

Výroba bioetanolu

BIOETHANOL PRODUCTION

Jan Hromádko¹, Jiří Hromádko², Petr Miler¹, Vladimír Hönig¹, Pavel Štěrba³¹Česká zemědělská univerzita v Praze, ²Ministerstvo životního prostředí, ³TÜV SUD Auto CZ s. r. o

Zvýšené povědomí o problematice globálního oteplování vede k větší snaze redukovat produkci skleníkových plynů, která je ze 73 % způsobena spalováním fosilních paliv (1, 2). Nejčastější možnosti přispívající ke snaze snižovat produkci skleníkových plynů je pokles spotřeby energie, zvýšení účinnosti přeměny energie, přechod na nízkouhlíková paliva, zvýšení přirozeného poklesu CO₂ a uskladnění emisí CO₂. Největší potenciál v poklesu produkce CO₂ představuje náhrada fosilních paliv biopalivy (3). Nalezení nejvhodnějších zdrojů a technologických postupů pro výrobu biopaliv zaměstnává v současnosti rozsáhlou část světové výzkumné kapacity (4). Jako jedno z nejperspektivnějších paliv snižující produkci skleníkových plynů je považován bioetanol (5).

Bioetanol byl k pohonu zážehových motorů používán od samotného počátku jejich výroby (6). Na území České republiky bylo až do roku 1932 používáno palivo dynakol skládané z 50 % bioetanolu, 30 % benzenu a 20 % benzinu. V letech 1926 až 1936 bylo v Československu zavedeno ze zákona povinné mísení 20 % bezvodého ethanolu s benzinem. Po tomto období využití bioetanolu zaniklo.

Celosvětový nástup využívání biopaliv a zejména bioetanolu je spojen s ropnou krizí v sedmdesátých letech minulého století. V roce 1970 zavedla Brazílie první velký bioetanolový program s názvem (Próalcool) s cílem nahradit část automobilového benzinu bioetanelem. Zavedení programu Próalcool přispělo k rozvoji výzkumných aktivit se snahou zvýšit výrobu bioetanolu a snížit výrobní náklady bioetanolu (7).

V současné době bioetanolová paliva nacházejí uplatnění téměř v každém státě. Největším producentem bioetanolu je USA, těsně následované Brazílií. Jejich společná produkce přesahuje 80 % celkové produkce bioetanolu na světě. Evropská unie produkuje přibližně 3 % světové produkce (8). Z výše uvedeného jasně vyplývá, že Evropská unie musí více podporovat výrobu bioetanolu, s kterou začala výrazně později než ostatní světoví producenti.

Prvním opatřením EU vedoucím k rozšíření využívání biopaliv bylo v roce 2003 přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES, o podpoře využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. Dle této směrnice měly členské státy zajistit, aby na jejich trh bylo uváděno alespoň minimální procento biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot. Referenční hodnota pro tyto cíle činila 2 % a byla vypočítána na základě energetického obsahu celkového množství benzinu a nafty pro dopravní účely, prodávaného na jejich trzích do 31. 12. 2005. Do 31. 12. 2010 se referenční hodnota pro tyto cíle zvýšila na 5,75 % (9).

V dubnu 2009 Evropská komise schválila směrnici 2009/28 EC v nichž je definován cíl dosáhnout 20% podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie a závazný minimální cíl pro podíl

biopaliv v dopravním sektoru 10 % pro všechny členské státy (10).

Další směrnicí, která podporuje biopaliva, je směrnice 2003/96/ES, kterou se mění struktura rámcových předpisů Společenství o zdanění energetických produktů a elektřiny. Na jejím základě je možné daňově zvýhodnit čistá biopaliva a jejich vysokoprocentní směsi s fosilními palivy. V České republice byl tento článek transformován pomocí Víceletého programu podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě, který byl vypracován Ministerstvem zemědělství (11).

