

PREPARATION AND CHARACTERISTICS OF β -GLUCAN CONCENTRATE FROM BREWER'S YEAST AS THE ADDITIVE SUBSTANCE IN FOODS

Mária Kováčová, Ladislav Dodok, Livia Žofajová, Ľubomír Mikuš

ABSTRACT

The brewer's yeast was used for preparation of concentrate with content of β -glucan. Hot water extraction (100°C, 5 hours) and subsequently an alkaline extraction of sediment using 1 M NaOH at 90°C for 1 hour were used. β -glucan concentrate containing 59,15 % of β -glucan had good functional properties (water binding capacity 13,34 g water/1 g concentrate, fat binding capacity 6,86 g fat/1 g concentrate) and indicated biological action too. At concentration of 2 mg.ml⁻¹ DMSO (dimethylsulfoxid) was viability of murine L1210 leukemic cells reduced to 76.15 %. When observing the antioxidant activity it was identified, that the lipid peroxidation in linoleic acid samples was decreased during the presence of β -glucan concentrate. These results and good sensory properties like a bright colour and the pleasant taste and smell indicate, that prepared β -glucan concentrate has a potential to be used to improve the health – beneficial substances in the foods.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, brewer's yeast, β -glucan, antioxidative activity

ÚVOD

Glukány alebo β -glukány sú pomenovaním pre polysacharidy, ktorých jednotky glukózy sú viazané v polohách β -(1→3) glykozidovou väzbou (Freimund et al., 2003). Zdrojmi β -glukánov sú niektoré baktérie, vláknité huby, kvasinky, riasy a vyššie rastliny, predovšetkým obilniny (ovos, jačmeň). Kým v obilninách sú základné jednotky glukózy v reťazcoch β -glukánov viazané okrem β -(1→3) väzieb aj väzbami β -(1→4) (Velíšek, 1999), v mikroorganizmoch je štruktúra β -glukánov tvorená lineárnym centrálnym reťazcom z jednotiek D-glukózy pospájaných v polohe β -(1→3) a menších reťazcov, ktoré sa v rôznych intervaloch vetvia na hlavný lineárny reťazec v pozíciách β -(1→6) (Mantovani et al., 2008). Jedným z dôležitých zdrojov β -glukánov sú bunkové steny kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae*, najmä v pekárskych a pivovarských kvasniciach. β -glukány bunkových stien pivovarských kvasiniek sa skladajú z β -(1→3) a β -(1→6) viazaných molekúl glukózy. Hlavnou štruktúrnou súčasťou steny kvasiniek sú β -(1→3) glukány, ktoré tvoria 30-45 % hmotnosti bunkovej steny, zatiaľ čo obsah β -(1→6) glukánov je relatívne malý (5-10 %), ale veľmi dôležitý (Soares & Soares, 2011). Kvasinkové β -glukány sú vo vode nerozpustné (Santipanichwong & Suphantharika, 2009). Rozpustné môžu byť po chemickej oxidácii (Giavasis & Biliaderis, 2007). Ako voľne žijúci organizmus *Saccharomyces cerevisiae* syntetizuje (1→3)- β -D-glukány so stupňom vetvenia 0,2, kým geneticky modifikované druhy známe ako Betafectin, produkujú (1→3)- β -D-glukány so stupňom vetvenia 0,5 (Giavasis & Biliaderis, 2007).

β -glukány kvasiniek priťahujú čoraz väčšiu pozornosť farmaceutického aj potravinárskeho priemyslu pre priaznivé účinky na zdravie ľudí. Výskumy pripisujú β -glukánom získaným z kvasiniek mnohostrannú biologickú aktivitu. Kvasinkové β -glukány zlepšujú profil krvných a pečenejých lipidov, majú imunostimulačné vlastnosti, vykazujú prebiotickú účinnosť a antioxidačnú aktivitu (Piotrowska et al., 2009). Prejavujú sa antiparazitickými, antibakteriálnymi, antifungálnymi, protizápalovými, protinádorovými a hepatoprotektívnymi účinkami, majú vplyv na zníženie cholesterolu a antidiabetické a hypoglykemické účinky (Satrapai & Suphatharika, 2007; Mantovani et al., 2008). β -glukány boli opísané ako modulátory humorálnej aj bunkovej imunity. Ich účinky na stimuláciu imunitného systému sa prejavujú pozitívne proti najrôznejším baktériám, vírusom, plesniam a parazitom. β -(1→3)- (1→6) glukány aktivujú biele krvinky, ako sú makrofágy, granulocyty a monocyty, zodpovedné za obranu voči infekciám (Andrews et al., 2011).

