

doi: 10.5219/170

NATURAL SURFACTANTS AND THEIR USE IN FOOD INDUSTRY

Lenka Tmáková, Stanislav Sekretár, Štefan Schmidt, Jarmila Hlásniková, Lenka Vrbíková, František Kreps

ABSTRACT

Microorganisms produce wide range of surfactants, generally called biosurfactants. These compounds are mainly divided according to their molecular weight, physico - chemical properties and mode of action. Saponins, plant surfactants, have properties of soap and they are high foaming and therefore are used in cosmetic (shampoos, liquid soaps et cetera) and food industry (sweeteners, food additives into the effervescent et cetera). Most of them are spread in plants of agriculture importance and some of them are basic segments in human food. They often occur in plants (in more than 100 species). Saponins can be find in vegetables as a soya, a bean, a lentil, a spinach, a tomato, a potato, a garlic, a onion. Today biosurfactants are mainly used in bioremediation but they can be utilized in many sectors of food industry. We have paid attention to some microbial and plant surfactants and their prospects of exploitation in this industry.

Keywords: biosurfactant, saponin, surface acivity, bioemulsifier

ÚVOD

Tenzidy sú amfifilné látky, ktoré obsahujú v molekule hydrofóbnu (nepolárnu) a hydrofilnú (polárnu) časť. To im umožňuje akumulovať sa medzi fluidnými fázami ako je olej/voda alebo vzduch/voda. Znižujú povrchové a medzipovrchové napätia a vytvárajú emulzie (Satpute et al., 2010; Desai a Banat, 1997; Kokare et al., 2007). Povrchovo aktívne vlastnosti robia z tenzidov jednu z najdôležitejších tried chemických výrobkov, používaných na rôzne aplikácie v domácnosti, priemysle a poľnohospodárstve (Deleu a Paquot, 2004). V poslednej dobe sa začínajú uplatňovať tzv. „biotenzidy“ (Hayes et al., 2009; Kosaric, 1993; Lin, 1996; Muthusamy et al., 2008; Rahman and Gakpe, 2008; Soberón-Chávez, 2011; Sen, 2010, Makkar a Cameotra, 2002; Vater, 1986), ktoré sa vyrábajú väčšinou z obnoviteľných surovín (Kjellin et al., 2010).

Biotenzidy

Mikrobiálne tenzidy

Niektoré mikroorganizmy (baktérie, kvasinky, huby) produkujú pri raste na hydrofóbných substrátoch povrchovo aktívne látky rozmanitej štruktúry, ktoré im pomáhajú pri transporte nerozpustných látok cez bunečné membrány (Tab. 1).

Hydrofóbnu časť molekuly týchto biotenzidov tvorí proteín alebo peptid s hydrofóbnymi bočnými reťazcami.

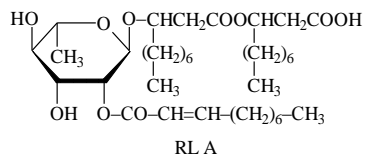
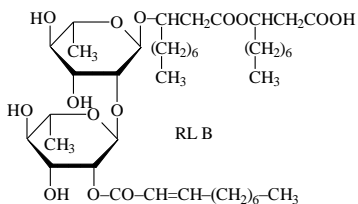
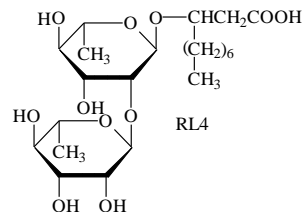
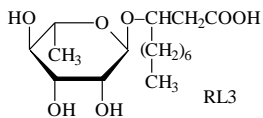
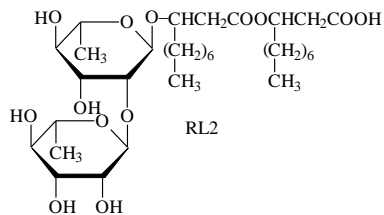
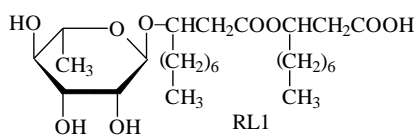
Často to býva i uhl'ovodíkový reťazec mastných kyselín, ktoré môžu byť nasýtené, nenasýtené, vetvené, prípadne obsahujú hydroxylové skupiny. Niekedy sa vyskytujú i mastné alkoholy. Hydrofilná časť zväčša obsahuje mono-, oligo- alebo polysacharidy, aminokyseliny alebo peptidy, estery, karboxylové, hydroxylové alebo fosfátové skupiny. Mastné kyseliny sú spojené s hydrofilnou časťou molekuly najčastejšie glykozidovou esterovou alebo amidovou väzbou (Kokare et al., 2007; Sekretár et al., 2001). Mikrobiálne tenzidy sa dnes pripravujú komerčne a majú rozmanité použitie (Banat et al., 2000; Desai a Banat, 1997; Mukherjee et al., 2006).

