



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

VÝROBA ETHANOLU Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

PRODUCTION OF ETHANOL FROM RENEWABLE MATERIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAVA ČMARADOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUCIE HOUDKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miroslava Čmaradová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba ethanolu z obnovitelných zdrojů energie

v anglickém jazyce:

Production of ethanol from renewable materials

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ethanol se může přímo používat ve spalovacích motorech jako pohonná hmota nebo se přimíchávat do konvenčních paliv. Ethanol lze získat alkoholovým kvašením biomasy nebo zplynováním. Jedním z významných zdrojů biomasy jsou také biologicky rozložitelné odpady jakožto obnovitelný zdroj energie.

Cíle bakalářské práce:

Podrobně se seznámit s procesy alkoholového kvašení a zplynování biomasy k výrobě ethanolu, včetně historického vývoje a současných trendů. Prostudovat legislativu související s tématem práce se zaměřením na využití biologicky rozložitelných materiálů, především odpadů. Zhodnotit výrobu bioethanolu a perspektivu obou procesů v praxi v závislosti na druhu vstupní biomasy.

Seznam odborné literatury:

Kameš J.: Alternativní pohony automobilů. 1. vydání, Ben, Praha, 2004, 232 s, ISBN 80-7300-127-6.

Křepelka V. : Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 1997, ISBN 80-86153-34-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lucie Houdková, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 15.11.2010

L.S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT :

Táto bakalárska práca sa zameriava na výrobu etanolu z obnoviteľných zdrojov, najmä na alkoholové kvasenie. Stručne spomenutá je legislatíva odpadov. Bližšie sú popísané suroviny, z ktorých môže byť etanol vyrábaný a rozpísané vlastnosti a chovanie etanolu. V krátkosti je popísaná história výroby etanolu. Ďalej je rozobraná súčasná podoba výroby i použitie etanolu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ :

alkoholové kvasenie, etanol, obnoviteľné zdroje, splynovanie biomasy

ABSTRACT :

This Bachelor thesis focuses on the production of ethanol from renewable resources, in particular alcoholic fermentation. Briefly mentioned is the waste legislation. Closer described the materials from which the ethanol produced and can be broken down properties and behaviour of ethanol. Briefly describes the history of the production of ethanol. It is further discussed the current form of the production and use of ethanol.

KEYWORDS :

Alcoholic fermentation, ethanol, renewable materials, biomass gasification

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA :

ČMARADOVÁ, M. *Výroba ethanolu z obnovitelných zdrojů energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lucie Houdková, Ph.D..

ČESTNÉ PREHLÁSENIE :

Prehlasujem, že túto bakalársku prácu *Výroba ethanolu z obnoviteľných zdrojů energie* som vypracovala a napísala samostatne, pod vedením Ing. Lucie Houdkové, Ph.D. a uviedla som v zozname literatúry všetky literárne a odborné zdroje.

Miroslava Čmaradová

POĎAKOVANIE :

Rada by som poďakovala vedúcej bakalárskej práce Ing. Lucii Houdkové, Ph.D. za jej ochotu a odbornú pomoc.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. LEGISLATÍVA.....	10
2.1 Vymedzenie pojmov	10
2.2 Odpady.....	10
2.3 História legislatívy výroby a využitia bioetanolu.....	11
3. OBNOVITELNÉ ZDROJE.....	11
3.1. Zdroje biomasy	11
3.2 Základná charakteristika biomasy	11
3.3. Využitie biomasy na energetické účely	12
3.3.1 Spaľovanie.....	13
3.3.2 Splyňovanie	13
3.3.3 Pyrolýza.....	14
3.3.4 Alkoholové kvasenie	14
3.3.5 Metánové kvasenie	14
3.3.6 Chemické spracovanie.....	14
4. ETANOL	15
4.1 Vlastnosti etanolu	15
4.2 Použitie etanolu	16
4.3 Bioetanol.....	16
4.4 Výroba	17
4.4.1 Alkoholové kvasenie	19
4.4.2 Splyňovanie biomasy	22
5. ZÁVER.....	24
Zoznam použitej literatúry	25
Zoznam použitých skratiek a symbolov.....	28

1. ÚVOD

Od minulého storočia sa čoraz viac ľudí zaoberá obnoviteľnou energiou. Ľudia si uvedomujú vyčerpatelnosť zdrojov a snažia sa hľadať alternatívnu, resp. obnoviteľnú energiu. Nápadov na výrobu „obnoviteľnej energie“ je podľa môjho názoru dostatok. Otázne však je, či všetky návrhy sa aj realizujú a čo je dôležitejšie či sú rentabilné. Často je treba zvážiť či sa oplatí vyrábať energiu z obnoviteľných zdrojov. To sa týka aj výroby etanolu, ktorý sa dá použiť ako alternatíva k fosílnym palivám.

Cieľom tejto práce je v prvom rade zoznámiť sa s procesmi alkoholového kvasenia a splynovania biomasy k výrobe etanolu (liehu), vrátane historického vývoja až po súčasné trendy. Dôležité bude preštudovať legislatívu súvisiacu s témou práce so zameraním na využitie biologicky rozložiteľných materiálov, predovšetkým odpadov. Ďalej sa pokúsim zhodnotiť výrobu bioetanolu a perspektívnosť obidvoch procesov v praxi v závislosti na druhu vstupnej biomasy.

V posledných rokoch stúpa nadšenie z biomasy a bioenergie s uznaním, že globálna rezerva ropy je obmedzená, a k jej vyčerpaniu dochádza oveľa rýchlejšie ako bolo predpokladané. Okrem toho ekologické poškodenie z nadspotreby ropných produktov, najmä automobilového paliva, ohrozuje udržateľnosť ľudskej spoločnosti. Etanol, obnoviteľný a šetrný k životnému prostrediu, sa považuje za jednu z najlepších alternatív, čo viedlo k dramatickému zvýšeniu výrobných kapacít. [1]

Česká republika ratifikáciou Kjótskeho protokolu prijala na seba záväzok znížiť závislosť dopravy na ropy a nahradenie 5,75% fosílnych palív biopalivami v súlade so Smernicou o podpore využitia biopalív alebo ďalších obnoviteľných hmôt v doprave. V ČR sa v súčasnosti uplatňujú biopalivá prvej generácie, predovšetkým bioetanol a methylestery vyšších mastných kyselín získavané z repkového oleja. Výroba biopalív druhej generácie, ktoré ako surovinu využívajú poľnohospodárske plodiny a odpady na bázi celulózy a lignocelulózy, by pomohla odstrániť podozrenie využívania poľnohospodárskych surovín na úkor ich potravinárskeho využitia. [2]

2. LEGISLATÍVA

2.1 Vymedzenie pojmov

Zákon č. 180/2005 Sb. - Zákon o podpore výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene niektorých zákonov vymedzuje pojmy obnoviteľné zdroje a biomasa takto:

„Obnoviteľnými zdrojmi sa rozumejú obnoviteľné nefosílné zdroje a energie, ktorými sú energia vetra, energia slnečného žiarenia, geotermálna energia, energia vody, energia pôdy, energia vzduchu, energia biomasy, energia skládkového plynu, energia kalového plynu a energia bioplynu.“ [7]

„Biomasa sa rozumie biologicky rozložiteľná časť výrobkov, odpadov a zostatkov z prevádzkovania poľnohospodárstva a hospodárenia v lesoch a súvisiacich priemyslových odvetví, poľnohospodárske produkty pestované na energetické účely a rovnako biologicky rozložiteľná časť vytriedeného priemyslového a komunálneho odpadu.“ [7]

2.2 Odpady

Odpad je každá hnutelná vec, ktorej sa osoba zbavuje, má úmysel alebo povinnosť sa jej zbaviť, napr. [3] :

- ťažobný odpad
- nepoužité lieky
- vedľajšie produkty živočíšneho pôvodu

V rámci odpadového hospodárstva musí byť dodržovaná táto hierarchia spôsobov nakladania s odpadmi [3] :

- predchádzanie vzniku odpadov
- príprava k opätovnému použitiu
- recyklácia odpadov
- iné využitie odpadov, napríklad energetické využitie
- odstránenie odpadov

Od hierarchie spôsobov nakladania s odpadmi je možné odchyliť sa, pokiaľ sa na základe posúdenia životného cyklu celkových dopadov zahrnujúcich vznik a nakladanie s ním preukáže, že je to vhodné. [3]

Pre účely Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadoch a o zmene niektorých ďalších zákonov sa biologicky rozložiteľným odpadom rozumie akýkoľvek odpad, ktorý podlieha aeróbnemu alebo anaeróbnemu rozkladu. Biologickým odpadom sa rozumie rozložiteľný odpad zo záhrad a verejnej zelene, potravinársky a kuchynský odpad z domácností, reštaurácií, stravovacích alebo maloobchodných zariadení a porovnateľný odpad zo zariadení potravinárskeho priemyslu. [3]