Mechanizmus účinku β -glukánov nie je úplne objasnený, ale štúdie *in vitro* a *in vivo* dokazujú, že ich účinok súvisí so štruktúrou molekuly, ktorá závisí od molekulovej hmotnosti, stupňa vetvenia, prítomnosti sprievodných látok a konformačných vlastností (Freimund et al., 2003, Mantovani et al., 2008).

Prídavok β -glukánov do potravín zvyšuje nielen ich biologickú hodnotu, dôležitú pre zdravie, ale zároveň spôsobuje zmeny v ich senzorických a fyzikálno-chemických vlastnostiach, ktoré sú kľúčové pri rozhodovaní spotrebiteľa o kúpe potravín. β -glukány z pivovarských kvasníc môžu byť využité v rôznych potravinách ako zahusťovadlo, hydrokoloid, prísada

viažuca tuk či stabilizátor emulzií (Ferreira et al., 2010; Worrasinchai et al., 2006). Z dôvodu spotrebiteľskej akceptovateľnosti je veľmi dôležité, aby potraviny s prídavkom β -glukánov mali podobné alebo lepšie senzorické ukazovatele, ako potraviny bez ich prídavku (Piotrowska et al., 2009).

Cieľom našej práce bolo pripraviť a charakterizovať β -glukánový koncentrát z pivovarských kvasníc, určený na obohatenie potravín o zdraviu prospešné látky s biologickými účinkami na ľudský organizmus. Pozornosť bola venovaná tiež funkčným a organoleptickým vlastnostiam β -glukánového koncentrátu.

MATERIÁL A METÓDY

Použitý materiál. Na prípravu β -glukánového koncentrátu sme použili komerčný prípravok sušené pivovarské kvasnice, krajina pôvodu Česká republika.

Stanovenie β -glukánu. Množstvo β -glukánu sme stanovili enzýmovou metódou pomocou komerčného kitu „Mushroom and yeast β -glucan“ (Megazyme, Írsko). Obsah β -glukánu sme vypočítali ako rozdiel stanoveného celkového glukánu a stanoveného α -glukánu podľa vzorca: β -glukán (% w/w) = [(Celkový glukán + oligoméry) (% w/w)] - [α -glukán + oligoméry) (% w/w)]. Na analýzu sme navážili 100 mg vzorky.

Príprava β -glukánového koncentrátu zo sušených pivovarských kvasníc. Pri príprave základného produktu z pivovarských sušených kvasníc sme postupovali kombináciou viacerých prác (Jaehrig et al., 2008; Zechner-Krpan et al., 2010) s malými obmenami. Vysterilizovanú suspenziu pivovarských kvasníc sme inkubovali na vodnom kúpeli 5 h pri 100°C, odstredili, nerozpustný podiel sme premyli destilovanou vodou a znovu odstredili, čím sme získali základný Produkt 1. Tento sme podrobili alkalickému extrakcii (Supphantharika et al., 20003). Po premytí sedimentu destilovanou vodou a po jeho opracovaní ultrazvukom a premytí etanolom sme získali po vysušení výsledný β -glukánový koncentrát.

Stanovenie väznosti vody β -glukánového koncentrátu. Väznosť vody sme stanovili podľa literatúry (Ahmad et al., 2010). Väznosť vody sme určili ako hmotnosť vody zadržanej 1 g koncentrátu za podmienok metódy.

Stanovenie väznosti tuku β -glukánového koncentrátu. Postupovali sme podľa metódy uvedenej v literatúre (Pedroche et al., 2004) s malými modifikáciami. Väznosť tuku sme vyjadrili ako hmotnosť tuku zadržaného 1 g koncentrátu za podmienok metódy.

Stanovenie antioxidačnej aktivity β -glukánového koncentrátu. Antioxidačnú aktivitu sme stanovili na modelovom systéme kyseliny linolovej meraním množstva konjugovaných diénov spektrofotometricky v UV oblasti pri $\lambda = 234$ nm (Azizah et al., 1999). Na analýzu sme použili základný roztok β -glukánu s koncentráciou 10 mg/1 ml DMSO (dimetylsulfoxid).