Tabuľka 1 Hlavné druhy mikrobiálnych tenzidov (Desai a Banat, 1997; Deleu a Paquot, 2004; Rosenberg a Ron, 1999; Muthusamy et al., 2008).

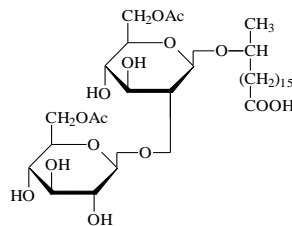
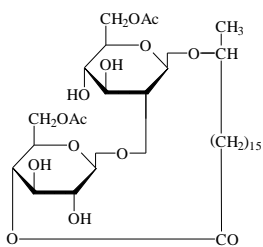
Trieda tenzidu	Mikroorganizmus
Glykolipidy	
Ramnolipidy	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Trehalózové lipidy	<i>Rhodococcus erithropolis</i> , <i>Arthobacter sp.</i>
Soforolipidy	<i>Candida bombicola</i> , <i>Candida apicola</i>
Manozylerytritólové lipidy	<i>Candida antarctica</i>
Lipopeptidy	
Surfaktín/ iturín/ fengycín	<i>Bacillus subtilis</i>
Viscozín	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Lichenizín	<i>Bacillus licheniformis</i>
Serrawetín	<i>Serratia marcescens</i>
Fosfolipidy	<i>Acinetobacter sp.</i> , <i>Corynebacterium lepus</i>
Mastné kyseliny/ neutrálne lipidy	
Corynomicolické kyseliny	<i>Corynebacterium insidibasseosum</i>
Polymérické tenzidy	
Emulsan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
Alasan	<i>Acinetobacter radioresistens</i>
Liposan	<i>Candida lipolytica</i>
Lipomanan	<i>Candida tropicalis</i>
Particulate biosurfactants	
Vesicles	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
Celé mikrobiálne bunky	<i>Cyanobacteria</i>

Chemické štruktúry niektorých mikrobiálnych tenzidov sú znázornené na obr. 1 (Sekretár et al., 2001).

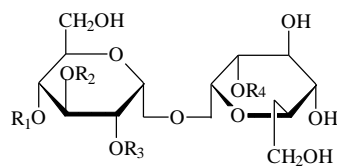
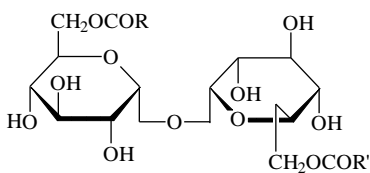
Ramnolipidy



