

PRIDOBIVANJE BIOETANOLA V ENERGETSKE NAMENE

Bioetanol (C_2H_5OH) je čista, brezbarvna tekočina z vreliščem pri $78,5\text{ }^{\circ}C$ in gostoto 789 kg/m^3 . Je alkohol, ki vsebuje hidroksilno skupino (-OH) vezano na ogljikov atom. Gori s svetlomodrim plamenom brez saj in z veliko energije, kar so lastnosti idealnega goriva. Ker vsebuje kisik, omogoča v motorjih bolj popolno zgorevanje in s tem čistejši izpuh.

Zelo dobro se meša z vodo in večino organskih snovi. Je gorivo, ki je veliko bolj prijazno okolju kot goriva iz naftnih derivatov, saj med drugim v zrak izpušča do 90% manj toplogrednih plinov. Njegova slabost je, da vsebuje 37% manj energije na liter goriva kot bencin.

Bioetanol pri nas še ni razširjen. V industrijskem merilu ga v Sloveniji še ne pridobivamo, za razliko od Brazilije, kjer 70% porabljenega goriva sestavlja etanol.

E85 je alkoholna mešanica goriva v kateri je 85% etanola in 15% bencina. E85 ima oktansko število 105 (bencin med 85 in 98). Ker vsebuje manj energije kot bencin se to odraža v padcu moči motorja.

Surovine

Za proizvodnjo bioetanola uporabljamo rastline, ki vsebujejo sladkorje, škrob in celulozo. Pridobivamo ga iz žitaric in iz drugih poljedeljskih rastlin, lesa, lesnih odpadkov, kmetijskih ostankov. Trije prevladujoči viri so koruza, pšenica in sladkorni trs. Zadnje čase se veliko raziskav posveča pridobivanju alkohola iz trdnih gospodinjskih odpadkov.

rastlina	pridelek ton/ha/leto	količina etanola lit/tono	količina etanola lit/ha/leto
Sladkorni trs	50-90	70-90	3500-8000
Sladka koruza	45-80	60-80	1750-5300
Sladkorna pesa	15-50	90	1350-5500
Krmna pesa	100-200	90	4400-9350
Pšenica	4-6	340	1350-2050
Ječmen	2,7-5	250	675-1250
Riž	2,5-5	430	1075-2150
Koruza	1,7-5,4	360	600-1950
Sladki krompir	8-30	167	1330-5000

Tabela 1: Količine bioetanola iz različnih rastlin pridelanih na ha obdelovalne površine.

Pridobivanje bioetanola

Bioetanol lahko pridobivamo iz biomase s pomočjo hidrolize in fermentacije sladkorjev. Biomasa vsebuje kompleksne zmesi polimernih ogljikovih hidratov poznanih kot celuloza, hemiceluloza in lignin. Če želimo iz biomase pridobiti etanol, moramo najprej razgraditi polisaharidne enote. Celulozo in hemicelulozo lahko razgradimo z encimi ali z nakisanjem, dobljene enostavne sladkorje fermentiramo v etanol. Lignin, ki je ravno tako prisoten v biomasi, pa se navadno uporabi kot gorivo za gretje reaktorjev.

Hidroliza

Za ekstrakcijo sladkorja iz biomase poznamo tri glavne procese: kislinsko hidrolizo s koncentrirano kislino, kislinsko hidrolizo z razredčeno kislino in encimsko hidrolizo.

- *Kislinska hidroliza s koncentrirano kislino*

Biomasi dodamo 70-77% žveplovo kislino v razmerju 1:1.25 glede na biomaso. Biomaso moramo predhodno posušiti na 10% relativne vlažnosti. Zmes kisline in biomase vzdržujemo pri temperaturi 50°C. Koncentrirana kislina pretvori vodikove vezi v celulozni verigi v amorfno obliko. Nato dodamo vodo, tako, da se kislina razredči na 20-30% in mešanico segrevamo pri 100°C eno uro. Poteče hidroliza celuloze in hemiceluloze do sladkorja. Sladkor ločimo od kisline s kolonsko kromatografijo.

