

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Studijní program: B4131 ZEMĚDĚLSTVÍ

Studijní obor: ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA, OBCHOD, SERVIS A SLUŽBY

Navrhněte technologický soubor výroben
bioetanolu s produkcí 500 až 2000 t za rok

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor:

Matěj Houdek

2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matěj HOUDEK**
Osobní číslo: **Z08095**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika, obchod, servis a služby**
Název tématu: **Navrhněte technologický soubor výroben bioetanolu s produkcí 500 až 2000 t za rok.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je prověřit technické možnosti malokapacitních výroben provozovaných v nevyužívaných objektech zemědělské prvovýroby s využitím místních zdrojů energie a pracovních sil v mimo sezónním období.

1. Popište proces výroby bioetanolu z běžně pěstovaných obilovin.
2. Zdroje a vlastnosti jednotlivých surovin.
3. Zátěž výroby legislativními předpisy a směrnici.
4. Investiční a energetická náročnost výrobního procesu na jednotku produkce.
5. Prověřte možnosti zajištění energie nutné pro výrobu bioetanolu z vlastních zdrojů - např. sláma, štěpky, bioplyn.
6. Porovnejte předpokládanou nákladovost, energetickou náročnost a výkonnost navrženého postupu.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Jevič, P., Hutla, P., Šedivá, Z.: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. 133 s. ISBN 978-80-86884-42-4;

Jevič, P., Václavěk T., Šedivá, Z., Příkryl, M.: Stav a perspektivy výroby bioetanolového paliva v České republice a dalších zemích. Sborník přednášek ze semináře VÚZT - MZe ČR - CZ-Biom 23.11.2004. Praha : VÚZT : MZe ČR, 2004, č. 5, s. 110-118. ISBN: 80-86884-00-7;

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC Public, 2004, ISBN: 80-86534-06-5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Frolík, CSc.

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011


prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. března 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou, ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 15.dubna 2011

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce a za čas, který mi věnoval.

Současně děkuji panu Ing. Jiřímu Nartovskému ze společnosti Jihočeský zemědělský lihovar, a.s. za vstřícnost, spolupráci a poskytování informací o bioetanolovém závodě.

Abstrakt

Houdek, M., 2011: Navrhnete technologický soubor výroben bioetanolu s produkcí 500 až 2000 t za rok. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.

Klíčová slova

Bioetanol, příprava zápary, fermentace, destilace, denaturace.

Anotace

Práce se zabývá výrobou bioetanolu s produkcí 500 až 2000 t etanolu za rok. Teoretická část obsahuje popis procesu výroby bioetanolu z běžně dostupných surovin, způsoby výroby bioetanolu a zátěž legislativními předpisy a směrnici. Praktická část obsahuje konkrétní návrh výroby bioetanolu s produkcí 2000 t etanolu za rok.

Abstract

Houdek, M., 2011: Propose technology complex of factories with production of bio-ethanol from 500 to 2000 tons per year. Bachelor thesis. The University of South Bohemia, České Budějovice, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural, Transport and Handling techniques.

Keywords

Bio-ethanol, the preparation of the mash, fermentation, distillation, denaturing.

Annotation

Thesis deals with production of bio-ethanol from 500 to 2000 tons of ethanol per year. The theoretical part contains a description of the production process of bioethanol from commonly available materials, the production way of bioethanol and the burden of legislative regulations and directives. The practical part includes a concrete proposal of factory on of bioethanol production 2000 tons of ethanol per year.

Obsah:

1	Úvod	9
2	Proces výroby bioetanolu z běžně pěstovaných obilovin.....	10
2.1	Skladování základních surovin	10
2.2	Doprava surovin ke zpracování	10
2.3	Mletí	10
2.4	Příprava zápary	11
2.5	Fermentace	11
2.6	Destilace	12
2.7	Odvodňování lihu.....	13
2.8	Denaturace lihu	13
2.9	Zpracování výpalků.....	13
2.10	Zkapalňování oxidu uhličitého (CO ₂).....	14
3	Způsob výroby bioetanolu.....	15
3.1	Výroba bioetanolu fermentací cukrů.....	15
3.1.1	Výroba bioetanolu z obilovin.....	17
3.1.2	Výroba bioetanolu z cukrové řepy (cukrové třtiny).....	19
3.1.3	Výroba bioetanolu z lignocelulósové hmoty.....	21
4	Zátěž výroby legislativními předpisy a směnicemi	24
4.1	Zákon o lihu č. 61/1997 Sb.....	24
4.2	Zákon o spotřebních daních č. 353/2003 Sb.....	24
4.3	Zákon o dani z přidané hodnoty č. 235/2004 Sb.....	24
4.4	Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.....	25
4.5	Stavební zákon č. 183/2006 Sb.....	25
4.6	Živnostenský zákon č. 455/1991 Sb.....	26
4.7	Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů	26
5	Produkty pro výrobu bioetanolu	27