Surovina sloužící k výrobě bioetanolu

K výrobě bioetanolu lze použít výchozí suroviny obsahující jednoduché cukry nebo látky, které lze přeměnit na jednoduchý cukr, jako je škrob a celulóza (12). Biomasy sloužící k výrobě bioetanolu lze rozdělit do tří skupin:

- biomasa obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a třtina),
- biomasa obsahující škrob (obiloviny, brambory, kukuřice),
- lignocelulózová biomasa (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.).

Různé druhy biomasy použitelné k výrobě bioetanolu a jejich produkční potenciál je uveden v tab. I. (13).

Surovina obsahující jednoduché cukry

Výchozí produkt pro výrobu bioetanolu v této skupině představuje cukrová třtina a cukrová řepa (14). Dvě třetiny světové produkce pocházejí z cukrové třtiny a jedna třetina z cukrové řepy. Cukrová třtina je pěstována v tropickém a subtropickém podnebí, zatímco cukrová řepa se pěstuje v mírném podnebí. Největším producentem cukrové třtiny je Brazílie, jejíž produkce

Tab. I. Produkční potenciál výroby bioetanolu pro různé suroviny (13)

Surovina	Produkční potenciál bioetanolu (l.t ⁻¹)	Surovina	Produkční potenciál bioetanolu (l.t ⁻¹)
Cukrová třtina	70	Kukuřice	360
Cukrová řepa	110	Rýže	430
Batata	125	Ječmen	250
Brambory	110	Pšenice	340
Cassava	180	Sladký čirok	60
Celulózová biomasa			280

Tab. II. Biochemické složení vhodných výchozích produktů pro výrobu bioetanolu (23)

Výchozí produkt		Listnaté dřeviny			Jehličnany	Trávy	
		trnovník akát	topol	eukalyptus	borovice	rákos. traviny	
		obsah (%)					
celulóza -glukan		41,61	44,70	49,50	44,55	31,98	
	6C	41,61	44,70	49,50	44,55	31,98	
hemicelulóza		17,66	18,55	13,07	21,90	25,19	
	-xylan	5C	13,86	14,56	10,73	6,30	21,09
	-arabinan	5C	0,94	0,82	0,31	1,60	2,84
	-galaktan	6C	0,93	0,97	0,76	2,56	0,95
	-mannan	6C	1,92	2,20	1,27	11,43	0,30
lignin		26,70	26,44	27,71	27,67	18,13	
popel		2,15	1,71	1,26	0,32	5,95	
kyseliny		4,57	1,48	4,19	2,67	1,21	
extractives		7,31	7,12	4,27	2,88	17,54	
výhřevnost (GJ.t ⁻¹)		19,50	19,60	19,50	19,60	18,60	

představuje 27 % celkové světové produkce (15). Výroba bioetanolu je v Brazílii ekonomicky podporována státními orgány, které snížily dotace na výrobu cukru a převedly je do podpory bioetanolu. Dále bylo zavedeno povinné přimíchávání bioetanolu do automobilového benzínu, což výrobcům zaručuje odbyt (16). Brazílská produkce bioetanolu zaznamenala během let 2006–2009 nárůst 40 % (17).

Ve většině evropských zemí se pěstuje cukrová řepa, jejíž výnosy v podobě množství bioetanolu na hektar jsou větší než při výrobě bioetanolu z obilí (18). V porovnání s cukrovou třtinou přináší cukrová řepa výhody ve vyšších výnosech, větší toleranci ke klimatickým podmínkám, nižší spotřebě vody a nižší spotřebě umělých hnojiv. Pokles spotřeby vody a umělých hnojiv představuje 35–40 % (13).

Surovina obsahující škrob

Další surovinu, kterou lze využít k výrobě bioetanolu představuje škrob. Škrob je polysacharid, který musí být v prvním kroku přeměněn na jednoduchý cukr, z kterého může anaerobním kvašením vzniknout bioetanol. Tento typ vstupní suroviny představuje nejrozšířenější zdroj pro výrobu bioetanolu v Severní Americe a Evropě (19).