Stanovenie viability buniek MTT testom. Účinok β -glukánového koncentrátu na myšiaciu leukemickú bunkovú líniu (bunky L1210) sme testovali podľa (Carmichael et al., 1987). Podstatou testu je schopnosť mitochondriálnych dehydrogenáz redukovať rozpustnú tetrazóliovú soľ 3-(4,5-dimetyltiazol-2-yl)-2,5-difenylyltetrazolium bromid (MTT) žltej farby na

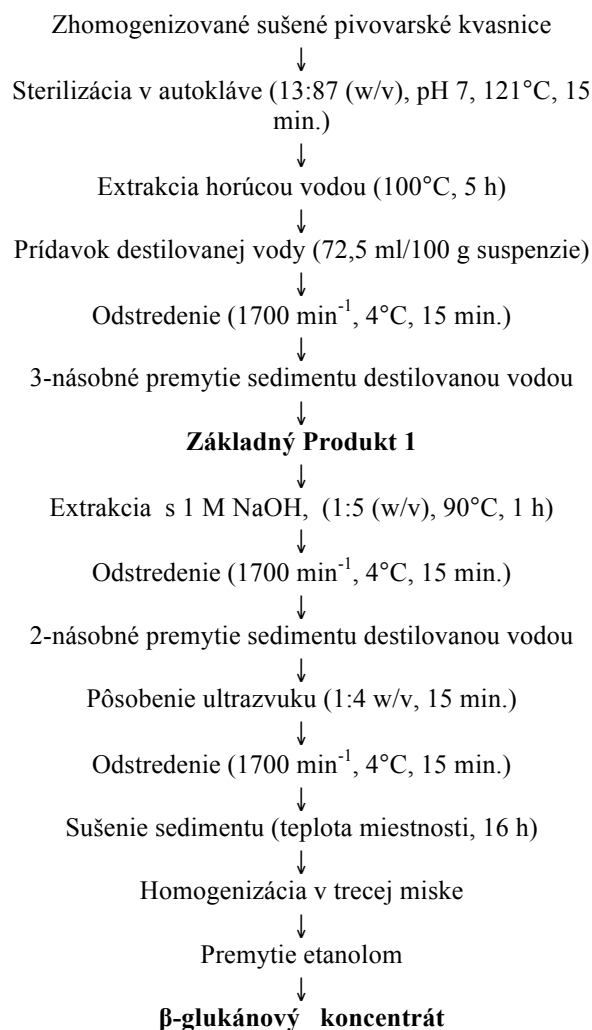
formazanové kryštály modrej farby. Viabilita buniek (%) sa vypočítala ako pomer absorbancie vzorky a absorbancie kontrolnej vzorky vynásobený číslom 100.

Senzorická analýza β -glukánového koncentrátu. Hodnotitelia hodnotili farbu a vôňu práškoveho koncentrátu a chuť suspenzie koncentrátu (100 mg koncentrátu/50 ml destilovanej vody). Intenzitu vnemu chuti a vône zaznamenávali na 10 cm úsečke, kde začiatok úsečky predstavoval 0 % a koniec 100 %. Pri hodnotení farby začiatok úsečky predstavoval bielu a koniec úsečky kakaovú farbu. Hodnotitelia posudzovali 4 vône (kvasnicová, bylinná, pivová, neutrálna), 9 chuťových kvalít (sladká, slaná, kyslá, horká, kvasnicová, bylinná, pivová, nešpecifikovaná, neutrálna) a príjemnosť vône a celkovej chuti koncentrátu (príjemná, nepríjemná).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

1. Príprava a výtťažok β -glukánového koncentrátu

Postup prípravy β -glukánového koncentrátu zobrazuje schéma na Obrázku 1.