Biologicky rozložiteľný komunálny odpad (BRKO) tvoria odpady, ktoré sú schopné anaeróbného alebo aeróbného rozkladu. BRKO sú napríklad potraviny (odpad z kuchýň, stravovacích zariadení, domácností), odpad zo zelene (odpad z údržby parkov, sadov, trávnatých ihrísk, záhrad) a papier. [4]

Zariadením na biologické spracovanie rozložiteľných odpadov je zariadenie na aeróbný alebo anaeróbný rozklad biologicky rozložiteľných odpadov. [3]

V rámci záväznej časti plánu odpadového hospodárstva krajov, ktoré si kladie za cieľ znižovať podiel odpadov ukladaných na skládku a najmä podiel biologicky rozložiteľnej zložky v nich obsiahnuté, sa vyvíjajú technológie na spracovanie biologicky rozložiteľného materiálu. [3]

2.3 História legislatívy výroby a využitia bioetanolu

V roku 1996 dala vláda ČR podnet na realizáciu programu nepotravinárskeho využitia obilia na výrobu bioetanolu. Účelom bolo zníženie emisií a imisií, použitím bezolovnatých benzínov na bázi bioetanolu a využitie poľnohospodárskej nadprodukcie. [5]

V roku 1998 dala vláda rezortu poľnohospodárstva vytvoriť podmienky na realizáciu programu. Boli vytvorené základné legislatívne podmienky na používanie bioetanolu ako komponentu pohonných hmôt. Zákon č. 129/1999 Sb., o spotrebných daniach rozumel palivom obsahujúcim lieh zmes, ktorá sa skladá najmenej z 95 % benzínu a najviac 5 % liehu alebo zmes, ktorá sa skladá z 85 % benzínu a najviac 15 % etyl-terciál-butyl-éteru (ETBE), do ktorého bol lieh zapracovaný. [5]

Významným krokom bolo vytvorenie dotačnej podpory na používanie bioliehu. Na rok 1999 bola navrhnutá dotácia na skúšobnú výrobu ETBE v Kralupech nad Vltavou. V tomto roku tam bolo spracovaných 513 t kvasného bezvodého liehu na 1057 t ETBE. Skúšobná výroba preukázala, že výroba ETBE je reálna aj bez nárokov na veľké investície. Využívanie bioethanolu bolo umožnené priamou nevratnou dotáciou vo výške 15 Kč na liter bioethanolu. ETBE sa miešal do benzínu Natural v objeme do 15 %. [5]

Smernica 2003/30/EC ukladá členským štátom záväzok zaviesť legislatívu, stanoviť národné ciele a zaistiť na svojom trhu minimálny podiel biopalív alebo iných obnoviteľných palív. K 31.12.2005 bola referenčná hodnota týchto cieľov dosiahnutie podielu 2 % biopalív v spotrebe pohonných hmôt a k dátumu 31.12.2010 nárast podielu biopalív na 5,75 %. [6]

3. OBNOVITELNÉ ZDROJE

3.1. Zdroje biomasy

Dostatočné množstvo biomasy je k dispozícii v oblastiach kde sa ťaží alebo spracováva drevo a v oblastiach poľnohospodárskej výroby. Biomasu v podobe slamy je možné získať v miestach s veľkou produkciou obilnín. Ďalším spôsobom zaistenia biomasy je využívanie nevyužitej poľnohospodárskej pôdy na vysadenie energetických rastlín. Je to však dlhodobá záležitosť. Materiály na bázi celulózy, medzi ktoré patria medzi poľnohospodárske odpady (slama z obilia a kukurice, oklasky z kukurice), drevo a drevné štiepky, piliny, energetické plodiny a komunálny odpad, predstavujú perspektívnu surovinu na výrobu biopalív. Pretože ide o odpadné materiály alebo časti rastlín, ktoré nemajú potravinárske využitie, ich zdroje sú obnoviteľné a cena je v porovnaní s poľnohospodárskymi plodinami veľmi nízka. [2], [8]

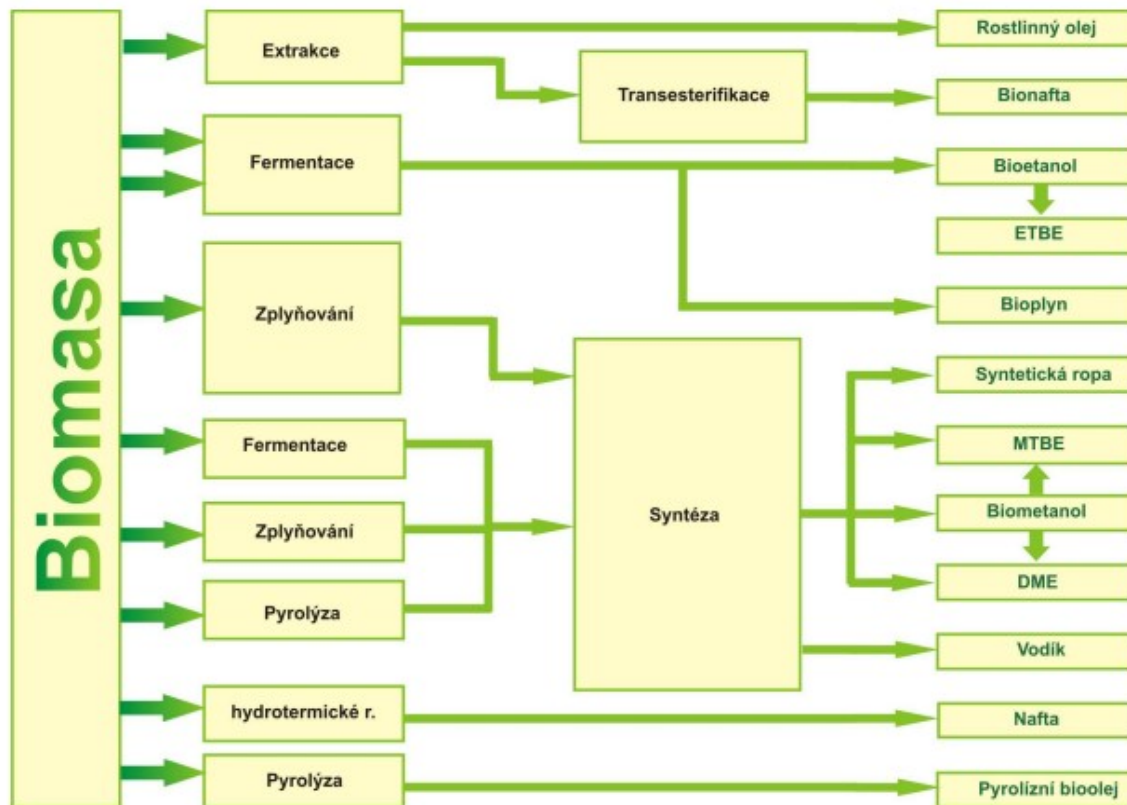
3.2 Základná charakteristika biomasy

V tejto práci sa zameriam predovšetkým na lignocelulózový materiál a to z dôvodu už spomínanej nízkej ceny, ľahkej dostupnosti (nachádza sa takmer všade) a najmä obnoviteľnosti. I keď po priamom spálení alebo aj spotrebovaní vyrobenej suroviny (plyn, kvapalina) vzniká oxid uhličitý, znova sa naviaže do rastlín a tým je zachovaný jeho prirodzený kolobeh.

Lignocelulózový materiál môže byť použitý ako tuhé palivo a spálený priamo. Takto získame energiu priamo, avšak s nízkou účinnosťou a s výraznými problémami pri manipulácii. Lepšie je previesť biomasu do plynnej alebo kvapalnej formy, ktoré môžu byť použité v tradičných energetických pochodoch. Zloženie biomasy je rôzne. Hlavnými zložkami celulózovej biomasy sú hemicelulóza (15-35%), celulóza (30-45%) a lignín(5-20%). Sacharidy môžu byť hydrolyzované na cukry a následne fermentované na etanol alebo môžu byť

transformované na metán anaeróbnej digescie. Technológia sa neustále vyvíja a do budúcnosti má dobré ekonomické predpoklady. [9]

Z biomasy sa vo veľkej miere vyrábajú automobilové palivá, resp. zmesi, ktoré sa pridávajú k fosílnym palivám. Nasledujúce schéma zobrazuje spôsoby výroby a možné produkty. Vo svojej práci sa však zameriam iba na výrobu etanolu.



Obr.1 Schéma technológie výroby biopalív [10]

3.3. Využitie biomasy na energetické účely

Spôsoby využitia biomasy závisia od fyzikálnych a chemických parametrov biomasy. Procesy spracovania biomasy môžeme rozdeliť na suché a mokré. Pri suchých procesoch je obsah sušiny v biomase viacej ako 50% a pri mokrých procesoch je to menej ako 50%.