Spojené státy americké mají rozsáhlý bioetanolový průmysl založený převážně na kukuřici, který byl v roce 2005 schopen vyrobit 15 mld. l bioetanolu. Produkční kapacita nepřetržitě roste tak, aby v roce 2012 dosáhla kapacity 28 mld. l za rok, jak požaduje Energy Policy Act z roku 2005. Tento požadavek již však byl v roce 2008 splněn a pro rok 2010 se odhaduje produkce téměř 50 mld. l bioetanolu za rok (20). Výroba bioetanolu v USA je podporována dotacemi, které představují více jak 6 miliard dolarů za rok.

Lignocelulózová biomasa

Lignocelulózová biomasa, jako jsou zemědělské zbytky (zejména sláma), dřevo a dřevní odpad, energetické plodiny, papírový odpad atd., představuje perspektivní zdroj suroviny pro výrobu bioetanolu, který je na zemi dostupný v hojném počtu. Lignocelulózová biomasa by mohla produkovat až 492 mld. l bioetanolu ročně (21). Potencionální produkce bioetanolu je přibližně 16× větší než současná světová produkce bioetanolu. Jedním z hojných odpadních materiálů na světě je rýžová sláma. Její roční produkce představuje 731 mil. t, která je k dispozici po celém světě (Afrika 20,9 mil. t, Asie 667,6 mil. t, Evropa 3,9 mil. t, Amerika 37,2 mil. t a Oceánie 1,7 mil. t). Toto množství rýžové slámy může produkovat až 205 mld. l bioetanolu ročně, čímž by se rýžová sláma stala největším zdrojem suroviny sloužící k výrobě bioetanolu (22).

Lignocelulózové energetické plodiny představují slibný výchozí produkt, kvůli vysokým výnosům, nízkým nákladům, využitelnosti méně kvalitních půd a celkové nízké environmentální zátěže.

Tab. II. ukazuje chemické složení několika vhodných výchozích produktů. Borovice obsahuje nejvyšší podíl celulózy a hemicelulózy, což ukazuje na její největší potenciál k výrobě bioetanolu. Obsah ligninu je ve většině výchozích surovin kolem 27 %. Jeho předpokládané využití bude pro výrobu elektrické energie. Jelikož je podíl ligninu u rákosových trav nižší, lze zde očekávat i nižší výrobu elektrické energie (23).

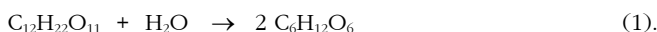
Výroba bioetanolu

Výroba bioetanolu je založena na fermentačním procesu (kvašení). Nejčastěji používaným druhem kvasinek jsou kvasinky řádu *Saccharomyces cerevisiae*. Proces probíhá převážně bez přístupu vzduchu (anaerobně), přičemž provzdušnění kvasného média, hlavně na počátku fermentace, je příznivé pro nárůst buněk a jejich aktivitu (24).

Přímo zkvasitelné jsou jen monosacharidy. Složitější sacharidy musí být před zkvašováním hydrolyzovány na monosacharidy působením vlastních enzymů mikroorganismů nebo přidáním látek, zpravidla kyselin, které hydrolyzu způsobí (25).

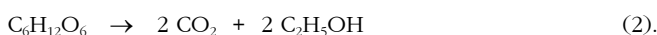
Výroba bioetanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry

Výroba bioetanolu z cukrové třtiny nebo řepy je nejjednodušší. Tyto suroviny obsahují sacharosy, která se přemění na jednoduché cukry, které se následně dají snadno oddělit a fermentovat:



Před vlastní fermentací je cukrová třtina nebo řepa rozmělněna, cukry jsou odděleny pomocí vypírky vodou. Odpadem ze zpracování je bagasa či vyslazené řízky.