Obrázok 1 Postup prípravy β -glukánového koncentrátu z pivovarských kvasníc

Extrakciu horúcou vodou sa z pivovarských kvasníc odstránili vo vode rozpustné sprievodné látky. Výťažok mokrého Produktu 1 s obsahom 17,98 % sušiny bol 232,17 % na návažok pivovarských kvasníc. Po extrakcii Produktu 1 s hydroxidom sodným podľa schémy na Obrázku 1 sme získali ako sediment po odstredení mokrý β -glukánový koncentrát s výťažkom 1496,93 mg.l⁻¹g⁻¹ pivovarských kvasníc resp. 644,77 mg.l⁻¹g⁻¹ mokrého Produktu 1. Po vysušení β -glukánového koncentrátu tieto výťažky predstavovali 68,72 mg.l⁻¹g⁻¹ pivovarských kvasníc resp. 29,60 mg.l⁻¹g⁻¹ mokrého Produktu 1. Prítomnosť β -glukánu v pripravenom koncentráte sme dokázali IČ spektrometriou na základe absorpčných maxím v oblasti 1076 cm⁻¹ (prítomnosť glukopyranózy) a 898 cm⁻¹ (prítomnosť β -glykozidovej väzby) (Ahmad et al., 2010).

2. Obsah β -glukánu, funkčné vlastnosti a biologická aktivita β -glukánového koncentrátu

Obsahy celkového glukánu a α -glukánu stanovené enzýmovou metódou pomocou komerčného kitu, ktoré sú potrebné k výpočtu obsahu β -glukánu, sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Obsah celkového glukánu, α -glukánu a β -glukánu v pivovarských kvasniciach a β -glukánovom koncentráte

Vzorka	Celkový glukán (% w/w)	α -glukán (% w/w)	β -glukán (% w/w)
Pivovarské kvasnice	22,32 ±0,20	13,96 ±0,42	8,36
β -glukánový koncentrát	68,75 ±1,77	9,6 ±0,37	59,15

* **priemerná hodnota zo 4 stanovení ±smerodajná odchýlka

*** rozdiel priemerných hodnôt

Spracovaním kvasníc s alkalickejším činidlom, ktoré spôsobí hydrolýzu a rozpustenie bunkových proteínov, nukleových kyselín, manánov a polárnych lipidov, sa obsah β -glukánu v β -glukánovom koncentráte výrazne

zvýšil v porovnaní s východiskovou surovinou (o 50,79 %). Koncentrát pripravený podľa schémy na Obrázku 1 mal vyšší obsah β -glukánu o 8,65 % ako produkt podľa Suphantharika et al. (2003).

Funkčné vlastnosti β -glukánového koncentrátu, ktoré sú významné z hľadiska využitia v potravinárstve, sme porovnali s kvasinkovým β -glukánovým štandardom a mikrokryštalickou celulórou (Tabuľka 2).

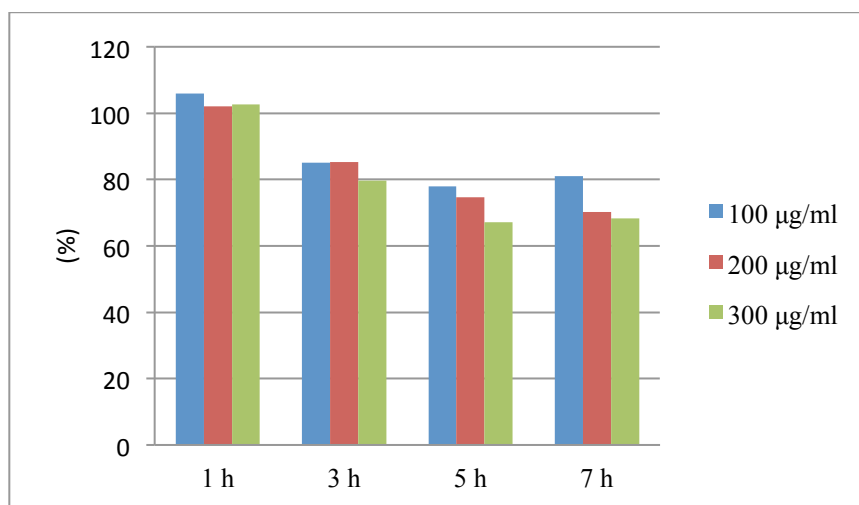
Tabuľka 2 Funkčné vlastnosti β -glukánového koncentrátu, kvasinkového β -glukánového štandardu a mikrokryštalickej celulózy

Vzorka	Väznosť vody* (g vody/1 g vzorky)	Väznosť tuku** (g tuku/1 g vzorky)
β -glukánový koncentrát	13,34 ±0,68	6,86 ±1,51
β -glukánový štandard	6,06 ±0,24	3,17 ±0,05
Mikrokryštalická celulóza	2,12 ±0,02	1,1 ±0,02