Rozlišujeme niekoľko základných princípov využitia biomasy:

- termická premena (suché procesy) : spaľovanie
splyňovanie
pyrolýza
- biochemická premena (mokré procesy) : alkoholové kvasenie
metánové kvasenie
- fyzikálna a chemická premena : mechanicky (mletie, drvenie, lisovanie, briketovanie)
chemicky (esterifikácia surových olejov)
- získanie odpadného tepla (napr. pri kompostovaní, aeróbnom čistení odpadných vôd)

K energetickým účelom je možné v ČR využiť približne 8 mil. ton biomasy. [6], [11]

Čo sa ekonomiky týka, najmenej investične náročné sú zariadenia sa spaľovanie dreva, slamy, odpadov a pod., rekuperačné výmenníky a bionafta. Vyššie investičné náklady majú tepelné čerpadlá a bioplynové stanice. [6]

3.3.1 Spaľovanie

Spaľovanie je termická premena biomasy za dostatočného prístupu kyslíku. Produktom je tepelná energia, ktorá sa následne využíva na vykurovanie, technologické procesy alebo na výrobu elektrickej energie. Spaľovanie väčšinou nevyžaduje špeciálnu predbežnú úpravu biomasy. Postačí mletie, drvenie kôry a vetiev, lisovanie, briketovanie alebo rezanie dreva. Je prijateľná i vyššia vlhkosť suroviny. Vzhľadom k premennému zloženiu a charakteru biomasy je dôležité dodržiavať optimálne podmienky pri spaľovaní a nevyhnutné čistenie výstupných spalín, najmä kontrola emisií oxidu uhľoňatého a tuhých látok. [12]

Spaľovanie biomasy v tepelných zdrojoch sa realizuje v malých a stredných zariadeniach, kde výkony kotlov spaľujúcich biomasu sa pohybujú v rozsahu od desiatok kW do niekoľko MW. Počet takýchto zariadení v Európe sa pohybuje v stovkách tisíc. Aj v ČR sú malé kotle na drevo v najrôznejších konštrukčných modifikáciách veľmi rozšírené a s rastúcou cenou plynu bude ich počet narastať. Kotle inštalované v menších sústavách centralizovaného zásobovania teplom sú používané v mnohých krajinách. Najviac rozšírený je tento systém v Dánsku, kde viac než 150 prevádzok tohto typu využíva štiepku, slamu, peletovanú a briketovanú drevnú surovinu. V ČR počet takýchto prevádzok prekročil desiatku. Nevýhodou oproti zemnému plynu je nutnosť rozsiahlych skladovacích priestorov a musia byť opatrené zariadením na úpravu paliva (drvenie, lisovanie, sušenie). Také kotle sú zložitejšie a investične nákladnejšie. Napriek tomu, takéto kotolne predstavujú najmenej problémový a perspektívny tepelný zdroj využívajúci spáliteľnú biomasu. [12]

Teplárne a elektrárne s parnými turbínami sú tepelné zdroje menších sústav centrálného zásobovania teplom s biopalivom a majú parný systém s tlakom 1,3 až 2 MPa a s miernym prehriatím pary (najmenej o 50 až 80 °C). Oproti kotlom na fosílné palivá majú kotle na biomasu zvláštne prevedené kúreniská. Sú riešené variabilne, v závislosti na druhu biopaliva. [12]

Pokiaľ tepelné výkony systémov centrálného zásobovania teplom nepresiahnu 10 MW, je tu možnosť použitia jednostupňových protitlakových turbín priamo spojených s generátorom alebo lepšie vysokootáčkových axiálnych či radiálnych turbín s integrovanou prevodovkou alebo s vysokofrekvenčným elektrickým generátorom. Z ekonomického hľadiska je vhodné dávať prednosť drahším turbínam s najvyššou účinnosťou. Miesto turbíny je možné použiť parný stroj, ktorý má pri výkonoch 70 až 300 kW v niektorých smeroch lepšie vlastnosti než parná turbína (termodynamická účinnosť, cena). V centrálnych zásobárňach tepla a elektrárňach väčšieho výkonu môže byť biomasu použitá tromi spôsobmi [12] :

- spaľovanie biomasy v parných kotloch s pripojenou parnou turbínou v teplárenskom zapojení
- kombinované spaľovanie biomasy a fosílného paliva v tepelných zdrojoch a parnými turbínami
- pripojenie zvláštnych kotlov na biomasu k inému energetickému zariadeniu

Tepelné centrály s parným obehom využívajúce výlučne spaľovanie biomasy sú prevádzkované najmä v Dánsku a Fínsku. Pri kombinovanom spaľovaní je možné spaľovať uhlie a slamu na pevnom rošte a realizovať aj spaľovanie na fluidnom ohnisku (kaly a odpady papierenskej výroby so zemným plynom).

3.3.2 Splyňovanie

V porovnaní so spaľovaním je splyňovanie menej známe, zložitejšie a investične náročnejšie. Prebieha pri vyšších teplotách a umožňuje kombinovanú výrobu tepla a elektrickej energie. [14]

Splynovanie je proces, ktorý premení biomasu na plynnú zložku. Výsledkom plynofikácie je plyn, popol a dechtové zložky. Plyn obsahuje oxid uhoľnatý (CO), vodík (H₂), metán (CH₄) a ďalšie inertné plyny. Tento plyn sa bez väčších úprav používa na spaľovanie v klasických kotlových horákoch alebo po dodatočnom vyčistení v spaľovacích komorách spaľovacích turbín a v upravených spaľovacích motoroch. [9], [12]

Splynovanie v generátoroch na pevné palivo pri teplote okolo 500°C a pri atmosférickom tlaku sú používané pre malé tepelné výkony. Nevýhodou tohto systému je značná tvorba dechtových látok, fenolov a pod.. Ich odstránenie je veľký problém. Splynovanie vo fluidných generátoroch prebieha pri teplotách 850 až 950 °C pri atmosférickom tlaku alebo pri tlaku 1,5 až 2,5 MPa. Vzniká plyn, ktorý sa používa ako palivo alebo na výrobu metanolu. [12]

3.3.3 Pyrolýza

Pyrolýza je jeden z najnovších procesov premeny biomasy na produkty vyššej energetickej úrovne. Prebieha rýchlym prívodom tepla do suroviny, udržovaním potrebnej teploty, krátkou dobou pobytu pár v reakčnej zóne a čo najrýchlejším ochladením vzniknutého produktu. Pred vstupom do reaktorov je nutné biomasu rozdrviť na požadovanú veľkosť, aby bol zabezpečený rýchly priebeh reakcie a ľahká separácia pevných častí. Primárnym produktom je kvapalina (bio-olej), ktorá sa ľahko skladuje a prepravuje. Výhrevnosť bio-oleja je 16 – 18 MJ/kg. Nevyhnutné je predsušanie biomasy na vlhkosť nižšiu než 10% a to z dôvodu obmedzenia obsahu vody v bio-oleji. [12]

3.3.4 Alkoholové kvasenie

Alkoholové kvasenie, resp. fermentácia cukornatých alebo škrobnatých plodín je premena polysacharidov na alkohol za prítomnosti kvasiniek. Kvasinky premieňajú rastlinné sacharidy na etanol a oxid uhličitý. V Európe sa najčastejšie využíva cukrová repa, obilie alebo zemiaky. Vo svete predovšetkým cukrová trstina a kukurica. Na výrobu etanolu je vhodný akýkoľvek typ biomasy, ktorá obsahuje väčšie množstvo cukrov alebo látok, ktoré je možné na cukor previesť (napr. škrob alebo celulóza). Na výrobu etanolu je možné použiť biomasu stromov a tráv. Táto technológia je technicky realizovateľná, avšak komplikovaná, preto sa príliš nevyužíva. [13]

3.3.5 Metánové kvasenie

Metánové kvasenie je anaeróbny rozklad organických látok, ktorý je vyvolaný umelo. Nazýva sa aj anaeróbna fermentácia. V prvej fáze sa premieňajú organické látky na nižšie rozpustné organické zlúčeniny. V druhej fáze premena na masné kyseliny. Pri dodržaní vhodných fermentačných podmienok sa v ďalšej fáze premieňajú masné kyseliny na metán, oxid uhličitý a ďalšie látky. Metanogénne baktérie sú veľmi citlivé na kolísanie teploty a pH. Zmena prostredia vo fermentore by mohla viesť k spomaleniu alebo až zastaveniu reakcie. Produktom metánového kvasenia je bioplyn, ktorý sa priamo spaľuje alebo sa používa na výrobu elektrickej energie a ohrieva sa teplotnosné médium. Ďalšou možnosťou využitia je pohon spaľovacích motorov na získanie mechanickej energie alebo chemická výroba sekundárnych produktov bioplynu. [12]