Následuje kvašení ve fermentoru, při kterém jsou vzniklé sacharidy konvertovány kvasinkami na bioetanol a oxid uhličitý:



Pro správný průběh kvašení je nutné dodržet vhodné pH (4–6) a odpovídající teplotu prostředí (27–32 °C). Za hraniční

obsah ethanolu v kvasící zápaře je považováno 12–13 % obj., experimentálně bylo dosaženo hodnoty až 24 % obj. (26, 27).

Další fází výroby bioetanolu je proces destilace, při které dochází k oddělení destilátu (ethanolu) a destilačního zbytku. Následující rafinace je zaměřena na odstranění vedlejších produktů fermentace, které mohou nepříznivě působit na součásti palivového systému automobilů. Výsledkem rafinace je tzv. rafinovaný bioetanol, který obsahuje max. 95,5 % hmotnosti ethanolu a zbytek je tvořen vodou. To je dáno tím, že ethanol s vodou vytváří azeotropní směs, kterou nelze již destilací oddělit. Protože obsah vody je základním kvalitativním znakem palivového bioetanolu, je nutné použít dalších metod k jeho odvodnění. V současné době se nejčastěji používají molekulární síta (zeolity). Postup výroby bioetanolu z řepy nebo třtiny je schematicky znázorněn na obr. 1.

Výroba bioetanolu z biomasy obsahující škrob

Prvním krokem výroby bioetanolu z obilovin je mechanická předúprava (mletí nebo drcení) zrna. Provádí se buď za mokra, nebo za sucha. Tímto způsobem se surovina zpřístupní pro působení komplexu enzymů. Odpadem jsou vláknité slupky zrn a stébla. Dalším stupněm výroby je příprava zápar. V tomto procesu dochází k bobtnání a zmazovatění zrn škrobu. Škrob je postupně převáděn působením enzymů nebo kyselou hydrolýzou na zkvasitelný sacharid (glukózu) (28, 29):



Následuje kvašení ve fermentoru, které probíhá za obdobných podmínek jako v případě výroby bioetanolu ze sacharidů. Také konečné úpravy surového bioetanolu (destilace, dehydratace) jsou shodné. Postup výroby bioetanolu z biomasy obsahující škrob je schematicky znázorněn na obr. 2.

Výroba bioetanolu z lignocelulózové biomasy

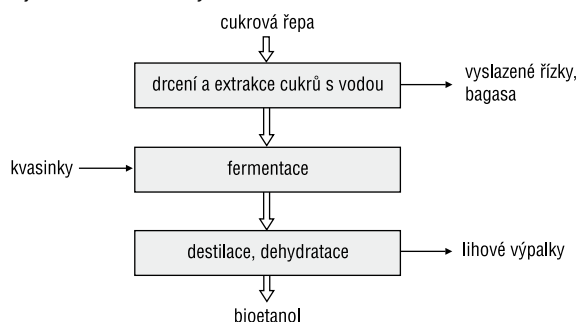
Technologie výroby bioetanolu z lignocelulózové biomasy je poměrně komplikovaná. V současné době je předmětem intenzivní výzkumné činnosti a její komerční využití se předpokládá v horizontu 10–15 let (30, 31). Proces konverze lignocelulózové biomasy na bioetanol je nejčastěji zahajován hydrolýzou lignocelulózové biomasy na jednoduché fermentovatelné cukry, která je mnohem obtížnější než hydrolýza škrobu u biomasy pro biopaliva I. generace. Nejperspektivnější je kyselá hydrolýza a hydrolýza pomocí enzymů (32–36). Postup výroby bioetanolu z lignocelulózové biomasy je schematicky znázorněn na obr. 3.