*, **priemerná hodnota z 3 stanovení ±smerodajná odchýlka

Najnižšiu väznosť vody aj tuku vykazuje mikrokryštalická celulóza, v ktorej sú jednotky glukózy pospájané β -(1→4) glykozidovými väzbami. Zaujímavé je zistenie, že nami pripravený β -glukánový koncentrát má približne dvojnásobnú väznosť vody aj tuku ako β -glukánový štandard, ktorý bol dodaný ako súčasť kitu na stanovenie β -glukánu. Výrobca uvádza porovnateľný obsah β -glukánu (59,50 %), ako má β -glukánový koncentrát (59,15 %). Môže to byť spôsobené tým, že ultrazvuk použitý pri príprave koncentrátu minimalizuje tvorbu aglomerátov počas sušenia, zlepšuje stabilitu β -glukánovej suspenzie a zabraňuje sedimentácii (Zechner-Krpan et al., 2010).

Údaje o **antioxidačnej aktivite β -glukánového koncentrátu** poskytuje graf na Obrázku 2. Konjugované diény vznikajúce oxidáciou kyseliny linolovej pri zvýšenej teplote (inkubácia modelového roztoku pri 50 °C)



Obrázok 2 Inhibičný účinok β -glukánu na vznik konjugovaných diénov počas inkubácie modelového systému s kyselinou linolovou

sme merali pri vlnovej dĺžke $\lambda = 234 \text{ nm}$ vo vopred zvolených časových intervaloch pre 3 koncentrácie β -glukánového koncentrátu. Z nameraných hodnôt absorbancií sme pre každú vzorku v zodpovedajúcej dĺžke inkubácie vyjadrili množstvo konjugovaných diénov v %, vzhľadom na hodnotu absorpcie slepého pokusu nameranej za rovnakých podmienok inkubácie.

Výsledky stanovenia antioxidačnej aktivity naznačujú, že kým na začiatku inkubácie pri teplote $50 \text{ }^\circ\text{C}$ β -glukánový koncentrát nevykazoval inhibičný účinok vzniku konjugovaných diénov, v priebehu ďalšej inkubácie bol inhibičný účinok pozorovaný. Vplyv koncentrácie β -glukánového koncentrátu na antioxidačnú aktivitu je výraznejší až v 5. hodine inkubácie. Zníženú peroxidáciu lipidov v prítomnosti β -glukánu pozorovali aj **Dietrich-Muszalska et al. (2011)** v krvnej plazme. **Jaehrig et al. (2008)** stanovovali antioxidačnú aktivitu β -glukánu izolovaného z kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae* W34/70 inými metódami (EPR spektrometriou, metódou s ABTS• a pomocou biosenzorov). β -glukán vykazoval slabú antioxidačnú aktivitu, ale vzhľadom na použitie rôznych metód tieto výsledky s našimi hodnotami nemôžeme porovnať.

Účinok β -glukánového koncentrátu na myšaciu leukemickú bunkovú líniu (bunky L1210) sme testovali pri dvoch koncentráciách ($1 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ dimetylsulfoxidu a $2 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ dimetylsulfoxidu) a vyjadrili ako % viability (životnosti) buniek. Absorbancie vzoriek a slepého pokusu bez prídavku β -glukánového koncentrátu, z ktorých bola vypočítaná viabilita buniek L1210, obsahuje Tabuľka 3.

Tabuľka 3 Viabilita buniek L1210 po pôsobení β -glukánového koncentrátu

Vzorka	Absorbancia*	Viabilita buniek (%)
Kontrolka	0,253	100,00
β -glukánový koncentrát (1 mg/ml)	0,256	101,05
β -glukánový koncentrát (2 mg/ml)	0,193	76,15

*priemerná hodnota absorbancie z 3 stanovení

β -glukánový koncentrát aplikovaný pri vyššej testovanej koncentrácii ($2 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$) mal pozitívny účinok na usmrtenie myšacej leukemickej bunkovej línie, viabilita buniek L1210 sa po jeho pôsobení znížila na 76,15 %. Cytotoxický efekt β -glukánu izolovaného z kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae* potvrdili aj **Magnani et al. (2009)** MTT testom, po 24 h expozícii na bunky CHO-K1 (ovariálne bunky čínskeho škrečka).