3.3.6 Chemické spracovanie

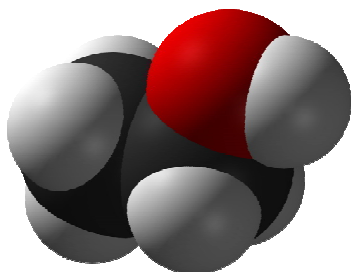
Chemickým spracovaním sa rozumie esterifikácia surových olejov. Esterifikácia je nahradenie metylalkoholu za glycerín a tým sa zmení olej na metylester olej, ktorý má podobné vlastnosti ako motorová nafta. Olej na esterifikáciu sa získava z olejnatých semien ako je repka, ľan alebo slnečnica. Výhodou sú menšie investičné náklady a stabilná vysoká kvalita bionafty. Bionafta sa využíva ako náhrada motorovej nafty. [12]

4. ETANOL

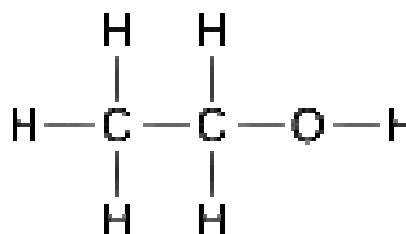
Etanol alebo etylalkohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, vid'. obr. 2 a 3) bol popisovaný ako jedna z najexotickejších, kyslík obsahujúcich organických chemikálií, vďaka jeho jedinečnej kombinácii vlastností, resp. možností využitia [14] :

- rozpúšťadlo
- dezinfekcia
- nápoj
- nemrznúca zmes
- palivo
- chemický medziproduct pre ďalšie organické chemikálie

S výnimkou alkoholických nápojov, je priemyslovo používaný etanol zmes 95% etanolu a 5% vody. Napriek tomu, že lieh (čistý alkohol) je veľmi známy, je drahší a používa sa výnimočne.



Obr.2 3D model zlúčeniny etanolu [15]



Obr.3 Štruktúrny vzorec etanolu [15]

4.1 Vlastnosti etanolu

Etanol je za normálnych podmienok (20 °C, 1 atm) [14], [16] :

- číra
- bezfarebná
- prchavá
- horľavá kvapalina
- má príjemnú vôňu
- má charakteristickú chuť

Fyzikálne a chemické vlastnosti etanolu sú závislé hlavne na hydroxylovej skupine. Táto skupina určuje polaritu molekuly a tiež vytvára medzimolekulárne vodíkové väzby. V kvapalnom stave sú vodíkové väzby tvorené prepojením atómu vodíka jednej molekuly a atómu kyslíka druhej molekuly. To spôsobí, že kvapalina alkoholu sa správa akoby bola z väčšej časti dimér (podobné správanie ako u vody).

Fyzikálne vlastnosti etanolu [15] :

- úplne miešateľný s vodou a organickými rozpúšťadlami, je veľmi hygroskopický
- bod topenia je pri - 115 °C
- bod varu je pri 78 °C (pri 1 atm)
- molárna hmotnosť je 46,07 g/mol
- hustota 0,789 g/cm³
- viskozita 1,2 mPa.s (pri 20°C)
- vysoko horľavý

- teplota vzplanutia 13 °C (pri 5% vody) , 24 °C (pri 50% vody)
- teplota horenia 30 °C
- teplota vznietenia 366 °C
- medze výbušnosti 3,4 až 15 % objemových

Chemické vlastnosti etanolu [15] :

- pomerne reaktívna látka
- reaguje s alkalickými kovmi (sodíkom alebo draslíkom) za vzniku ethoxidu a vodíku
- pôsobením oxidačných činidiel sa etanol oxiduje na acetaldehyd a ďalšou oxidáciou na kyselinu octovú
- pôsobením halogenidov karboxilových kyselín vznikajú estery etanolu a príslušné organické kyseliny
- katalytickým odštiepením molekuly vody z etanolu vzniká etén

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- pri spaľovaní horí bledomodro, bez svetelného plameňa na oxid uhličitý a vodnú paru

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$

4.2 Použitie etanolu

Ako už bolo spomenuté, etanol má veľmi široké možnosti použitia [16] :

- pri výrobe alkoholických nápojov, napr. vodka, atď.,
- ako rozpúšťadlo na farby, laky a drogy,
- pri výrobe acetaldehydu (etanal) a kyseliny octovej,
- ako palivo (viď. ďalej),
- ako tekutina v teplomeroch

Etanol je možné využiť priamo ako hodnotné palivo pre upravené spaľovacie motory alebo ako alternatívne palivo pre stacionárne zariadenie, používané k výrobe tepla. Po chemickej úprave etanolu na zlúčeninu ETBE môže byť i aditívom do bežných motorových palív – platné predpisy v ČR umožňujú prímes 15% ETBE do benzínových zmesí. [17]

Používať lieh ako základ pohonnej zmesi vyžaduje špeciálnu konštrukčnú úpravu terajších benzínových motorov. To komplikuje tomuto palivu všeobecné rozšírenie, ale je možné ho využívať v určitom uzavretom vozovom parku. Niektoré západoeurópske mestá ho napríklad používajú na pohon MHD. Ďalšia možnosť je pridávanie etanolu do benzínu, čo je ekologické opatrenie, mimo iné zvyšuje oktanovú hodnotu benzínu. Európska únia svojimi predpismi limituje množstvo liehu v benzíne maximálnym prípustným obsahom kyslíku 2,3 až 2,7 %. Po prepočte to pre benzín znamená maximálny obsah etanolu 5%. Takéto množstvo by pre ČR znamenalo náhradu viac ako 85 000 t benzínu ročne.

4.3 Bioetanol

Bioetanol (kvasný lieh či alkohol) sa vyrába alkoholovým kvasením a následnou destiláciou a je možnosť ho získať z rastlinných i živočíšnych surovín s obsahom cukrov a škrobov – cukrová repa, obilie, zemiaky, kukurica ale napr. i syrovátka. Má vysokú výhrevnosť (27 MJ/kg) a je možné ho s dobrou účinnosťou spaľovať v plynových turbínach či kotloch. Pri jeho spaľovaní nedochádza k stratám tepla do škváry a do popola, vznikajú len straty komínové. Vo svete je bioetanol používaný výhradne ako motorové palivo, a to väčšinou vo forme nízkopodielovej zložky benzínovej zmesi. Spaliny liehu neobsahujú popol a síru a majú oproti benzínu nižší podiel oxidu uhličitého a oxidu dusíku. [17], [18]
 Produkcia bioetanolu má v ČR veľký potenciál využitia .

Vo Výskumnom ústave rastlinnej výroby bol vyvinutý spôsob výroby bioetanolu z lignocelulózovej biomasy. Tento spôsob spočíva v tepelne tlakovej hydrolýze slamy, dreva a rôznych energetických rastlín. Získané cukry sa spracovávajú na etanol buď klasickým spôsobom alebo bakteriálnou premenou v termofilných podmienkach. Tento spôsob umožňuje využitie lacnej energetickej biomasy alebo rôznych lignocelulózových odpadov. [17]

4.4 Výroba

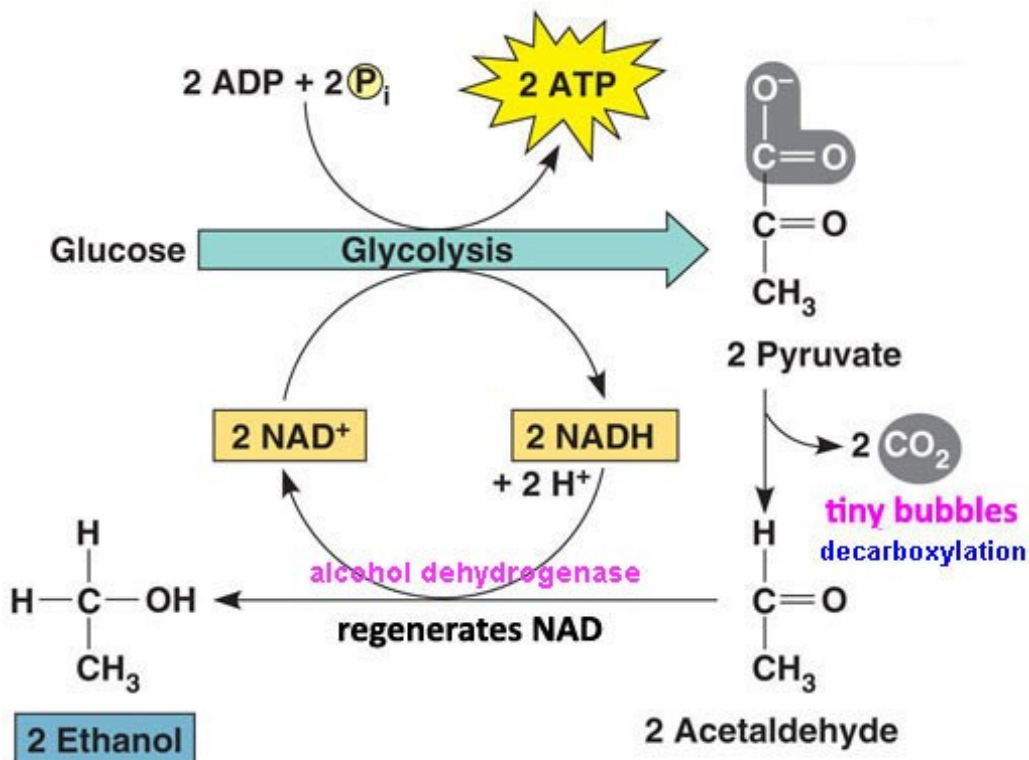
Prvé zmienky o alkoholovom kvasení pochádzajú z Mezopotámie z doby približne 4200 BC. Výroba etanolu pomocou destilácie bola používaná okolo 1 až 2 BC. Historické pramene sú nejednotné v tom, kde to bolo. Niektoré zdroje pripisujú prvenstvo zostrojenia a používania destilačnej aparatúry Číňanom, iné hovoria o egyptských alchymistoch. [19]