Závěr

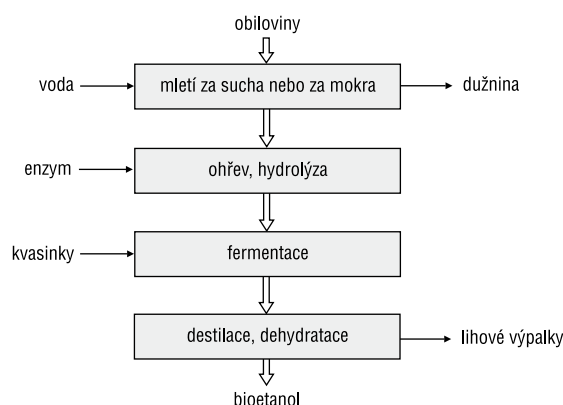
Biopaliva budou hrát jednu z klíčových rolí ve snaze snížit celosvětovou produkci skleníkových plynů. Bioetanol představuje jedno z nejperspektivnějších biopaliv, jehož výroba každoročně výrazně roste, a je třeba hledat další možnosti podpory výroby bioetanolu.

Světová produkce bioetanolu je soustředěna do Spojených států Amerických a Brazílie. Vstupní surovinu tvoří kukuřice (USA) a cukrová třtina (Brazílie), bioetanol je tak vyráběn technologií pro tzv. biopaliva první generace. Výrazný potenciál ve

Obr. 1. Blokové schéma výroby bioetanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry



Obr. 2. Blokové schéma výroby bioetanolu z biomasy obsahující škrob



výrobě bioetanolu přináší technologie výroby biopaliv druhé generace, kde vstupní surovinu bude tvořit lignocelulóza. Komerční nasazení této technologie se odhaduje na 10–15 let a bude přinášet více jak desítnásobné zvýšení produkce bioetanolu a i výrazné snížení jeho ceny.

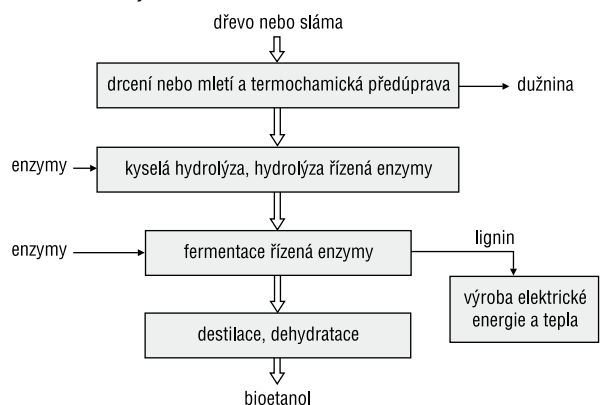
Evropská unie ve výrobě bioetanolu výrazně zaostává za ostatním světem a je jen otázkou jestli současné snahy v podpoře biopaliv budou dostačující. I přes nevýhodu, kterou mají biopaliva první generace (konkurence potravinám, nízká bilance v poklesu CO₂ atd.), by měla Evropská unie rychle převzít zkušenosti z USA a Brazílie a snažit se rychle zvýšit produkci bioetanolu.

Souhrn

Článek se zabývá výrobou bioetanolu jako jednoho z nejperspektivnějších současných i budoucích biopaliv. V článku jsou popsány vstupní suroviny sloužící k výrobě bioetanolu. V současné době se bioetanol vyrábí ze surovin obsahující jednoduché cukry (cukrová třtina a cukrová řepa) nebo škrob (obilí a kukuřice) technologií biopaliv první generace. V řádu 10–15 let se počítá s komerční výrobou bioetanolu druhé generace z lignocelulózové biomasy, která skýtá velký surovinový potenciál k jeho výrobě. V dnešní době je tato technologie podrobena rozsáhlému výzkumu. Výrazný problém je i s podporou výroby bioetanolu, na kterou Evropa pozapomněla, takže její podíl na světové produkci je přibližně tříprocentní. I když se Evropská unie snaží dohnat podporu biopaliv, je otázka, zda její současné kroky jsou dostačující.

