej.

Helland et al. (2004a, 2004b) sledovali rast probiotických a potenciálne probiotických kmeňov vo vodných a mliečnych cereálnych (kukurica a ryža) pudingoch a v kukuričných kašiach, pričom dosiahli podobné počty živých buniek na konci fermentačného procesu, pričom *Lb. rhamnosus* GG bol jediný kmeň, ktorý bol schopný prežívať vo vodných pudingoch počas chladiarenského skladovania. Rast probiotických baktérií sledovala aj Pelikánová et al. (2011) a bolo zistené, že *Lb. rhamnosus* GG vykazoval najlepšie rastové vlastnosti z pomedzi použitých kmeňov.



Obr.2: Hodnotenie zmien pH v cereálnych kašiach fermentovaných kmeňom *Lb. rhamnosus* GG pri teplote 37 °C počas 48 hodín pri počiatočnej inokulácii 5 (hore) resp. 6 (dole) KTJ/g.

Hodnoty pH počas fermentačného pokusu klesli vo vzorkách s nižšou počiatočnou inokuláciou z počiatočných 5,03 – 5,94 na konečných 3,76 – 5,05, pričom k rýchlejšiemu poklesu dochádzalo v priebehu prvých 24 hodín. Vo vzorke jačmennej múky celozrnnej sme dokonca zaznamenali mierny nárast pH od 24. po 48 hodinu. Vo vzorkách s vyššou počiatočnou inokuláciou došlo k poklesu pH z pôvodných 4,96 - 5,98 na konečných 3,66 – 4,90. Vo vzorke ovsenej múky celozrnnej sme tak

isto zaznamenali nárast pH od 24. do 48 hodiny fermentačného pokusu. *Lb. rhamnosus* nebol schopný výrazne znižovať pH prostredia v porovnaní s inými baktériami mliečneho kysnutia použitými v cereálnych fermentáciách. Metabolickou aktivitou *Lb. plantarum* alebo *Lb. acidophilus* v sladových, jačmenných a sladovo-jačmenných substrátoch došlo k poklesu pH pod hodnotu 3,5 po 24 hodinovom fermentačnom pokuse (Rathore et al, 2012).

Vplyv veľkosti počiatočnej inokulácie na pokles hodnôt pH bol významný iba pri dvoch vzorkách, a to v jačmennej múke svetlej a celozrnnej. V ovsenej múke celozrnnej a v zrnách prosa sme zaznamenali vyššie pH na konci fermentačného pokusu vo vzorkách s vyššou počiatočnou inokuláciou.

Počas fermentačného pokusu bola sledovaná aj produkcia organických kyselín, jednak ako obsah celkových titrovateľných kyselín a jednak bola izotachoforeticky vyhodnotená produkcia kyseliny mliečnej a octovej ako hlavných metabolitov.

Titračná kyslosť v kašiach inokulovaných na počiatočnú denzitu buniek 5 log KTJ/g vzrástla z pôvodných 255,7 až 807,8 mg/kg na konečných 499,3 až 1216,0 mg/kg. Najnižší nárast titrovateľných kyselín sme zaznamenali vo vzorke pohánkovej múky svetlej, v ktorej bola dokonca v 48. hodine stanovená nižšia titračná kyslosť ako v 24. hodine. Podobný pokles sme zaznamenali aj v prípade ražných zŕn, napriek tomu bol v tejto vzorke najvyšší nárast obsahu titrovateľných kyselín.

V kašiach s vyššou počiatočnou inokuláciou bol zaznamenaný nárast celkovej titračnej kyslosti z počiatočných 336,9 až 917,0 mg/kg na konečných 737,6 až 1261,4 mg/kg. Najvyšší nárast titrovateľných kyselín sme zaznamenali vo vzorke ražnej múky, najnižší v jačmennej múke svetlej rovnako ako pri nižšie inokulovaných kašiach. Čo sa týka vplyvu veľkosti počiatočnej inokulácie na produkciu organických kyselín, pozitívny vplyv sa prejavil vo všetkých vzorkách okrem kaše pripravenej zo zŕn raže.

Izotachoforetickou metódou sme stanovili kyselinu mliečnu a octovú, avšak počas fermentácie dochádzalo k produkcii aj iných organických kyselín, ako mravčej, jantárovej a ďalších a k redukcii kyseliny citrónovej vo väčšine substrátov.

Počas fermentácie kaši s nižšou počiatočnou inokuláciou došlo k nárastu koncentrácie kyseliny mliečnej z počiatočných 49,89 až 75,52 mg/kg (v dvoch vzorkách bola kyselina mliečna pod medzou detekcie) na konečných 286,39 až 647,35 mg/kg. Rovnako ako v prípade titračnej kyslosti, aj tu došlo k poklesu kyseliny mliečnej vo vzorke jačmennej múky svetlej v druhej polovici fermentačného pokusu. Zároveň bola v tejto vzorke zaznamenaná najnižšia produkcia kyseliny mliečnej. Najvýraznejšia produkcia kyseliny mliečnej bola stanovená vo vzorke ovsenej múky celozrnnej.