V Európe bol proces destilácie predstavený okolo 12. storočia. Umenie destilácie sa rozšírilo v stredoveku vďaka činnosti alchymistov, ktorí liehové destiláty obohacovali extraktmi z liečivých rastlín a používali ich v lekárstve. [19]

V 16. storočí vznikali prvé liehovary aj na území Českej republiky. Lieh sa vyrábal z obilia, predovšetkým zo žita. Koncom 18. storočia sa začali miesto obilia používať zemiaky. Pôvodné technológie boli jednoduché. K rýchlejšiemu rozvoju prispelo zavedenie destilačných aparátov vyhrievaných parou a zavedenie parenia zemiakov pod tlakom. Po prvej svetovej vojne sa začala využívať nadprodukcia cukrovej repy. Pri tejto výrobe bol požívaný difúzny spôsob destilácie. Cukrovarnícky priemysel sa začal rozvíjať v prvej polovici 19. storočia a ako odpad vznikala nová liehovarnícka surovina (melasa). V roku 1838 vznikol v Prahe prvý samostatný melasový liehovar. V druhej polovici 19. storočia boli postavené liehovary v Rájci nad Svitavou, Olomouci a Kojetíně. V roku 1874 bolo v Čechách 284 poľnohospodárskych, 40 menších melasových a 8 veľkých priemyslových liehovarov. [19]

Bioetanol sa vyrába aeróbnou fermentáciou cukornatých alebo škrobnatých plodín. Na výrobu bioetanolu je vhodný akýkoľvek typ biomasy, ktorá obsahuje väčšie množstvo cukrov alebo látok, ktoré je možné na cukor previesť (napr. škrob alebo celulóza). Na výrobu bioetanolu je možné použiť aj biomasu stromov a tráv. Kvasný spôsob výroby bioetanolu z biomasy je umožnený vďaka pôsobeniu enzýmov v procese, ktorému sa hovorí liehové kvasenie. Priamo skvasiteľné sú len monosacharidy, ktorých molekula obsahuje 6 uhlíkov, tzv. hexózy. Zložitejšie sacharidy (oligosacharidy až polysacharidy) musia byť pred skvasením hydrolizované na monosacharidy pomocou enzýmovej alebo kyslej hydrolýzy. [13], [20]

Úlohou mikroorganizmov pri kvasení je získať energiu anaeróbnou premenou sacharidov na látky jednoduchšie (s nižším obsahom energie). Tento proces sa nazýva glykolýza. Vstupnou zložkou je glukóza, ktorá predstavuje zdroj uskladnenej energie. Najprv je glukóza prevedená na fosforečný ester glukóza-6-fosfát. Katalyzátorom tejto reakcie je hexokináza alebo glukokináza, spotrebovaná je jedna molekula adenosintrifosfátu (ATP). Ďalším krokom je izomerácia glukóza-6-fosfátu na fruktózu-6-fosfát. Fosforyláciou fruktózy-6-fosfátu na fruktózu-1,6-bifosfát sa spotrebuje jedna molekula ATP. Molekula fruktózy-1,6-bifosfátu podlieha štípeniu a vzniká glyceraldehyd-3-fosfát a dihydroxyacetonfosfát. Vzájomnou premenou týchto dvoch látok vzniká dihydroxyacetonfosfát. Ďalším reakciám podlieha len glyceraldehyd-3-fosfát. Jeho oxidáciou a fosforyláciou dostaneme 1,3-bisfosfoglycerát a súčasne sa redukuje NAD^+ (oxidovaná forma nikotinamid adenin dinukleotidu) na NADH (redukovaná forma nikotinamid adenin dinukleotidu) + H^+ . Z 1,3-bisfosfoglycerátu vzniká 3-fosfoglycerát a ATP. Pri ďalšej reakcii vznikne 2-fosfoglycerát a uvoľní sa 2-fosfoglycerát. Dehydratáciou 2-fosfoglycerátu vzniká fosfoenolpyruvát. Posledným krokom je nevratná fosforylácia adenosindifosfátu (ADP) pyruvátkinázou, kedy z fosfoenolpyruvátu vzniká pyruvát (anion kyseliny pyrohrozbovej). [13]



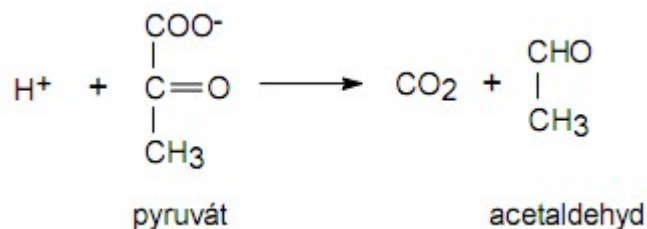
(a) Alcohol fermentation (anaerobically in yeast cells)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

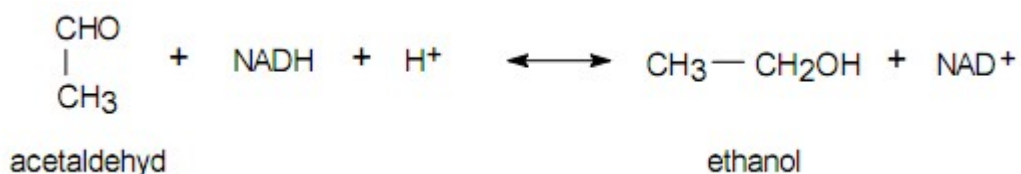
Obr.6 Princíp alkoholového kvasenia [21]

Na glykolýzu pôsobením kvasiniek naväzuje alkoholové kvasenie. Proces prebieha bez prístupu vzduchu, čiže anaeróbne, pretože kvasinky by mohli kyslík spotrebovať na iné účely. Dochádza k premene pyruvátu na etanol a oxid uhličitý. Kvasenie prebieha v dvoch krokoch [20]:

- dekarboxylácia pyruvátu za vzniku acetaldehydu a oxidu uhličitého



- pôsobením alkoholdehydrogenázy dochádza k redukcii vzniknutého acetaldehydu za vzniku etanolu

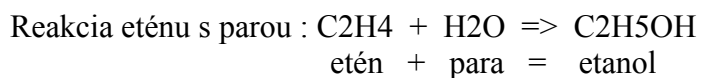


Aby sme docielili správneho priebehu kvasenia je treba udržiavať vhodné pH (4-6) a teplotu (27-32 °C). V bežnej technologickej praxi nie je možné prekročiť hodnotu 12-13% obj. koncentrácie etanolu, pretože vďaka zníženiu aktivity enzýmu sa fermentačný proces celkom zastaví. [13]

Pri kvasení prebieha celá rada vedľajších reakcií. Z toho vyplýva, že množstvo vzniknutého etanolu a oxidu uhličitého stechiometricky neodpovedá množstvu glukózy vstupujúcej do reakcie. Vedľajšími produktmi sú napríklad [20] :

- glycerol
- organické kyseliny – vznikajú ako produkty premien kyseliny pyrohroznovej
- príbudlina – vyššie alkoholy, ktoré vznikajú z aminokyseliny
- estery – vznikajú reakciou kyselín a alkoholov
- metanol
- acetaldehyd

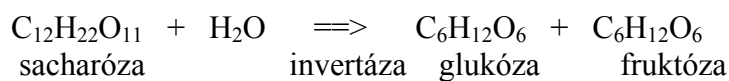
Výroba etanolu závisí aj na jeho použití. Etanol, ktorý je určený na priemyslové použitie sa zvyčajne vyrába reakciou eténu s parou, zatiaľ čo etanol určený na použitie v potravinách je prevažne vyrábaný alkoholovým kvasením.