5.1	Obiloviny	28
5.2	Kukuřice	28
5.3	Cukrovka a krmná řepa	28
5.4	Brambory	29
5.5	Další suroviny pro výrobu bioetanolu	30
6	Návrh bioetanolového závodu	31
6.1	Příjem obilí	32
6.2	Kladívkový mlýn	34
6.3	Výroba páry	35
6.4	Ztekucovací reaktor, zcukřovací reaktor	36
6.5	Zásobník zákvasu, zásobník prokvašené zápary	37
6.6	Fermentor I,II.....	38
6.7	Destilace	39
6.8	Odvodnění a dehydratace	42
6.9	Molekulové síto I,II.....	43
6.10	Kontrolní zásobník, skladovací zásobník a zásobník recyklu	43
6.11	Odstředivka.....	43
6.12	Odparka a bubnová sušárna	44
6.13	Sklad DDGS	47
6.14	Denaturace lihu	47
6.15	Návrh potřebných zařízení.....	47
7	Seznam použité literatury.....	49
8	Seznam tabulek.....	53
9	Seznam obrázků.....	53

1 Úvod

Výroba bioetanolu ze škrobu a cukru je již dlouho známá a vyzrálá technologie. Bioetanol lze získat z mnoha zemědělských plodin: z obilí, brambor, cukrové řepy, kukuřice a dalších. Čím více sacharidů nebo škrobu rostlina obsahuje, tím je výnos etanolu vyšší. Etanol lze získat i ze slámy a dalších rostlinných zbytků, dřeva a celulóзовých odpadů, dokonce i ze starého papíru. Výhodou je, že jejich výroba nekonkuruje produkci potravin a nezvyšuje jejich ceny.

Výroba bioetanolu je odvětvím, které se do budoucna jistě bude hodně rozvíjet. Lidé se již nyní snaží vymyslet způsob, jakým nahradit nebo alespoň omezit spotřebu ropy při provozu motorových vozidel a bioetanol je jedna z možností, jak toho dosáhnout.

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnutí technologického souboru výroben bioetanolu s produkcí 500 až 2000 t za rok. Jelikož výroba bioetanolu je technologicky velice náročná, využil jsem informací získaných od pana Ing. Jiřího Nartovského, manažera projektu výstavby Bioetanolového závodu Býšov.

V první části mé práce se zabývám teoretickým vymezením jednotlivých pojmů souvisejících s výrobou lihu, způsobem výroby bioetanolu, legislativními předpisy a směrniciemi a produkty určenými pro výrobu bioetanolu.

Ve druhé části práce se zabývám konkrétním návrhem a popisem jednotlivých zařízení sloužících k výrobě bioetanolu.

2 Proces výroby bioetanolu z běžně pěstovaných obilovin

2.1 Skladování základních surovin

Obilí se skladuje v silech s řízenou atmosférou, kde lze využít zaplynování CO₂ – předejde se tak možnosti samozahřívání (závisí na vlhkosti obilí), ztrátám prodýcháním, znehodnocení škůdci a vede ke snížení požárního rizika při manipulaci s obilím.

(Jevič, P., 2004)

2.2 Doprava surovin ke zpracování

Obilí není nutné před zpracováním speciálně upravovat. Doprava se provádí různými typy dopravníků (šnekové dopravníky, kapsové výtahy, pneumaticky). Předúprava obilí před vlastním zpracováním zahrnuje pouze odstranění mechanických nečistot.

(Jevič, P., 2004)

2.3 Mletí

Pro obilí je vhodný kladivový mlýn umožňující tzv. suché mletí. Je jednodušší a osvědčený. Obilná drť pak prochází vibračním třídičem dále do procesu hydrolýzy.

(Jevič, P., 2004)

2.4 Příprava zápary

Poměr obilného šrotu a dodané vody se pohybuje kolem hodnoty 1:3, případně i více. Koncentrovanější zápary mají vyšší viskozitu, tendenci ulpívat na teplosměnných plochách (připékání při ohřevu apod.), pomaleji zcukřují a kvasí. Přídavkem vody nebo tekutého podílu řídkých výpalků se připraví zápara v požadovaném poměru zrno : tekutina, upraví se pH (přídavek vápna) a do směsi se přímo aplikuje termostabilní α -amylasa. Směs se poté vyhřívá přímou parou na teplotu 65 °C a následně pak prochází trubkovým reaktorem, v němž dochází k mazovatění a ztekucování škrobu. Po ochlazení směsi na teplotu kolem 50 – 60 °C se upraví pH a dávkuje se další zcukřující enzymy. Směs prochází trubkovým reaktorem, v němž probíhá zcukření, čímž se získává tzv. sladká zápara, která se zchladí na cca 30 °C. Enzymy se dávkuje podle doporučení výrobce a podle obsahu škrobu.