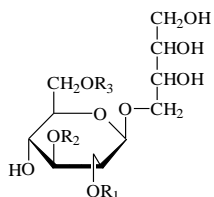
Soforolipidy



Trehalolipidy



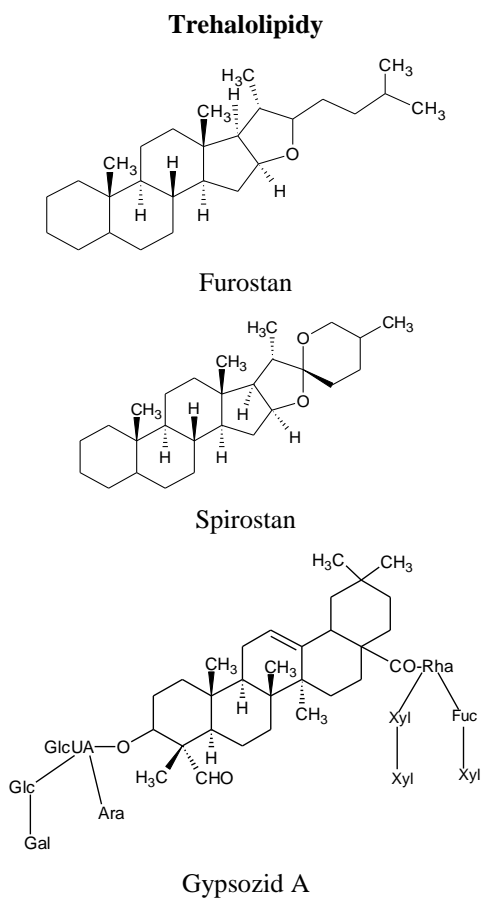
Manozyleritrolový lipid



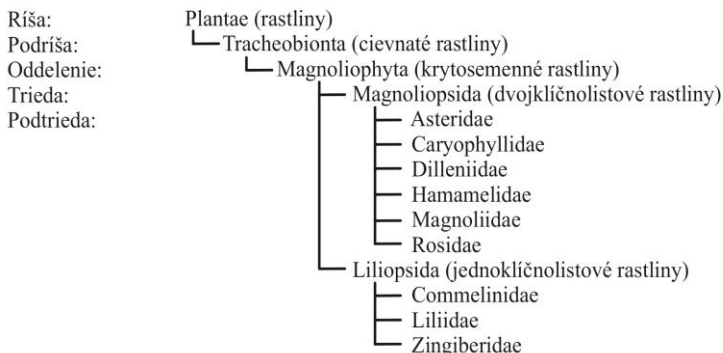
Obrázok 1 Typické štruktúry niektorých mikrobiálnych tenzidov

Saponíny

Saponíny sú prírodné látky glykozidickej povahy a vlastností mydla. Majú lipofilný aglykón (steroid alebo triterpén) a hydrofilnú časť (cukorná zložka). Znižujú povrchové napätie a v minimálnej koncentrácii silno penia (Hostettmann a Marston, 1995; Ozlem a Mazza, 2007). Vyskytujú sa hlavne v rastlinnej ríši, aj keď boli izolované aj z nižších morských živočíchov (niektoré druhy triedy Holothuroidea a Asteroidea a v kmeni Echinodermata) (Mučaji a Nagy, 2010). Na ich analýzu sa využívajú chromatografické metódy (Oleszek, 2002). Chemické štruktúry niektorých saponínov sú znázornené na obr. 2. Ich výskyt v rastlinách zobrazujú obr. 3 a tabuľky 2 a 3.



Obrázok 2 Typické štruktúry niektorých saponínov



Obrázok 3 Výskyt saponínov v rastlinách (Mučaji a Nagy, 2010; Vincken et al., 2007).

Tabuľka 2 Výskyt steroidných saponínov v rastlinách používaných vo výžive a v potravinárskom priemysle (Mučaji a Nagy, 2010; Vincken et al., 2007).

Čeľad'	Latinský názov rastliny	Slovenský názov rastliny
I. Jednokľúčolistové		
Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	ovos siaty
Liliaceae	<i>Allium ampeloprasum</i> L. subsp. <i>Ampeloprasum</i>	cesnak pórový (pór) pravý
	<i>Allium ampeloprasum</i> L. subsp. <i>Porrum</i>	cesnak pórový (pór) pestovaný
	<i>Allium cepa</i> L.	cesnak cibuľový (cibuľa)
	<i>Allium sativum</i> L.	cesnak kuchynský (cesnak)
	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	cesnak pažítkový (pažitka)
	<i>Asparagus officinalis</i> L.	asparágus lekársky (špargľa)
	<i>Smilax officinalis</i> Kunth.	smilax lekársky
II. Dvojkľúčolistové		
Fabaceae	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	senovka grécka

Tabuľka 3 Výskyt triterpénových saponínov v rastlinách používaných vo výžive a v potravinárskom priemysle (Mučaji a Nagy, 2010; Vincken et al., 2007).