4.4.1 Alkoholové kvasenie

Kvasenie je jeden z najstarších chemických procesov, ktoré človek pozná. Používa sa na výrobu rôznych výrobkov, napr. potravín, chuťových prísad, nápojov, liekov a chemikálií. [14]

Pri alkoholovom kvasení sa do roztoku sacharózy pridávajú kvasinky a táto zmes je zohrievaná. Enzým (invertáza), ktorý je prítomný v kvasinkách, pôsobí ako katalyzátor konverzie sacharózy na glukózu a fruktózu.



Glukóza a fruktóza sú premenené iným enzýmom - zymáza, ktorý je tiež obsiahnutý v droždí, na etanol a oxid uhčitý.



Kvasenie trvá tri dni a prebieha pri teplote medzi 250 a 300 °C. Etanol sa potom získa pomocou frakčnej destilácie.

Napriek tomu, že bod varu etanolu je 78,3 °C a je podstatne nižší než bod varu vody, ktorý je pri 100 °C, nie je možné tieto materiály úplne oddeliť pomocou destilácie. Miesto toho sa získa azeotropná zmes (napr. zmes 95% etanolu a 5% vody), ktorá má bod varu 78,15 °C. V destilácii je najprv oddestilovaný materiál, ktorý má najnižší bod varu (najviac prchavá látka) a to je azeotrop 95% etanolu. Bez ohľadu na to ako účinná je frakčná kolóna, nie je možné získať etanol s vyššou koncentráciou (jedine použiť inú metódu než destilácia).

V súčasnosti je etanol vyrábaný jednoduchším spôsobom pri nižších nákladoch (napr. syntetizovaný z ropy). Budúcnosť kvasného priemyslu závisí od jeho schopnosti získať čo najvyššiu účinnosť, špecifikovať enzýmovú katalýzu na syntetizovanie zložitých výrobkov a na schopnosti prekonať rozdiely v kvalite a dostupnosti surovín. [14]

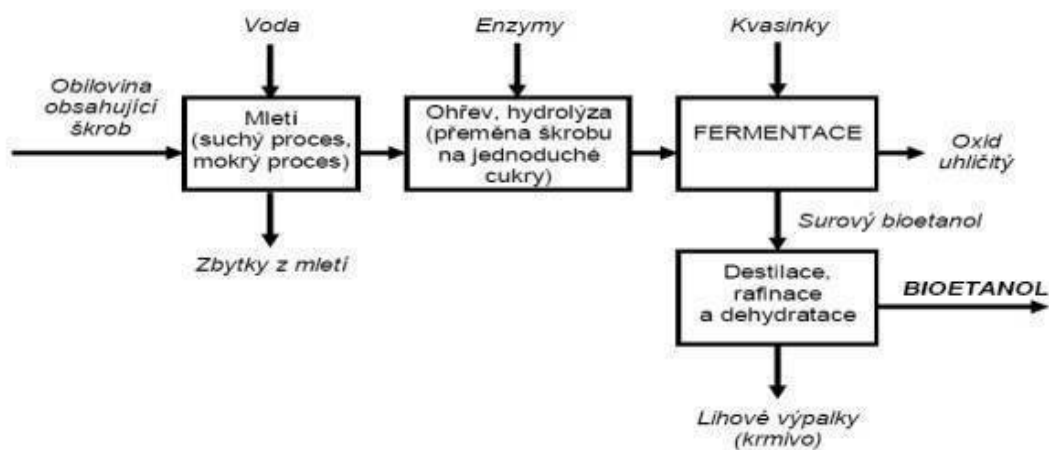
Fermentačným procesom možno z akéhokoľvek materiálu, ktorý obsahuje cukor oddeliť etanol. Suroviny používané pri výrobe etanolu pomocou fermentácie možno rozdeliť do troch typov poľnohospodárskych surovín: cukor, škrob a celulóзовý materiál. Cukry (z cukrovej trstiny, cukrovej repy, melasy, ovocia) môžu byť transformované na etanol priamo. Škroby (z obilia, zemiakov, koreňových plodín) musia byť najprv hydrolyzované na kvasiteľné cukry pôsobením enzýmov zo sladu alebo plesní. Celulóza (z dreva, poľnohospodárskych zvyškov)

musí byť tiež prevedená na cukry, zvyčajne pôsobením minerálnych kyselín. Akonáhle vznikajú jednoduché cukry, môžu enzýmy z kvasníc ľahko kvasiť na etanol. [14]

Mikroorganizmov na výrobu etanolu je mnoho. Medzi najdôležitejšie stále patrí *Saccharomyces cerevisiae*. [1]

4.4.1.1 Výroba etanolu z obilia

Z obilia a kukurice sú na výrobu etanolu použiteľné iba zrná obsahujúce škrob. Zrná predstavujú malý podiel z celkovej rastlinnej hmoty, preto je nutná mechanická predúprava mletím alebo drvením, aby sa škrobové zrná sprístupnili. V ďalšom kroku nasleduje proces napučania škrobových zrn. Takto sa škrob postupne prevádza až na skvasiteľný sacharid. Potom nasleduje vlastná fermentácia a destilačné oddelenie surového bioetanolu. [13]

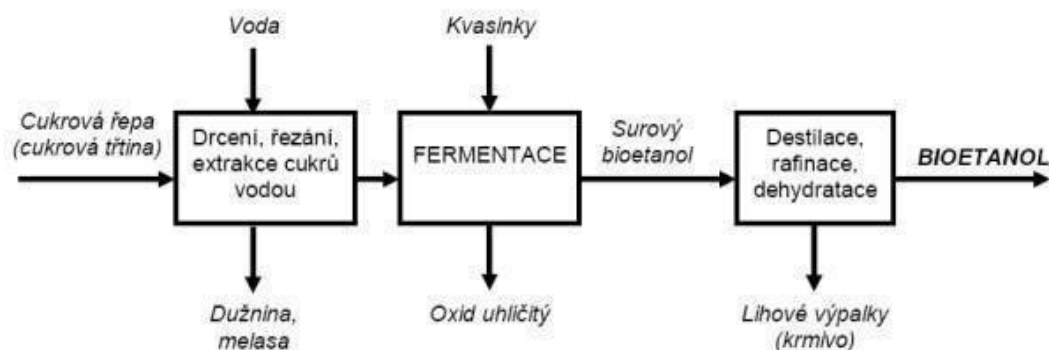


Obr.4. Blokové schéma výroby bioetanolu z obilnín [13]

4.4.1.2 Výroba bioetanolu z cukrovej repy

Biomasa obsahujúca jednoduché cukry je na výrobu bioetanolu výhodnejšia, pretože výroba je menej zložitá. Nie je treba enzymatické štiepenie polysacharidov na zvasiteľné jednoduché cukry. Cukrová repa je rozomletá a cukry sú oddelené pomocou vodnej výpierky. Následne sú cukry zkvasené vo fermentore na bioetanol pôsobením kvasiniek za podmienok podobných ako v prípade výroby bioetanolu z obilia. Odpadom zo spracovania sú dužnina a melasa.

Využitie cukrovej repy ako hlavnej suroviny na výrobu bioetanolu neprichádza do úvahy z dôvodu jej pestovania prevážne na výrobu cukru. Pozornosť sa obracia na využitie vedľajších produktov z výroby cukru ako je melasa. Melasa je hustá sirupovitá tekutina, ktorej hlavnými zložkami sú voda (20% hm.), sacharidy (50% hm.) a necukornaté látky. [13]



Obr.5. Blokové schéma výroby bioetanolu z cukrovej repy [13]

Rafinácia a dehydratácia bioethanolu

Napriek dodržaniu všetkých zásad optimálneho vedenia procesu fermentácie, vznikajú vedľajšie produkty (organické kyseliny, glycerol, akrolein, vyššie alkoholy, estery, atď.), ktoré znižujú výťažok etanolu a komplikujú proces destilačného delenia etanolu. Všetky nežiaduce látky je pri rafinácii nutné účinne odstrániť tak, aby vyrobený produkt spĺňal potrebné akostné požiadavky na kvalitu pohonnej hmoty pre motorové vozidlá. Výsledkom rafinácie surového bioethanolu je rafinovaný bioetanol, ktorý obsahuje maximálne 95,5% hm. etanolu, ostatné je voda. Pomocou adsorpcie na molekulových sitách, zeolitoch, ktoré využívajú rozdielny priemer molekúl etanolu a vody sa získava bezvodý lieh so zostatkovým obsahom vody maximálne 0,3%. Na rozdiel od potravinárskeho liehu môže bioetanol obsahovať malé množstvo metanolu a vyšších alkoholov. Pre bioetanol pre dopravné účely platí ČSN 65 6511. [13]