- *Kislinska hidroliza z razredčeno kislino*

Kislinska hidroliza z razredčeno kislino je eden najstarejši, najlažjih in najbolj učinkovitih metod za pridobivanje etanola iz biomase. Postopek temelji na dveh stopnjah. V prvi stopnji dodamo biomasi 0.4% žveplovo kislino in zmes segrejemo na 200 °C. Poteče delna hidroliza celuloze in hemiceluloze. V drugi stopnji dodamo encim celulazo, ki hidrolizira preostanek sestavljenih ogljikovih hidratov do sladkorja.

- *Encimska hidroliza*

Celulozo lahko hidroliziramo do glukoze tudi z encimskim kompleksom, ki vsebuje encima Cx-celulazo in celobiohidrolazo. Kombinacija encimov povzroči degradacijo celuloze do celobioze. Tretji encim, imenovan celobiaza, povzroči hidrolizo celobioze do glukoze.

Fermentacija sladkorjev

Iz enostavnih sladkorjev, pridobljenih s hidrolizo, v postopku fermentacije pridobimo končni produkt, etanol. Fermentacija ali vrenje je naravni postopek, ko kvasovke, ki jih dodamo sladkorni raztopini, porabijo sladkor in izločijo etanol in ogljikov dioksid.

Reakcija: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{toplota}$

Kvasovke delujejo najbolj učinkovito pri temperaturah med 28 in 32 °C. Pri temperaturah pod 25 °C mirujejo, nad 35 °C pa odmrejo. Kvasovke so občutljive tudi na kislost. Pred dodatkom kvasovk mora biti kislost raztopine med 4 in 4.5 pH.

Frakcionirna destilacija

Po fermentaciji ostane v reaktorjih okoli 90% vode in trdnih ostankov, torej le 10% etanola. S frakcionirno destilacijo ga ločimo iz raztopine. Frakcionirna destilacija je postopek ločevanja mešanice tekočin na osnovi različnih vrelišč. Pri temperaturi 78.5 °C (vrelišče etanola) se etanol izloči iz raztopine.

Mletje

Pred postopkom hidrolize in fermentacije biomaso zmeljemo. Žito lahko predelamo v etanol v procesu mokrega ali suhega mletja.

- *Proces z mokrim mletjem*

V procesu mokrega mletja žitna zrna namakamo v topli vodi, ki nam pomaga, da se izloči škrob, ki je prisoten v zrnju. Namakanje pomaga tudi pri mehčanju zrn pred postopkom mletja. Pri procesu mletja pridobimo kalčke, vlaknine in škrob. Kalčke ekstrahiramo in iz njih proizvedemo olje. Škrobno frakcijo pred hidrolizo in fermentacijo centrifugiramo. Ta proces se uporablja v tovarnah, kjer proizvedejo nekaj 100 milijonov litrov etanola letno.

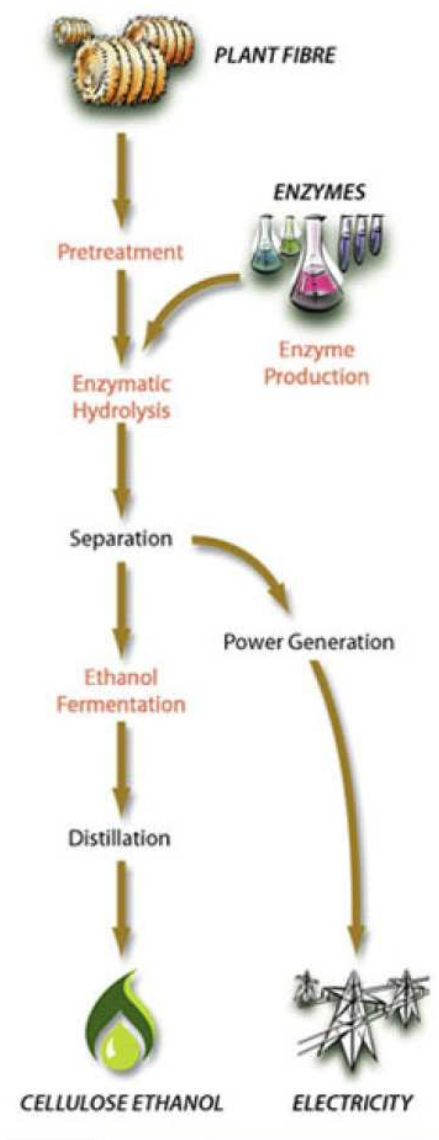
- *Proces suhega mletja*

Pri procesu suhega mletja žitna zrna zdrobimo v drobne delce. Tako dobljeno moko, ki vsebuje kalčke, škrob in vlaknine hidroliziramo s kislino ali s pomočjo encimov. Mešanico nato ohladimo in dodamo kvasovke. Tako s postopkom fermentacije nastane etanol. Postopek suhega mletja uporabljajo tovarne kjer proizvedejo manj kakor 20 milijonov litrov etanola letno.