Čeľad'	Latinský názov rastliny	Slovenský názov rastliny	
I. Jednokľúčolistové			
Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	ovos siaty	
II. Dvojkľúčolistové			
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> spp.	druhy rodu láskavec	
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.	repa obyčajná	
	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	mrlík čilsky	
	<i>Spinacea oleracea</i> L.	špenát siaty	
Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i> L.	slnečnica ročná	
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.	podzemnica olejná	
	<i>Cicer arietinum</i> L.	cícer baraní	
	<i>Glycine max</i> Merrill	sója fazuľová	
	<i>Lens culinaris</i> L.	šošovica kuchynská	
	<i>Medicago sativa</i> L.	lucerna siata	
	<i>Phaseolus acutifolius</i> Gray	fazuľa končistolistá	
	<i>Phaseolus aureus</i>	fazuľa zlatá (mungo)	
	<i>Phaseolus coccineus</i> L.	fazuľa šarlátová	
	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	fazuľa mesiacovitá	
	<i>Phaseolus mungo</i> L.	fazuľa urdová (urd)	
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	fazuľa záhradná	
	<i>Pisum sativum</i> L.	hrach siaty	
	<i>Pueraria lobata</i>	puerária laločnatá	
	<i>Vicia</i> spp.	druhy rodu vika	
	<i>Vigna sinensis</i> Endl.	vigna čínska	
	isticaceae	<i>Myristica fragrans</i> Houtt.	muškátovník voňavý
	iliaceae	<i>Sesamum indicum</i> L.	sezam indický
mnaceae	<i>Zizyphus jujuba</i> Mill.	jujuba holá	
icea	<i>Quillaja saponaria</i> Molina	kvilája mydlová	
iceae	<i>Rubus fruticosus</i> L.	ostružina černicová (černica)	
	<i>Thea sinensis</i> L.	čajovník čínsky	
Lygophyllaceae	<i>Guaiacum officinale</i> L.	guajak liečivý	

Možné aplikácie v potravinárstve

Mikrobiálne tenzidy aj saponíny, pre svoje povrchovo aktívne a antimikrobiálne vlastnosti, nachádzajú čoraz širšie uplatnenie v potravinárstve a v poľnohospodárskej výrobe (Hasenhuetti a Hartel, 2008; Iyer et al., 2006; Kachholz a Schlingmann, 1987; Kralova and Sjöblom, 2009; Krog, 1977; Nitschke a Costa, 2007; Oakenfull, 1981; Oleszek, 2000; Oleszek a Marston, 2000; Price et al., 1987; Waller a Yamasaki, 1996).

Ingrediencie potravinárskych formulácií

Okrem obvyklej úlohy (zníženie povrchového a medzipovrchového napätia, čo sa využíva na tvarovanie a stabilizáciu emulzií) (Whitehurst, 2004; Nakai a Li-Chan, 1988) majú tenzidy aj niekoľko iných funkcií v potravinách. Napríklad: kontrola zhlukovania tukových guľčiek, stabilizovanie prevzdušnených systémov, vylepšovanie textúry (štruktúry, tkaniva) a trvanlivosti škrob obsahujúcich produktov, modifikovanie reologických vlastností pšeničného cesta a zlepšovanie konzistencie textúry na báze tukových produktov (Muthusamy et al., 2008; Nitschke a Costa, 2007).

V pekárstve a zmrzlinových formuláciách biotenzidy hrajú rolu pri kontrole konzistencie (tuhosti), spomaľovaní starnutia (opotrebovania) a rozpúšťania vonných olejov. Využívajú sa ako stabilizátory tukov a zabraňujú rozstrekovaniu olejov a tukov pri smažení a fritovaní vlhkých potravín. Zlepšovanie stability cesta, textúry, sýtosť (plnosť, mohutnosť) a konzervácie pekárenských výrobkov sa dosahuje pridaním rhamnolipidových tenzidov (Muthusamy et al., 2008; Van Haesendonck a Vanzeveren, 2004). Štúdie taktiež naznačujú možné použitie rhamnolipidov na zlepšenie vlastností maslových krémov, croissantov a mrazených cukrárenských výrobkov. L-ramnóza má značný potenciál ako prekursor pre vôňu. Taktiež je využívaná v priemysle ako prekursor vysoko kvalitných vonných komponentov ako je furaneol.