Spracovanie liehu na ETBE

Ethyl-terc-butylether (ETBE) a methyl-terc-butylether (MTBE) sú žiadanou zložkou automobilových benzínov. Veľkou výhodou týchto látok je vyššia výhrevnosť, menší tlak pár, vysoké oktanové číslo a v porovnaní s alkoholmi sa s benzínom lepšie miešajú a vzniknutá zmes je stabilnejšia. Prítomnosť éterov v benzíne podporuje jeho dokonalejšie spálenie a tým zníženie emisií uhlíkovdioxidu a CO. Éter sa vyrába reakciou etanolu s nenasýteným plynným uhlíkovdioxidom izobuténom v prítomnosti kyslého katalyzátoru. Výroba ETBE je prevažne realizovaná v upravených jednotkách, ktoré slúžili na výrobu MTBE. V benzínových zmesiach by ETBE mohla nahradiť v súčasnosti zdravotne nevyhovujúci MTBE. [13]

Tabuľka 1 Porovnanie vybraných vlastností ethanolu, ETBE a benzínu

Vlastnosti paliva	Etanol	ETBE	Benzín
Rel. molekulová hmotnosť (g/mol)	46	102	111
Oktanové číslo RON/MON	109/92	118/105	96/85
Cetanové číslo	11	-	8
Tlak pár podľa Reida (kPa)	16,5	28,0	75,0
Hustota 15°C (g/cm ³)	0,8	0,74	0,75
Výhrevnosť (MJ/kg)	26,4	36,6	41,3
Výhrevnosť (MJ/l)	21,2	26,7	31,0
Stechiometrický pomer vzduch / palivo (hm.)	9,0	-	14,7
Bod varu (°C)	78	72	30-190
Zápalná teplota (°C)	425		>280
Bod vzplanutia (°C)	12	-19	-35
Medza výbušnosti D / H (% v/v)	3,5/15	1,2/9,1	1,3/7,6

V súčasnej dobe výrobu bioethanolu v ČR zaisťujú dva liehovary. Spoločnosť Cukrovary a liehovary TTD, a.s. v Dobrovici používa na výrobu cukrovú repu a liehovar spoločnosti PLP, a.s. v Trmicích vyrába bioetanol z obilia popri prípade z kukurice. Výroba bioethanolu bola v ČR zahájená v roku 2006 a odvtedy jeho produkcia neustále rastie. V minulom roku sa ČR výrobou bioethanolu dostala na 10.miesto v rámci EU. [2]

Tabuľka 2 Produkcie bioethanolu v ČR od roku 2006 v miliónoch litrov.

rok	2006	2007	2008	2009
ČR	15	33	76	112,5

Cukrovar PLP vyrába z nepotravinárskych obilnín (pšenica, kukurica, tritikale) [22] :

- kvasný lieh – bioethanol
- denaturovaný bioethanol
- technický ethanol

Použitie jednotlivých produktov :

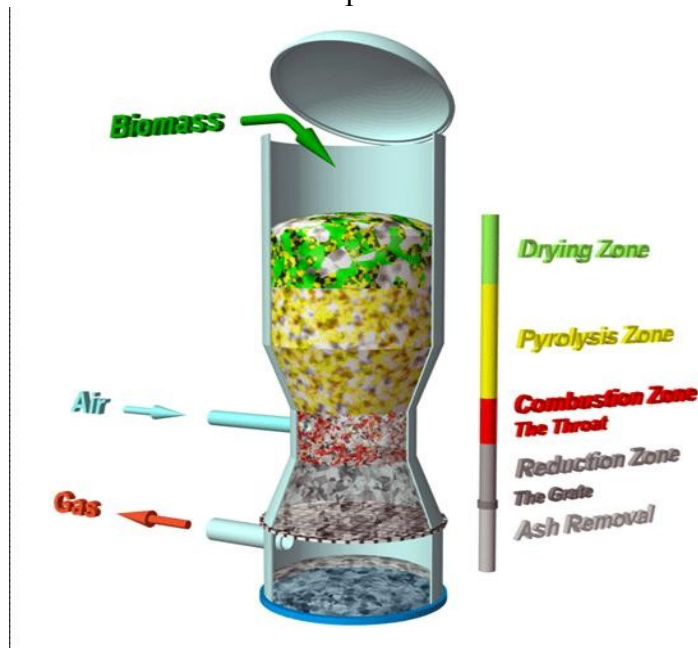
Kvasný aj denaturovaný lieh sú určené na využitie do automobilových benzínov. Technický ethanol sa používa na výrobu nemrznúcich kvapalín (napr. do automobilových ostrekovačov), čistiacich prostriedkov a rozpúšťadiel. Všetky sú vysoko horľavé kvapaliny I. triedy. [22]

4.4.2 Splyňovanie biomasy

Termochemická premena biomasy pri vyšších teplotách a za prívodu obmedzeného množstva kyslíka je označovaná ako splyňovanie. Pri dôkladnej kontrole teploty (800°C až 900°C), obsahu kyslíku a doby zotrvania častíc biomasy v reaktore (sekundy až desiatky sekúnd), je možno prakticky všetok organický materiál premeniť na plyn, pokiaľ je ako okysličovadlo použitý vzdušný kyslík, čo je v prípade biomasy najčastejšie. [17]

Splyňovanie biomasy, storočia stará technológia, je v dnešnej dobe využívaná na výrobu alternatívnych palív. V procese splyňovania je biomasa plynofikovaná na tzv. plyn, ktorý je využívaný v elektrárnach na výrobu elektriny. [23]

Rozkvet splyňovania nastal pred a počas druhej svetovej vojny. Úpadok nastal po druhej svetovej vojne, kedy bolo kvapalné palivo veľmi ľahko dostupné. Dnes, z dôvodu zvýšenia cien pohonných hmôt, emisií a záujmu o životné prostredie, je znova záujem o túto technológiu. Splyňovanie sa stalo modernou a pomerne sofistikovanou technológiu. [9]



Obr.7 Princíp splyňovania biomasy [24]

Výhodou splyňovania je decentralizovaná energetická premena systému, ktorý funguje celkom výhodne aj v malých systémoch. Producentom plynu je jednoduché zariadenie, pozostávajúce z valcovej nádoby obvykle s priestorom na palivo, s prívodom vzduchu a výstupným roštom. Zariadenie môže byť vyrobené z ohňovzdorných tehliel, oceli alebo betónu a olejových barelov. Konštrukcia reaktora závisí na druhu použitého paliva, a či splyňovač je prenosný alebo stacionárny. Prenosné splyňovače sú používané na prevádzku vozidiel. Stacionárne v kombinácii s motormi majú široké využitie vo vidieckych oblastiach rozvojových

krajín. Používajú sa na mnohé účely, vrátane výroby elektriny a prevádzky zavlažovacích čerpadiel. Samotný splyňovač je málo používaný. Kompletný plynofikačný systém sa skladá z jednotky splynovania (generátoru), čistiacej jednotky a energetického konvektoru (horáky alebo spaľovací motor). [9]

Teoreticky je možné splyňovať všetky druhy biomasy s obsahom vlhkosti 50-30%, ale nie každý druh biomasy môže viesť k úspešnému splyňovaniu. Väčšina vývojovej práce je vykonávaná s bežnými palivami ako je uhlie, drevené uhlie a drevo. Bolo zistené, že vlastnosť palív (veľkosť, tvar, obsah vlhkosti, prchavých látok a oxidov) ovplyvňuje plynofikáciu. [9]

Vo fermentore je bioplyn nasýtený vodnou parou a znečistený stopami plynov (napr. sulfán). Aby sa dal plyn ďalej použiť, je nutné ho vyčistiť a znížiť jeho vlhkosť. Vodná para a časť sírovodíku môžu byť odstránené v kondenzačnom zariadení. V poľnohospodárskych bioplynových staniciach sa na zníženie množstva sírovodíku v bioplyne pridáva malé množstvo vzduchu do reaktoru. To umožní premenu sírovodíku na nekorozívnu síru. Problém je však v dávkovaní vzduchu, pretože množstvo vzduchu musí odpovedať množstvu vyrábaného bioplynu. [25]

Pre bioplyn s nižším obsahom sírovodíkov sú vhodné suché metódy, ktoré využívajú aktívne uhlie, oxidy železa a pod. Čistenie je principiálne založené na adsorpcii nečistôt na aktívnom uhlí, pri priechode bioplynu adsorberom. Aby bola docielená čo najlepšia spoľahlivosť funkcie adsorpčnej náplne je nutné znížiť vlhkosť bioplynu, preto je bioplyn ochladený.