Vo vyššie inokulovaných cereálnych kašiach došlo k nárastu kyseliny mliečnej z počiatočných 58,68 až 100,41 mg/kg na konečných 315,67 až 862,61 mg/kg. V kaši zo zŕn prosa bola koncentrácia kyseliny mliečnej pod medzou detekcie počas celej doby fermentačného pokusu. Najnižšia produkcia kyseliny mliečnej bola zaznamenaná opäť vo vzorke jačmennej múky svetlej, najvyššia v ražnej múke.

potravinárstvo

Tab. 1 Sledovanie zmien hodnôt titračnej kyslosti a produkcia organických kyselín (mlečnej a octovej) v cereálnych kašiach počas fermentácie s *Lb. rhamnosus* GG pri teplote 37 °C počas 48 hodín pri dvoch veľkostiach počiatočnej inokulácie.

Substrát	Titračná kyslosť [mg.kg ⁻¹]		
	0 hod	24 hod	48 hod
Počiatočná inokulácia 5 log KTJ/g			
RM	255,7±27,7 ^{a,x}	325,7±25,6 ^{a,y}	499,3±27,9 ^{a,z}
RZ	469,6±0,0 ^{b,x}	1684,4±53,0 ^{f,z}	1032,5±27,5 ^{d,y}
JMS	551,9±25,8 ^{c,x}	780,1±0,0 ^{c,z}	611,6±25,8 ^{b,y}
JMC	726,3±48,4 ^{d,x}	942,8±27,7 ^{d,y}	1030,5±27,5 ^{d,z}
OMC	807,8±0,0 ^{e,x}	1157,4±96,5 ^{e,y}	1216,0±72,4 ^{e,y}
PZ	288,5±0,0 ^{a,x}	656,1±43,7 ^{b,y}	761,7±47,6 ^{c,z}
Počiatočná inokulácia 6 log KTJ/g			
RM	336,9±48,1 ^{a,x}	367,8±0,0 ^{a,x}	1133,9±25,5 ^{c,y}
RZ	378,1±47,3 ^{a,x}	877,6±46,2 ^{c,y}	835,0±27,3 ^{b,y}
JMS	497,8±27,8 ^{b,x}	760,1±28,0 ^{b,y}	737,6±25,6 ^{a,y}
JMC	761,3±95,2 ^{c,x}	1151,9±28,1 ^{d,y}	1261,4±46,7 ^{d,z}
OMC	917,0±0,0 ^{d,x}	1207,0±0,0 ^{d,y}	1229,2±27,6 ^{d,y}
PZ	386,6±48,3 ^{a,x}	897,5±47,2 ^{c,y}	873,3±0,0 ^{b,y}
Substrát	Kyselina mliečna [mg.kg ⁻¹]		
	0 hod	24 hod	48 hod
Počiatočná inokulácia 5 log KTJ/g			
RM	ND	232,20±12,23 ^{a,x}	375,71±5,53 ^{b,y}
RZ	49,89±4,39 ^{a,x}	426,23±1,27 ^{b,y}	522,15±2,20 ^{c,z}
JMS	75,52±1,27 ^{b,x}	475,29±12,10 ^{c,z}	286,39±34,05 ^{a,y}
JMC	58,68±7,92 ^{a,x}	470,16±7,71 ^{c,y}	503,84±14,95 ^{c,z}
OMC	68,20±14,95 ^{b,x}	538,26±8,32 ^{d,y}	647,35±5,81 ^{d,z}
PZ	ND	418,91±4,39 ^{c,y}	343,50±11,27 ^{a,x}
Počiatočná inokulácia 6 log KTJ/g			
RM	73,32±3,36 ^{b,x}	257,10±16,63 ^{a,y}	862,61±11,41 ^{d,z}
RZ	77,09±1,32 ^{b,x}	699,85±5,75 ^{d,z}	369,80±7,35 ^{a,y}
JMS	100,41±4,39 ^{c,x}	503,48±1,55 ^{c,z}	315,67±25,33 ^{a,y}
JMC	63,37±1,32 ^{a,x}	697,57±16,54 ^{d,z}	567,99±2,29 ^{c,y}
OMC	58,68±3,80 ^{a,x}	388,89±3,36 ^{b,y}	495,79±22,93 ^{b,z}
PZ	ND	ND	ND
Substrát	Kyselina octová [mg.kg ⁻¹]		
	0 hod	24 hod	48 hod
Počiatočná inokulácia 5 log KTJ/g			
RM	ND	181,07±22,50 ^{c,x}	506,12±16,49 ^{c,y}
RZ	93,51±4,16 ^{b,x}	206,26±2,75 ^{c,y}	578,69±5,50 ^{d,z}
JMS	102,51±2,75 ^{b,x}	134,89±1,04 ^{a,y}	217,05±17,01 ^{b,z}
JMC	101,91±7,49 ^{b,x}	158,88±6,49 ^{b,y}	166,08±15,58 ^{a,y}
OMC	133,09±15,51 ^{c,x}	138,49±9,06 ^{a,x}	156,48±10,99 ^{a,x}
PZ	69,52±13,74 ^{a,x}	103,70±19,4 ^{a,x}	170,87±18,20 ^{a,y}
Počiatočná inokulácia 6 log KTJ/g			
RM	35,34±1,04 ^{a,x}	132,49±2,75 ^{b,y}	119,90±9,23 ^{b,y}
RZ	107,56±6,91 ^{c,x}	164,65±1,59 ^{c,y}	183,68±4,76 ^{c,z}
JMS	79,12±7,27 ^{b,x}	142,69±2,54 ^{b,y}	316,61±22,78 ^{d,z}
JMC	ND	118,13±0,92 ^{a,x}	149,32±2,42 ^{b,y}
OMC	124,10±5,50 ^{d,y}	176,27±35,36 ^{c,y}	82,71±11,98 ^{a,x}
PZ	ND	ND	ND