Klíčová slova: bioetanol, biopaliva, cukrová třtina, škrob, lignocelulóza, fermentace.

Obr. 3. Blokové schéma výroby bioetanolu z lignocelulózové biomasy



Literatura

1. LOMBARDI L.: Life cycle assessment comparison of technical solutions for CO₂ emissions reduction in power generation. *Energy Convers Manage*, 44, 2003, s. 93–108.
2. WILDENBORG T., LOKHORST A.: Introduction on CO₂ Geological storage-classification of storage options. *Oil Gas Sci Technol Rev IFP*, 60, 2005, s. 513–515.
3. DEMIRBAS A.: Hazardous emissions, global climate change and environmental precautions. *Energy Sources B*, 1, 2006, s. 75–84.
4. DE OLIVERIA M. E. D., VAUGHAN B. E., RYKIEL E. J.: Ethanol as fuel: energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint. *BioScience*, 55, 2005, s. 593–602.
5. GOVINDASWAMY S., VANE L. M.: Kinetics of growth and ethanol production on different carbon substrates using genetically engineered xylose-fermenting yeast. *Bioresource Technol.*, 98, 2007, s. 677–685.
6. ROTHMAN H., GREENSHIELDS R., CALLE F. R.: *The alcohol economy: fuel ethanol and the Brazilian experience*. Francis Printer, London, 1983.
7. ANDRIETTA S. R., CLÁUDIA STECKELBERGA C., ANDRIETTA M. G. S.: Study of flocculent yeast performance in tower reactors for bioethanol production in a continuous fermentation process with no cell recycling. *Bioresource Technol.*, 99, 2008, s. 3002–3008.
8. WRIGHT L. ET AL.: *Biomass Energy Data Book*. first ed., 2006.
9. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Brusel 8. 5. 2003
10. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Brusel 23. 4. 2009.
11. Directive 2003/96/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity. Brusel 27. 10. 2003.
12. MALÇA J., FREIRE F.: Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*, 31, 2006, s. 3362–3380.
13. KUMAR N. V. L. ET AL.: Liquid biofuels in South Asia: resources and technologies. *Asian Biotechnol Develop Rev.*, 8, 2006, s. 31–49.
14. *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), Challenges and opportunities for developing countries in producing biofuels*. UNCTAD publication, UNCTAD/DITC/COM/2006/15, Geneva, November 27, 2006.
15. KIM S., DALE B. E.: Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass Bioenergy*, 26, 2004, s. 361–375.
16. SHAPOURI H., SALASSI M., NELSON J.: *The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States*. US Department of Agriculture (USDA), Washington, DC, USA, 2006, July.
17. *Renewable Energy Policy Network (REN21)*. Renewables-2006: global status report, REN21 and Worldwatch Institute, Paris and Washington, DC, 2006.