(Jevič, P., 2004)

2.5 Fermentace

Zákvasem se rozumí alikvotní část (cca 6 – 8 %) sladké zápary, která obsahuje zkvasitelné cukry, živiny a kvasinky.

Účelem přípravy zákvasu je připravit nebo přizpůsobit potřebné množství kvasinek pro vlastní kvasný proces. Vzhledem k objemu zkvašované sladké zápary si lihovar bude vést a propagovat vlastní kulturu lihovarských kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*. Propagační stanice bude vybavena fermentačními tanky se zvyšujícím se objemem v poměru 1:5 až 1:10, z posledního tanku se kvasinky dávkuje do fermentačních tanků. Propagační stanice pracuje kontinuálně. Propagační tanky jsou vybaveny přívodem vzduchu a chlazením. Množení kultury probíhá za sterilních podmínek. Vzduch je přiváděn do propagačních tanků turbodmychadlem přes filtr. Jako výživa pro kvasinky je do propagační stanice jednak zavedena malá část sladké zápary, jednak jsou do propagačních tanků dávkovány roztoky síranu amonného a fosforečnanu amonného. Kvašení jako proces je možné přibližně rozdělit na fázi rozkvašovací, fázi

hlavního kvašení a fázi dokvašování. Fermentační stanice pracuje jako semikontinuální proces, kdy jednotlivé fermentační tanky pracují diskontinuálně, přitom se nacházejí v různé fázi kvašení, jsou tedy navzájem časově posunuty. Teplota kvašení se chlazením reguluje tak, aby v průběhu kvašení nepřesáhla 3,3 °C. Chlazením se odvádí teplo, které se při kvašení uvolňuje. Počáteční pH se volí 5,2 až 5,4. Koncentrace etanolu v prokvašené, tzv. zralé zápare, dosahuje 6 až 8,5 % obj. Při kvašení současně vzniká oxid uhličitý, který se z fermentačních tanků odvádí a dále zpracovává na kapalný. Kvasné tanky jsou vedle chlazení vybaveny i míchadly. Do tanků je dávkován prostředek pro omezení pění (anti-foaming).

(Jevič, P., 2004)

2.6 Destilace

Pro výrobu palivového bioetanolu je postačující jednodušší destilace a rektifikace. Meziproduktem je vodnatý bioetanol s lihovostí minimálně 85 % obj. tzv. dokapové složky, což jsou zejména vyšší alkoholy ve formě přiboudliny, se oddělují jako dokap. Prokvašená (zralá) zápara se po předeřtí vede na záparovou kolonu, kde dochází k vyvařování lihu ze zápary, a z vařáku kolony jsou odváděny řídké lihovarské výpalky. Lihové páry ze záparové kolony jsou vedeny do rektifikační kolony. Z vařáku rektifikační kolony se odvádí lutrová voda, která se z části použije jako recykl vody pro přípravu zápary, zbylá část je odváděna na ČOV. Zakoncentrovaný etanol se dále vede na odvodnění, a to v podobě lihových par. Pro účely odvodnění lihu pracují obě kolony za zvýšeného tlaku. Obě kolony jsou topeny parou. Cca 10 % z objemu zralé zápary tvoří surový líh, výpalky a lutrová voda tvoří zbylých cca 90 %.

(Jevič, P., 2004)

2.7 Odvodňování lihu

Líh je odvodňován pomocí molekulových sít (sorbentů vody nejčastěji na bázi syntetických zeolitů) na hodnotu min. 99,5 % obj. Z lihových par se sorbuje voda, odvodněné lihové páry pak ochlazením kondenzují a získává se tak bezvodý líh. Systém je tvořen dvěma kolonami, jedna pracuje, druhá regeneruje. K regeneraci se používá malá část odvodněných lihových par a probíhá za vakua. Zařízení regenerace proto zahrnuje jednak kondenzátory, jednak vakuový systém, tvořený vodokružnými vývěvami a pračkou odplynů. Vzniklý kondenzát obsahující líh se recykluje do destilace – do retifikační kolony.

(Jevič, P., 2004)

2.8 Denaturace lihu

Podle způsobu dalšího zpracování do paliv se denaturace provádí benzinem Natural – 95., a to v množství 2 % na bezvodý líh. Zařízení zahrnuje manipulační nádrže a mísič. Po denuraci se odvádí líh do skladových zásobníků.