Antiadhézne prípravky

Biovrstva je opísaná ako skupina baktérií, ktoré sa usídlili na povrchu. Biovrstva neobsahuje iba baktérie, ale tiež extracelulárny materiál produkovaný na povrchu a akýkoľvek materiál uväznený (zachytený) vnútri tejto vrstvy (ložiska). Bakteriálne biovrstvy vyskytujúce sa na povrchoch produktov potravinárskeho priemyslu sú potenciálnym zdrojom kontaminácie, ktorá môže viesť ku skazeniu výrobku a k prenosu chorôb. Z tohto dôvodu kontrola adhézie mikroorganizmov na povrchu potravín je podstatným krokom pri zabezpečovaní bezpečnosti a kvality produktov pre konzumentov. Účasť biotenzidov pri mikrobiálnej adhézii a oddeľovaní od povrchu sa študuje. Tenzid uvoľňovaný baktériou *Streptococcus thermophilus* sa používal pre kontrolu znečistenia dosiek výmenníka tepla pastérov tak, že spomaľoval zhlukovanie sa iných termofilných rodov *Streptokoka* zodpovedných za znečistenie. Predbežná úprava povrchov z nehrdzavejúcej ocele s biotenzidom získavaným z baktérie *Pseudomonas fluorescens* zabraňuje adhézii *L. monocytogenes* L028. Bioúprava povrchov prostredníctvom používania mikrobiálnych tenzidov bola označená ako nová stratégia na redukciu adhézie (Muthusamy et al., 2008).

Iné

V potravinárskom priemysle sa biotenzidy zvyčajne využívajú ako potravinárske aditíva (emulgátory). Ako napríklad lecitín a jeho deriváty, estery masných kyselín obsahujúcich glycerol, sorbitan alebo etylén glykol a oxyetylenované deriváty monoacylglyceridov vrátane posledných syntetizovaných oligopeptidov. Tieto emulgátory zvyšujú vôňu, chuť a kvalitu produktov s minimálnym zdravotným rizikom (Rahman and Gakpe, 2009).

V poľnohospodárskom priemysle sa tiež ťaží z výroby biotenzidov. Stanghellini a Miller (1997) preukázali vysokú účinnosť rhamnolipidov voči trom zástupcom rodov zoosporických rastlinných patogénov: *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora capsici* a *Plasmopara lactucea-radiciis*. Preto purifikovali mono- a di-rhamnolipidy v rozsahu koncentrácie od 5-30 mg. L⁻¹, čo spôsobilo zastavenie pohyblivosti a dezintegráciu buniek celej populácie zoospór za menej ako jednu minútu. Bioemulgátory sú potenciálne používané v rôznych formuláciách herbicídov a pesticídov (Rosenberg a Ron, 1999; Rahman a Gakpe, 2009).

Yucca schidigera a *Quillaja saponaria* uznal americký Food and Drugs Administration (FDA) v roku 2003 za potravinové aditíva. Kvilájové extrakty sú klasifikované v dvoch typoch (1 a 2) podľa obsahu saponínov, 20 až 26 % alebo 75-90 % (Joint FAO/ WHO 2004). V Európskej únii je ich možné použiť ako penotvornú látku (E 999) do koncentrácie 200 mg/l pri výrobe nealkoholických ochutených nápojov (office). Extrakt z kviláje typu 1 sa používa ako penotvorná surovina do koncentrácie 100 ppm pri výrobe „soft drinkov“, extrakt typu 2 ako emulgátor lipofilných farbív alebo príchuť v týchto nápojoch v koncentrácii pod 10 ppm.

Potvrdené priaznivé biologické účinky kyseliny oleanolovej boli využité pri formulovaní patentov s obohateným olivovým olejom, na prekrytie nepríjemnej dochute náhradných sladidiel alebo protikryštalizačná látka v potravinárskych tukoch (Mučaji a Nagy, 2010).

ZÁVER

So zvyšujúcim záujmom o životné prostredie sa zvyšuje aj záujem o prírodné povrchovo aktívne látky (biotenzidy) a to najmä z dôvodu nízkej toxicity, biologickej odbúrateľnosti a relatívne zvládnutej produkcie fermentáciou.

Biotenzidy majú rôznorodé vlastností a tým aj rozsiahle využitie v priemysle. Nachádzajú uplatnenie najmä v oblastiach, kde je na prvom mieste ekologický aspekt a kde je požadovaný tenzid „ušitý na mieru“, čo sa využíva v kozmetike a medicíne.

Ale len 3% biotenzidov je aplikovaných v potravinárskom a 2% v poľnohospodárskom priemysle.

LITERATÚRA

BANAT, I. M., MAKAR, R. S., CAMEOTRA, S. S. 2000. Potential commercial applications of microbial surfactants. In *Appl. Microbiol. Biotechnol.* vol. 53, 2000, no. 5, p. 495-508.