3. Senzorické hodnotenie β -glukánového koncentrátu

Cieľom senzorického hodnotenia bolo určiť farbu a charakter vône a chuti, ako aj celkovú príjemnosť vône a chuti β -glukánového koncentrátu. 10 hodnotitelia hodnotili farbu a vôňu práškového koncentrátu a chuť suspenzie β -glukánového koncentrátu vo vode. Priemerné hodnoty profilového testu pre jednotlivé deskriptyory obsahuje Tabuľka 4.

Tabuľka 4 Výsledky senzorického hodnotenia farby, chuti a vône β -glukánového koncentrátu

Deskriptor	Charakteristika	Priemer* (%)
Farba	Biela až kakaová	26,1
	Kvasnicová	18,0
Vôňa	Bylinná	3,3
	Pivová	8,6
	Neutrálna	23,4
	Príjemná	53,9
	Nepriemná	2,2
Chuť	Sladká	23,0
	Slaná	4,5
	Kyslá	1,9
	Horká	18,0
	Kvasnicová	7,4
	Bylinná	5,5
	Pivová	4,7
	Nešpecifikovaná	32,7
	Neutrálna	30,9
	Príjemná	50,1
	Nepriemná	4,2

*priemerná hodnota z hodnôt určených desiatimi hodnotiteľmi

Podľa výsledkov senzorického hodnotenia β -glukánový koncentrát má svetlú farbu (bližšie k bielej ako kakaovej), prevláda neutrálna a nešpecifikovaná chuť, bez zjavných príchutí kvasníc a piva, napriek tomu, že bol pripravený z pivovarských kvasníc. Pri posudzovaní vône je najvyššie hodnotená vôňa neutrálna. Vôňu aj chuť určili hodnotitelia ako príjemnú, čo sú dôležité vlastnosti pre jeho využitie ako aditívnej látky do potravín.

ZÁVER

Napriek tomu, že bunkové steny kvasiniek rodu *Saccharomyces* sú zdrojom β -glukánu, homopolyméru glukózy s imunostimulačnými vlastnosťami, v súčasnosti sa biomasa pivovarských kvasníc využíva hlavne ako potrava pre ošípané a prežúvavce. Potenciálne aplikácie pivovarských kvasníc, ktoré sú druhým hlavným vedľajším produktom pivovarského priemyslu, sú v súčasnosti predmetom štúdia viacerých autorov (**Ferreira et al., 2010; Hoseinifar et al., 2011**). Nami pripravený **β -glukánový koncentrát je určený na obohatenie potravín o zdraviu prospešné látky**. Potenciál pre uplatnenie tohto koncentrátu v potravinárstve mu dodávajú aj priaznivo hodnotené organoleptické vlastnosti – farba, vôňa a chuť koncentrátu a dobré funkčné vlastnosti.

LITERATÚRA

- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H., Ahmed, Z. 2010. Extraction and characterization of β -D-glucan from oat for industrial utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 46, p. 304-309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.01.002> PMID:20083136
- Andrews, S. R., Sahu, N. P., Pal, A. K., Mukherjee, S. C., Kumar, S. 2011. Yeast extract, brewer's yeast and spirulina in diets for Labeo rohita fingerlings affect haemato-immunological responses and survival following Aeromonas