Tehnologija pridobivanja bioetanola iz koruze

Iz 100 kg koruze v povprečju dobimo:

- 19.4 l bioetanola
- 2.9 kg koruznega olja
- 5.4 kg beljakovinske hrane
- 23.2 kg beljakovinske krme
- ogljikov dioksid



Slika 1: Proces pridobivanja bioetanola iz koruze

Koruzo očistijo in z njo napolnijo cisterne, kjer jo zmešajo z vodo in zmeljejo v redko kašo. pH 7 mešanice vzdržujejo z dodajanjem natrijevega hidroksida. Pri določeni temperaturi in kislosti dodajajo encime, ki povzročijo hidrolizo škroba v monosaharide. Sledi dodajanje rastlinskega kvasa, ki povzroči vrenje. Dobimo zmes, ki vsebuje 10% alkohola in 90% vode in trdnih ostankov. Alkohol ločijo z destilacijo, tako pridobijo 96% bioetanol, ki vsebuje 4% vode.

Energetska bilanca (je razmerje med vložkom fosilne energije, nujne za proizvodno specifičnega energijskega nosilca in vsebovano uporabno energijo) koruznega bioetanola je 1:1.3, 1:8 v primeru etanola pridobljenega iz sladkornega trsa in 1:2-36 pri etanolu pridobljenem iz celuloze. Koruzni etanol v zrak izpušča 22% manj toplogrednih plinov kot bencin, etanol sladkornega trsa 56% manj in etanol iz celuloze 91% manj.

Nekateri proizvodnjo kritizirajo, saj naj bi zahtevala več fosilnega goriva kot ga nadomesti. Izboljšava se kaže z izdelavo zaprtega sistema, kjer bi uporabljali bioplin, proizveden iz gnoja živine.

Uporaba bioetanola

Bioetanol je zanimiv predvsem kot gorivo za pogon vozil. Do 20% bioetanola lahko brez kakršnih koli sprememb na pogonskih motorjih z notranjim zgorevanjem dodajamo bencinu. Lastnosti mešanice se celo izboljšajo: etanol ima dobre zgorevalne lastnosti, visoko oktansko število ter omogoča čisto zgorevanje. Kurilnost bioetanola je 26,7 MJ/kg (bencin 42,7 MJ/kg). Ker bioetanol gori počasneje kot bencin moramo v motorjih, ki uporabljajo čisti bioetanol prilagoditi le predvžig.

Najbolj poznan je program uvajanja bioetanola v Braziliji, kjer je proizvodnja najbolj razširjena saj pridelajo 70% svetovne proizvodnje. Z njim nadomestijo 60% bencina za pogon vozil.

Velike količine etanola porabijo tudi v industriji pri izdelavi kozmetičnih izdelkov, zdravil, čistil in topil.

Viri:

- Drapcho, C. M., Nhuan, N. P., Walker, T.H. (2008). Biofuels engineering process technology, New York: McGraw Hill.
- Lee, S., Speight, J. G., Loyalka, S. K. (2007). Handbook of alternative fuel technologies, Boca Raton: CRC Press.
- Medved, S., Novak P. (2000). Varstvo okolja in obnovljivi viri energije, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.
- Debeljak, S. (2008). Energetski izzivi prihodnosti: alternativna tekoča pogonska goriva, diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta - http://www.cek.ef.uni-lj.si/u_diplome/debeljak3327.pdf
- Trontelj, F. (2007). Pogonska goriva motornih vozil, diplomsko delo, Kranj: Višješolski strokovni študij - http://www.bb-kranj.si/diplome/Trontelj_Franc-Pogonska_goriva_motornih_vozil.pdf
- http://blogs.princeton.edu/chm333/f2006/biomass/bioethanol/04_major_issue_cellulosic_ethanol