DELEU, M., PAQUOT, M. 2004. From renewable vegetables resources to microorganisms: new trends in

- surfactants. In *Comptes Rendus Chimie*. vol. 7, 2004, no. 6-7, p. 641-646.
- DESAI, J. D., BANAT, I. M. 1997. Microbial production of surfactants and their commercial potential. In *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. vol. 61, 1997, no. 1, p. 47-64.
- HASENHUETTL, G. L., HARTEL, R. W., eds. 2008. *Food Emulsifiers and Their Applications*. Springer Science+Business Media, LLC. 433 p. ISBN: 978-0-387-75283-9.
- HAYES, D. G., KITAMOTO, D., SOLAIMAN, D. K. Y., ASHBY, R. D. 2009. *Biobased Surfactants and Detergents Synthesis, Properties, and Applications*. AOCs Press, Urbana, IL. 512 p. ISBN 978-1-893997-67-7.
- HOSTETTMANN, K., MARSTON, A. 1995. *Saponins: Chemistry and Pharmacology of Natural Products*. Cambridge University Press, Cambridge, UK 1995. 546 p. ISBN 0-521-32970-1.
- IYER, A., MODY, K., JHA, B. 2006. Emulsifying properties of a marine bacterial exopolysaccharide. In *Enzyme Microbial Technol.* vol. 38, 2006, p. 220-222.
- KACHHOLZ, T., SCHLINGMANN, M. 1987. Possible food and agricultural application of microbial surfactants: an assessment. In: Kosaric, N., Cairns, W. L., Grey, N. C. C., eds. *Biosurfactant and Biotechnology*, vol 25. 1987, p. 183-208. Marcel Dekker Inc., New York.
- KJELLIN, M., JOHANSSON, I. eds. 2010. *Surfactants from Renewable Resources*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester UK 2010, 342 p. ISBN 978-0-470-76041-3.
- KOKARE, C. R., KADAM, S. S., MAHADIK, K. R., CHOPADE, B. A. 2007. Studies on bioemulsifier production from marine *Streptomyces* sp. S1. In *Indian Journal of Biotechnology*. vol. 6, 2007, no. 1, p. 78-84.
- KOSARIC, N. ed., 1993. *Biosurfactants : production, properties, applications. Surfactant Science Series Vol. 48*. Marcel Dekker, Inc., New York 1993. 498 p. ISBN 978-0-8247-8811-7.
- KRALOVA, I., SJÖBLOM, J. 2009. Surfactants used in food industry: a review. In *J. Dispersion Sci. Technol.* vol. 30, 2009, no. 9, p. 1363-1383.
- KROG, N. 1977. Functions of emulsifiers in food systems. In *J. Am. Oil Chem. Soc.* vol. 54, 1977, no. 3, p. 124-131.
- LIN, S. C. 1996. Biosurfactants : Recent Advances. In *J. Chem. Tech. Biotechnol.* vol. 66, 1996, p. 109-120.
- MAKKAR, R., CAMEOTRA, S. S. 2002. An update on the use of unconventional substrates for biosurfactant production and their application. In *Appl. Microbiol. Biotechnol.* vol. 58, 2002, p. 428-434.
- MUČAJI, P., NAGY, M. 2010. Saponíny: Výskyt, vlastnosti a možnosti využitia vo farmácii., Martin: Vyd. Osveta, 2010, 134 p. ISBN 978-80-8063-346-2.
- MUKHERJEE, S., DAS, P., SEN, R. 2006. Towards commercial production of microbial surfactants. In *Trends Biotechnol.* vol. 24, 2006, no. 11, p. 509-515.
- MUTHUSAMY, K., GOPALAKRISHNAN, S., RAVI, T. K., SIVACHIDAMBARAM, P. 2008. Biosurfactants: Properties, commercial production and application. In *Current science*. vol. 94, 2008, no. 6, p. 736-747.
- NAKAI, S., LI-CHAN, E. 1988. *Hydrophobic Interactions in Food Systems*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1988, pp. 145-151.
- NITSCHKE, M., COSTA, S. G. V. A. O. 2007. Biosurfactants in food industry. In *Trends in Food Science & Technology*. vol. 18, 2007, no. 5, p. 252-259.
- OAKENFULL, D. 1981. Saponins in food - a review. In *Food Chem.* vol. 7, 1981, p. 19-40.
- OLESZEK, W. 2000. Saponins. In Naidu, A. S. ed.: *Natural Food Antimicrobial Systems*, CRC Press, LLC, New York. p. 295-324. ISBN 978-0849320477. 818 p.
- OLESZEK, W. 2002. Chromatographic determination of plant saponins – review. In *J. Chromatogr. A*, vol. 967, 2002, no. 1, p. 147-162.