- hydrophila challenge. *Research in Veterinary Science*, vol. 91, p. 103-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.08.009> PMID:20825959
- Azizah, A. H., Nik Ruslawati, N. M., Swee Tee, T. 1999. Extraction and characterization of antioxidant from cocoa by-products. *Food Chemistry*, vol. 64, p. 199-202. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00121-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00121-6)
- Carmichael, J., Degraff, W. G., Gazdar, A. F., Minna, J. D., Mitchell, J. B. 1987. Evaluation of a tetrazolium-based semiautomated colorimetric assay: assessment of chemosensitivity testing. *Cancer Research*, vol. 47, 1987, p. 936-942. PMID:3802100
- Dietrich-Muszalska, A., Olas, B., Kontek, B., Rabe-Jabłońska, J. 2011. Beta-glucan from *Saccharomyces cerevisiae* reduces plasma lipid peroxidation induced by haloperidol. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 49, p. 113-116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.03.007> PMID:21421004
- Ferreira, I. M. P. L. V. O., Pinho, O., Vieira, E., Tavarella, J. G. 2010. Brewer's *saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trend in Food Science & Technology*, vol. 21, p. 77-84.
- Freumund, S., Sauter, M., Käppeli, O., Dutler, H., 2003. A new non-degrading isolation process for 1,3-β-D-glucan of high purity from baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 54, p. 159-171. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617\(03\)00162-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617(03)00162-0)
- Giavasis, I., Biliaderis, C. G. 2006. Microbial Polysaccharides. BILIADERIS, C. G. & IZYDORCZYK, M. S. *Functional Food Carbohydrates*. 1. vyd. CRC Press Int.: London, p. 176-200. ISBN-10: 10:0-8493-1822-X.
- Hoseinifar, S. H., Mirvaghefi, A., Merrifield, D. L. 2011. The effects of dietary inactive brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. ellipsoideus on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture*, vol. 318, p. 90-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.04.043>
- Jaehrig, S. C., Rohn, S., Kroh, L. W., Wildenauer, F. X., Lisdat, F., Fleischer, L. G., Kurz, T. 2008. Antioxidative activity of (1→3), (1→6)- β-D-glucan from *Saccharomyces cerevisiae* grown on different media. *LWT*, vol. 41, p. 868-877.
- Magnani, M., Calliari, C. M., Macedo Jr., F. C., Mori, M. P., Cólus, I. M. S., Castro-Gomez, R. J. H. 2009. Optimized methodology for extraction of (1→3)(1→6)-β-D-glucan from *Saccharomyces cerevisiae* and in vitro evaluation of the cytotoxicity and genotoxicity of the corresponding carboxymethyl derivate. *Carbohydrate Polymers*, vol. 78, p. 658-665. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.023>
- Mantovani, M. S., Bellini, M. F., Angeli, J. P. F., Oliviera, R. J., Silva, A. F., Ribeiro, L. R. 2008. β-glucan in promoting health: Prevention against mutation and cancer. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, vol. 658, p. 154-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2007.07.002> PMID:17827055
- Pedroche, J., Yust M. M., Lqari, H., Cirón-Calle, J., Alaiz, M., Vioque, J., Millán, F., 2004. *Brassica carinata* protein isolates: chemical composition, protein characterization and improvement of functional properties by hydrolysis. *Food Chemistry*, vol. 88, p. 337-346. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.045>
- Piotrowska, A., Waszkiewicz-Robak, B., Świdorski, F., 2009. Possibility of β-glucan from spent brewer's yeast addition to yogurts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 59, p. 99-302.
- Santipanichwong, R., Suphantharika, M. 2009. Influence of different β-glucan on the physical and rheological properties egg yolk stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, vol. 23, p. 1279-1287. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.10.006>
- Satrapai, S., Suphantharika, M. 2007. Influence of spent brewer's yeast β-glucan on gelatinization and retrogradation of rise starch. *Carbohydrate Polymers*, vol. 67, p. 500-510. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.06.028>
- Soares, E. V., Soares, H. M. V. M. 2012. Bioremediation of industrial effluents containing heavy metals using brewing cells of *Saccharomyces cerevisiae* as a green technology: a review. *Environmental Science & Pollution Research*, vol. 19, p. 1066-1083. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-011-0671-5> PMID:22139299
- Suphantharika, M., Khunrae, P., Thanardkit, P., Verduyn, C. 2003. Preparation of spent brewer's yeast β-glucans with a potential application as an immunostimulant for black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Bioresource Technology*, vol. 88, p. 55-60. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00257-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00257-2)
- Velišek, J. 1999. *Chemie potravin I*. 1. vyd. OSSIS : Tábor, 328 p., ISBN 80-902391-3-7.
- Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S., Jamnong, P. 2006. β-glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, vol. 20, p. 68-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.005>
- Zechner-Krpan, V., Petrović-Tominac, V., Galović, P., Galović, V., Filipović-Grčić, J., Srečec, S. 2010. Application of different drying methods on β-glucan isolated from spent brewer's yeast using alkaline procedure. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 75, 2010, p. 45-50.

Acknowledgments:

This 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 within the frame of the project „Evaluation of natural substances and their selection for prevention and treatment of lifestyle diseases“ (ITMS 26240220040).

Contact address:

Ing. Mária Kováčová, PhD., Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: maria_kovacova@stuba.sk.

doc. Ing. Ladislav Dodok, PhD., Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: ladislav.dodok@stuba.sk.

Ing. Livia Žofajová, Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: lika.zof@gmail.com.

Ing. Ľubomír Mikuš, PhD., Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: lubomir.mikus1@gmail.com.