Bioplyn s vyšším množstvom sírovodíkov je vhodnejšie čistiť mokrou metódou. Používajú sa mokré pračky (napr. práčka s vlákňitou náplňou, práčka s pohyblivým ložiskom, práčka s dierkovanými poschodiami, sprchová vež). [25], [26]

Etanol pomocou splyňovania sa získa až následnou úpravou bioplynu. Tým, že je nutná prvotná výroba a úprava bioplynu a až následná výroba etanolu, sa celý proces predražuje. Veľkou výhodou je lacná vstupná surovina (biomasa). Nevýhodou náročnosť na realizáciu, pretože je nevyhnutných veľa krokov ku konečnému produktu. Takýto spôsob výroby etanolu sa v dnešnej dobe nerealizuje. Zatiaľ prebiehajú projekty na laboratórnej úrovni.

5. ZÁVER

V bakalárskej práci som sa zaoberala výrobou etanolu z obnoviteľných zdrojov. Dôležitá je surovina, z ktorej sa má etanol vyrábať a takisto je dôležité vybrať správny proces výroby. Od toho sa dovíjajú investičné náklady, množstvo potrebných operácií, kvalita, resp. čistota etanolu, dodatočné úpravy a čistenie a v neposlednom rade možné použitie.

Čo sa surovín týka tak jednoduchšia výroba je z cukornatých plodín ako je cukrová repa, ale veľkou nevýhodou je, že tieto plodiny sú primárne používané na výrobu cukru a tým pádom stúpa ich cena. Preto je finančne výhodnejšie používať biomasu druhej generácie, čo je napríklad slama, štiepka a pod. Výroba z lignocelulóзовých materiálov nie je taká jednoduchá, ale prispieva k znižovaniu odpadov a je menej finančne náročná než cukornaté alebo škrobnaté plodiny.

Čo sa spôsobu výroby týka, je možné zvoliť alkoholové kvasenie alebo splynovanie. Proces alkoholového kvasenia je jednoduchší a vedie priamo na výrobu etanolu. Pri procese splynovania je nutné najprv vyrobiť bioplyn a až z neho sa vyrába etanol, čo zvyšuje prvotné investičné náklady a je to komplikovanejší proces. Na rozdiel od alkoholového kvasenia je ani tak rozšírený, skorej je vo vývoji a väčšinou sa praktikuje len v laboratórnych podmienkach.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks . *Science Direct : Biotechnology Advances*[online]. 10 September 2007, Volume 26, Issue 1, January-February 2008, Pages 89-105, [cit. 2011-03-09]. Dostupný z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T4X-4PMJK0X-2&_user=640830&_coverDate=02%2F29%2F2008&_alid=1671081865&_rdoc=62&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_cdi=4986&_sort=r&_st=13&_docanch or=&view=c&_ct=4481&_acct=C000032308&_version=1&_urlVersion=0&_userid=640830&md5=d21d9e6a4081b881ac9858922a170220&searchtype=a>.
- [2] PAULOVÁ, L., et al. Využití odpadních materiálů na bázi lignocelulózy jako suroviny pro výrobu bioetanolu. *Chemagazín*. 2010, XX, 5., s. 16-18.
- [3] ČR. ZÁKON č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů Změna: 9/2009 Sb. , 157/2009 Sb. , 297/2009 Sb. , 291/2009 Sb. , 326/2009 Sb. , 223/2009 Sb. , 227/2009 Sb., 154/2010 Sb. , 281/2009 Sb. . 2010, Dostupný také z WWW: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/185-01%20-%20odpady.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/185-01%20-%20odpady.pdf)>.
- [4] *Komunální odpad* [online]. 2008 [cit. 2011-04-29]. Pojmy. Dostupné z WWW: <<http://www.komunalniodpad.eu/index.php?str=pojmy>>.
- [5] Zpráva pro Evropskou komisi k realizaci směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2003/30/ES z 8. května 2003 . [online]. 2003, [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.ebb-eu.org/legis/Czech%201st%20report%20Dir%202003%2030_CS.pdf>.
- [6] MOUDRÝ, Jan; KALINOVÁ, Jana. *Pěstování speciálních plodin : Energetické využití biomasy* [online]. České Budejovice : ZF JU, 2004 [cit. 2011-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>>.
- [7] Zákon č. 180/2005 Sb. : Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů. *Právní předpisy ČR* [online]. 31.3.2005, 180/2005, [cit. 2011-03-29]. Dostupný z WWW: <http://www.eru.cz/user_data/files/legislativa/legislativa_CR/Zakony/ZOZE_1_1_2011_vcetne_402_10.pdf>.
- [8] *BIOMASS TECHNOLOGY* [online]. 2009 [cit. 2011-05-24]. Logistika biomasy. Dostupné z WWW: <http://biomasstechnology.cz/wp/?page_id=201>.
- [9] *Biomass Gasification : Overview of Gasification Technology* [online]. 1997 [cit. 2011-03-05]. Biomass Gasification. Dostupné z WWW: <<http://cturare.tripod.com/ove.htmio.htm>>.
- [10] POSKOČIL, M. *Paliva získávaná z biomasy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 23 s. Vedúci bakalárskej práce Ing. Jaroslav Rauscher, CSc.
- [11] PASTOREK, Zdeněk, KÁRA, Jaroslav, JEVIČ, Petr. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIC, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.

- [12] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (2) Technologie. *Biom.cz* [online]. 2002-02-06 [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [13] PŘICHYSTAL, L. Biomasa jako obnovitelný zdroj energie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 53 s. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr. Zdeněk Friedl, CSc.
- [14] *JitKang Lim* [online]. 2002 [cit. 2011-04-05]. Fermentation of ethanol. Dostupné z WWW: <<http://www.andrew.cmu.edu/user/jitkangl/Fermentation%20of%20Ethanol/Fermentation%20of%20Ethanol.htm>>.
- [15] Ethanol. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 7.11.2001, last modified on 5.4.2011 [cit. 2011-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol>>.
- [16] UCC Chemical Sciences [online]. 2000 [cit. 2011-03-23]. Ethanol. Dostupné z WWW: <<http://www.ucc.ie/academic/chem/dolchem/html/comp/ethanol.html>>.
- [17] KOLAT, Pavel. *Pokročilé energetické technologie-zplyňování biomasy a odpadů*. 1.vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 96 s. ISBN 978-80-248-1613-5.
- [18] KUNTEOVÁ, Lucie. *Bioetanol* [online]. 1998 [cit. 2011-04-06]. Biom. Dostupné z WWW: <http://stary.biom.cz/sborniky/sb98PrPetr/sb98PrPetr_kunt.html>.
- [19] KRÍŽOVÁ, Markéta. *Vlastnosti, výroba a praktické využití etanolu se zaměřením na potravinářské a farmaceutické aplikace* [online]. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíne, Fakulta technologická, 2009. 47 s. Bakalářská práce. Dostupné z WWW: <http://dspace.knihovna.utb.cz/bitstream/handle/10563/8172/k%C5%99%C3%AD%C5%BEov%C3%A1_2009_bp.pdf?sequence=1>.
- [20] NERUŠILOVÁ, Jana. *Kvasná chemie a výroba piva* [online]. Brno : Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, 2006. 43 s. Bakalářská práce. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/106437/prif_b/Pivo_a_kvasna_chemie.pdf>.
- [21] PRIMA WARTA [online]. 2009 [cit. 2011-04-06]. Prima Warta. Dostupné z WWW: <http://primawarta.blogspot.com2009_08_01_archive.html>.
- [22] Průmyslový lihovar v Trmicích [online]. 2008 [cit. 2011-05-15]. PLP a.s. Dostupné z WWW: <<http://plp.cz/produkty.php>>.
- [23] *Biomass Gasification* [online]. 1997 [cit. 2011-03-05]. Biomass Gasification. Dostupné z WWW: <<http://cturare.tripod.com/bio.htm>>.
- [24] ZAFAR, Salman. *Alternative energy and fuels* [online]. 2008 [cit. 2011-05-23]. Woody Biomass Conversion Technologies. Dostupné z WWW: <<http://www.alternative-energy-fuels.com/biofuels/solid-biomass/woody-biomass-conversion-technologies>>.

[25] Čištění bioplynu. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 21.1.2005, last modified on 7.2.2011 [cit. 2011-05-24]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Ci%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_bioplynu>.

[26] Čištění bioplynu. *ZVU Engineering a.s.* [online]. 2006, [cit. 2011-05-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.zvuengineering.cz/showdoc.do?docid=183>>.

Zoznam použitých skratiek a symbolov

ATP	adenozintrifosfát
BRKO	biologicky rozložiteľný komunálny odpad
ETBE	etyl-terc-butyl-éter
MTBE	metyl-terc-butyl-éter