* RM – ražná múka, RZ – raž zrná, JMS – jačmenná múka svetlá, JMC – jačmenná múka celozrnná, OMC – ovsená múka celozrnná, PZ – proso zrná. Výsledky predstavujú stredné hodnoty ± smerodajná odchýlka.

^{a-b} Stredné hodnoty v stĺpcoch s rozdielnym horným indexom sú signifikatne odlišné.

^{x-y} Stredné hodnoty v riadkoch s rozdielnym horným indexom sú signifikatne odlišné.

Pozitívny vplyv veľkosti počiatkovej inokulácie na produkciu kyseliny mliečnej bol zaznamenaný v kašiach pripravených z ražnej múky, jačmennej múky svetlej a celozrnnnej a ovsenej múky celozrnnnej.

Metabolickou aktivitou *Lb. reuteri* SD 2112, *Lb. acidophilus* LA5, *Lb. acidophilus* NCDO 1748 a *Lb. rhamnosus* GG v sladovo-jačmennej kaši došlo k produkcii kyseliny mliečnej v rozmedzí od 1300 do 4000 mg.kg⁻¹, v závislosti od použitého kmeňa, pričom v prípade *Lb. rhamnosus* GG bola najvyššia (Helland et al. 2004b). Na druhej strane, fermentáciou jačmeňa s *Lb. plantarum* a *Lb. acidophilus* pri príprave nápoja nebola prekročená koncentrácia 100 mg/l kyseliny mliečnej po 24 hodinovom procese (Rathore et al. 2012).

Keďže *Lb. rhamnosus* GG patrí medzi fakultatívne heterofermentatívne kmene, okrem kyseliny mliečnej jeho metabolickou aktivitou dochádza aj k produkcii iných organických kyselín. Koncentrácia ním vytvorenej kyseliny octovej bola v porovnaní s kyselinou mliečnou podobná alebo nižšia, okrem vzorky ražnej múky s nižšou počiatkovou inokuláciou.

V kašiach s nižšou počiatkovou inokuláciou došlo k nárastu koncentrácie kyseliny octovej z počiatkových 69,52 až 133,09 mg.kg⁻¹ (v ražnej múke bola pod medzou detekcie) na konečných 156,48 až 506,12 mg/kg. Najnižšia produkcia kyseliny octovej bola v kaši pripravenej z ovsenej múky celozrnnnej, najvyššia v kašiach z ražnej múky a zrn raže.

V kašiach s vyššou počiatkovou inokuláciou bola zaznamenaná produkcia kyseliny octovej z pôvodných 35,34 až 124,10 mg/kg na konečných 82,71 až 316,61 mg/kg. V kaši zo zrn prosa bola koncentrácia kyseliny octovej pod medzou detekcie v priebehu fermentačného pokusu. V tejto vzorke pravdepodobne dochádzalo k výraznejšej produkcii iných organických kyselín na úkor kyseliny mliečnej a octovej. Vo všetkých vzorkách okrem jačmennej múky svetlej bola produkcia kyseliny octovej vyššia pri nižšej počiatkovej inokulácii.