18. *European Biomass Industry Association (EUBIA)*. Biofuels for transportation, European biomass industry association, renewable energy house. Brussels, 2007. [cited; available from: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=RedirectURL&_method=externalLink&_locator=url&_cdi=5741&_plusSign=%2B&_targetURL=http%253A%252F%252Fwww.eubia.org]
19. CARDONA C. A., SANCHEZ O. J.: Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities, *Bioresource Technol.*, 98, 2007, s. 2415–2457.
20. MABEE W. E. ET AL.: Renewable-based fuels for transport. In *Renewable energy for power and transport. Riso energy report*, 5, 2006 (November), s. 47–50.
21. BOHLMANN G. M.: Process economic considerations for production of ethanol from biomass feedstocks. *Ind. Biotechnol.*, 2, 2006, s. 14–20.
22. KARIMI K., EMTIAZI G., TAHERZADEH M. J.: Ethanol production from dilute-acid pretreated rice straw by simultaneous saccharification and fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopus oryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technol.*, 40, 2006, s. 138–144.
23. HAMELINCK C. N., HOOIJDONK G., FAAIJ A. P. C.: Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. *Biomass Bioenergy*, 28, 2005, s. 384–410.
24. SANCHEZ O. J., CARDONA C. A.: Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. *Bioresource Technol.*, 99, 2008, s. 5270–5295.
25. LIU R., SHENA F.: Impacts of main factors on bioethanol fermentation from stalk juice of sweet sorghum by immobilized *Saccharomyces cerevisiae* (CICC 1308). *Bioresource Technol.*, 99, 2008, s.847–854.
26. ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., ŽÁKOVEC J.: *Technickoekonomická analýza vobdných alternativních paliv v dopravě*. Výzkumná zpráva pro Ministerstvo dopravy ČR, VŠCHT Praha, červen 2006. [http://www.mdcr.cz/cs/Strategie/Zivotni_prostredi/; staženo 25. února 2009].
27. WENDHAUSEN R. ET AL.: Continuous fermentation of sugar cane syrup using immobilized yeast cells. *J. Biosc. Bioeng.*, 91, 2001 (1), s. 48–52.
28. ADEN A. ET AL.: *Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis for corn stover*. Report no. NREL/TP-510-32438. [online: <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/32438.pdf>]. 2002.
29. VARGA E. ET AL.: Pretreatment of corn stover using wet oxidation to enhance enzymatic digestibility. *App. Biochem. Biotechnol.*, 104, 2003 (1), s. 37–50.
30. HÖNIG V., MILER P., HROMÁDKO J.: Bioetanol jako inspirace do budoucna. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (7/8), s. 203–206.
31. HROMÁDKO J. ET AL.: Ekonomická analýza využití bioetanolu v zážehových motorech. *Listy cukrov. řepář.*, 125, 2009 (3), s. 101–103.
32. VÁŇA J., KRATOCHVÍL Z.: *Vývoj technologie výroby bioetanolu ze slámy v České republice úspěšně ukončen*. [online: <http://biom.cz/index.shtml?x=98415>; staženo 21. 11. 2007].
33. HROMÁDKO J. ET AL.: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepář.*, 125, 2009 (1), s. 24–27.
34. SUN Y., CHENG J.: Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review, *Bioresource Technol.*, 83, 2002, s. 1–11.
35. Demirbas, A.: Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy and Combustion Sci.*, 33, 2007, s. 1–18.
36. OHGREN K. ET AL.: Simultaneous saccharification and co-fermentation of glucose and xylose in steam-pretreated corn stover at high fiber content with *Saccharomyces cerevisiae* TMB3400. *J. Biotechnol.*, 126, 2006, s. 488–498.

Tento článek vznikl za podpory: Ministerstvo dopravy ČR, projekt č. CG912-058-520 „Metodika kvantifikace a vyhodnocení environmentálních a bezpečnostních vlivů dopravy“; Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy ČR, projekt (identifikační kód OC 193), součást akce EU COST 356 „Metody hodnocení a multidisciplinární ocenění vlivů dopravy na trvale udržitelné životní prostředí“.

**Hromádko J., Hromádko J., Miler P., Hönig V., Štěrba P.:
Bioethanol production**

The article deals with a production of bioethanol as one of the most perspective present and future biofuel. Feedstock, which is used for bioethanol production is also described in the article. At present bioethanol is made from the feedstock, which contains simply sucrose (sugar cane and sugar beet) or starch (wheat and corn) by using biofuel technology of the first generation. The great potential of bioethanol production provides the production of bioethanol from lignocelluloses biomass, which will be commercially reasonable from 10–15 years. Nowadays the extensive research is focused on this technology. Europe has forgotten for Biofuel support, which is now a big problem. The production is approximately three percent from

the whole world production. Despite of the fact, that the European Union makes effort to catch up biofuel support, so there is a question, if its current steps are enough.

Key words: bioethanol, biofuel, sugar cane, swath, lignocelluloses, fermentation.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hromádko, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: janhromadko@tf.czu.cz