- OLESZEK, W., MARSTON, A. eds. 2000. Saponins in food, feedstuffs and medicinal plants. In *Proceedings of the Phytochemical Society of Europe*, vol. 45. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000, The Netherlands, 304 p. ISBN 978-0-7923-6023-0.
- OZLEM, G. U., MAZZA, G. 2007. Saponins: Properties, Applications and Processing. In *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 47, 2007, p. 231-258.
- PRICE, K. R., JOHNSON, I. T., FENWICK, G. R. 1987. The chemistry and biological significance of saponins in foods and feeding stuffs. In *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* vol. 26, 1987, no. 1, p. 27-135.
- RAHMAN, P. K. S. M., GAKPE, E. 2009. Production, characterisation and applications of biosurfactants – Review. In *Biotechnology*. vol. 7, 2008, no. 2, p. 360-370.
- ROSENBERG, E., RON, E. Z. 1999. High- and low-molecular-mass microbial surfactants. In *Applied Microbiology and Biotechnology*. vol. 52, 1999, no. 2, p. 154-162.
- SATPUTE, K. S., BANPURKAR, G. A., DHAKEPHALKAR, K. P., BANAT, M. I., CHOPADE, A. B. 2010. Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers. In *Critical Reviews in Biotechnology*. vol. 30, 2010, no. 2, p. 127-144. ISSN 0738-8551.
- SEKRETÁR, S., ZEMANOVIČ, J., SCHMIDT, Š. 2001. Mikrobiálne tenzidy a ich využitie. In *Sborník prednášok XXXV. seminár o tenzidech a detergentech*. 2001, p. 89-93, ISBN 80-7149-382-7.
- SEN, R. ed., 2010. *Biosurfactants. Advances in experimental medicine and biology*, vol. 672. Landes Bioscience and Springer Science+Business Media, LLC., New York 2010, 330 p. ISBN 978-1-4419-5978-2.
- SOBERÓN-CHÁVEZ, G. ed. 2011. *Biosurfactants: From Genes to Applications*. (Microbiology Monographs, Volume 20). Springer Verlag, Berlin 2011. 220 p. ISBN 978-3-642-14489-9.
- STANGHELLINI, M. E., MILLER, R. M. 1997. Biosurfactants: Their identity and potential efficacy in the biological control of zoospore plant pathogens. In *Plant Disease*. vol. 81, 1997, no. 1, p. 4-12.
- VAN HAESSENDONCK, I. P. H., VANZEVEEREN, E. C. A. 2004. *Rhamnolipids in Bakery Products*. WO/2004/040984.
- VATER, P. J. 1986. Lipopeptides in food application. In: Kosaric, N., ed. *Biosurfactant-Production, Properties and Applications*. Marcel Dekker Inc., New York 1986, p. 419-446.
- VINCKEN, J. P., HENG, L., DE GROOT, A., GRUPPEN, H. 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. In *Phytochemistry*. vol. 68, 2007, no. 3, p. 275-297.
- WALLER, G. R., YAMASAKI, K. eds. 1996. Saponins used in food and agriculture. In *Advances in experimental biology*. vol. 405. *Proceedings of the American Chemical Symposium on saponins Chemistry and Biological Activity*, August 22-25, Chicago, IL. Plenum Press, New York. 453 p. ISBN 978-0306453946.

WHITEHURST, R. J. 2004. *Emulsifiers in Food Technology*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK, 262 p. ISBN 1-4051-1802-4.

Acknowledgments:

This article was part of the Project STU for support of young researchers No. 6404.

Contact address:

Lenka Tmáková, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: lenka.tmakova@stuba.sk

Stanislav Sekretár, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: stanislav.sekretar@stuba.sk

Štefan Schmidt, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: stefan.schmidt@stuba.sk

Jarmila Hlásniková, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: jarmila.hlasnikova@stuba.sk

Lenka Vrbíková, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: lenka.vrbikova@stuba.sk

František Kreps, Department of Food Science and Technology, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, E-mail: frantisek.kreps@stuba.sk