ZÁVER

Na základe uvedených výsledkov možno konštatovať, že probiotický kmeň *Lb. rhamnosus* GG bol schopný rásť a metabolizovať v kašiach z vybraných cereálií, pričom jeho metabolická aktivita bola ovplyvnená druhom vzorky a veľkosťou počiatkovej inokulácie. Vo všetkých vzorkách pri oboch veľkostiach počiatkovej inokulácie sme dosiahli počty poriadkovo 7 log KTJ/g na konci fermentačného pokusu, čo je dôležité z legislatívneho hľadiska. Počas experimentov nedochádzalo k výraznej produkcii organických kyselín, čo môže byť výhodné najmä z hľadiska senzorickej kvality potenciálnych výrobkov. Na druhej strane bude potrebné proces fermentácie optimalizovať v zmysle ochrany pred rozvojom nežiaducej mikroflóry a overiť stabilitu takto fermentovaných substrátov.

LITERATÚRA

Arora, S., Jood, S., Khetarpaul, N. 2010. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures. *Food Chemistry*, vol. 119, 2010, no. 2, p. 779-784.

Bekes, F., Wrigley, C. 2004. Cereals/Protein Chemistry. *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol. 1, p. 254-262, ISBN: 0-12-765490-9

Caplice, E., Fitzgerald, G. F. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 50, 1999, no. 1-2, p. 131-149. PMID:10488849

Corsetti, A., Settanni, L. 2007. *Lactobacilli* in sourdough fermentation. *Food Research International*, vol. 40, 2007, no. 5, p. 539-558.

Helland, M. H., Wicklund, T., Narvhus, J. A. 2004b. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria, in maize porridge with added malted barley. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 91, 2004, p. 305-313. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.07.007>, PMID:14984778

Helland, M. H., Wicklund, T., Narvhus, J. A. 2004a. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk- and water-based cereals puddings. *International Dairy Journal*, vol. 14, 2004, no. 11, p. 957- 965. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470277515>

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. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 79, 2002, no. 1-2, p. 131- 141. PMID:12382693.

Chibbar, R. N., Ganeshan, S., Båga, M., Khandelwal, R. L. 2004. Carbohydrate metabolism. *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Oxford, 2004, vol.1, p. 168-179, ISBN: 0-12-765490-9. <http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-765490-9/00029-X>

Katina, K., Liukkonen, K. H., Kaukovirtanorja, 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. *Journal of Cereal Science*, vol. 46, 2007, no. 3, p. 348-355.

Leroy, F., De Vuyst, L. 2004. Lactic acid bacteria as starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 15, 2004, no. 4, p. 67-78.

Messens, W., De Vuyst, L. 2002. Inhibitory substances produced by *Lactobacilli* isolated from sourdoughs-a review. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 72, 2002, no. 1-2, p. 31-43. PMID:11843411

Narvhus, J. A., Sørhaug, T. 2006. *Bakery and cereal products. Food chemistry and food processing*. 1.ed. Oxford: BLACKWELL Publishing Ltd, 2006, p. 615-639. ISBN-13: 978-0-8138-0378-4.

Pelikánová, J., Liptáková, D., Valík, E., Stančková, K. 2011. Evaluation of the growth of selected *Lactobacilli* in pseudocereal substrate. *Potravinárstvo*, vol. 4, 2011, p. 53-57. <http://dx.doi.org/10.5219/169>

Poutanen, K., Flander, L., Katina, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, vol. 26, 2009, no. 7, p. 693-699. PMID:19747602.

Rathore, S., Salmerón, I., Pandiella, S. S. 2012. Production of potentially probiotic beverages using single and mixed cereal substrates fermented with lactic acid bacteria cultures. *Food Microbiology*, vol. 30, 2012, p. 239-244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2011.09.001>, PMID:22265307

Rivera-Espinoza, Y., Gallardo-Navarro, Y. 2010. Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, vol. 27, 2010, no. 1, p. 1-11. PMID:19913684

Serna Saldivar, S. O., Caballero, B. 2003. Cereals/Dietary Importance. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 3, p. 1027-1033. ISBN: 978-0-12-227055-0.

STN ISO 15214 *Microbiology of food and animal feeding stuffs Horizontal method for enumeration of mesophilic lactic acid bacteria Colony-count technique Bratislava: Slovak institute of technical normalization, 2002.*

STN ISO 56 0512 *Test methods of grain mill products Bratislava: Slovak institute of technical normalization, 1993.*

Taylor, J. R. N. 2003. Fermented foods/Beverages from Sorghum and Millet. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. Academic Press, 2003, vol. 2, p. 2352-2359. 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 breadmaking to prevent *Bacillus subtilis* ropy spoilage. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 122, 2008, no. 3, p. 328-332. [PMid:18261817](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.05.017)

Acknowledgment:

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) and the VEGA project 1/0495/13.

Contact address:

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

Ľubomír Valík, Department of Nutrition and Food Assessment, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak Republic, E-mail: lubomir.valik@s