(Jevič, P., 2004)

2.9 Zpracování výpalků

Z řídkých výpalků, které jsou odváděny ze záparové kolony, se nejprve oddělí pevný (suspendovaný) podíl. Toto je vhodné provést dvoustupňově. Na kontinuálním filtru se nejprve oddělí většina pevného podílu, ve druhém stupni pak se z kapalného podílu odseparuje jemnější částice na dekantčních odstředivkách. Oba pevné podíly se pak společně suší. Asi 50 % tekuté frakce výpalků se recykluje a použije se k přípravě zápary, zbytek se zahušťuje na vícestupňové odparce, přičemž se dosáhne zahuštění z cca 5 % na 60 – 80 % sušiny. Kondenzát z brýdových par se kompletně recykluje do přípravy zápary. Sušení pevného podílu se rovněž provádí dvoustupňově. Po 1. stupni

se pevný podíl smíchává se zahuštěnou frakcí výpalků z odparky a společně se dosušují. Celkově se tak podíl sušiny zvýší z cca 25 % na 95 % sušiny. Touto technikou se získávají tzv. DDGS (Dry Distillery Grain Solids), které slouží jako vysoce hodnotné bílkovinné krmivo. Po vysušení se výpalky dopravují do skladu.

(Jevič, P., 2004)

2.10 Zkapalňování oxidu uhličitého (CO₂)

Vlastnímu zkapalňování CO₂ předchází praní kvasných plynů čistou vodou v prací koloně, čímž se odstraní z CO₂ zbytky lihu. Vzniklý vodný roztok se spojuje se zralou záparou z fermentace a společně se vedou do destilace. Provozní soubor pro zkapalňování CO₂, pokud je na něj tržní odbyt, může být přirozeně součástí technologie bioetanolového závodu.

(Jevič, P., 2004)

3 Způsob výroby bioetanolu

3.1 Výroba bioetanolu fermentací cukrů

Kvasný neboli fermentační způsob výroby bioetanolu z biomasy je založen na působení enzymů (bílkovinných katalyzátorů) mikrobiální buňky (většinou buněk některých kvasinek) v procesu, kterému se říká lihové kvašení. Jde o proces, který probíhá převážně bez přístupu vzduchu (anaerobně), i když nejde v případě kvasinek o striktně anaerobní podmínky. Mírné provzdušnění kvasného média, hlavně na začátku fermentace, je příznivé pro potřebný nárůst buněk a jejich aktivitu. Enzymové vybavení mikroorganismů určuje tzv. zkvasitelnost sacharidů (cukrů). Přímo zkvasitelné jsou jen monosacharidy.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

Kvasinky jsou hlavními producenty etanolu v přírodě. Pro průmyslové využití se však využívá jen několik rodů, tzv. pravých kvasinek. Pravými kvasinkami označujeme takové, které se řadí do druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Nejlepší kmeny se dnes dodávají na trh jako čisté kvasinkové kultury. Pro výrobu kvasného etanolu tedy přicházejí v úvahu následující sacharidy:

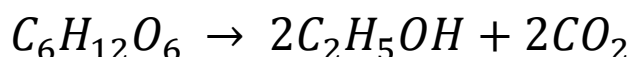
- Monosacharidy – hexosy ($C_6H_{12}O_6$): glukosa, fruktosa, mannos, galaktosa.
- Disacharidy ($C_{12}H_{22}O_{11}$), které kvasinky mohou z větší části převést na monosacharidy: sacharosa, maltosa, laktosa, celobiosa.
- Trisacharidy ($C_{18}H_{32}O_{16}$), které mohou být působením některých enzymů kvasinek rozštěpeny na jednotlivé monosacharidy, resp. na monosacharid a disacharid. Nejběžnějším trisacharidem je rafinosa.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

Pro výrobu bioetanolu je tedy obecně vhodná jakákoliv biomasa, která obsahuje dostatečné množství cukrů (cukrová řepa, cukrová třtina) nebo látek, které lze na cukr převést, jako jsou škrob nebo celulóza. Pokud se týká škrobnatých surovin, patří k nim rostliny jak poskytující hlízy (brambory), tak zrno (pšenice, kukuřice, ječmen, tritikale).

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žároveň, J., 2006)

Vlastní fermentační proces výroby bioetanolu, při kterém jsou zkvasitelné sacharidy transformovány na bioetanol a oxid uhličitý, probíhá podle níže uvedené chemické rovnice.



Z oxidu uhličitého vzniká při kvašení velké množství, je těžší než vzduch a působí dusivě. Ve fermentačních prostorách se proto musí zajistit odpovídající větrání, aby se kvasné plyny v kvasírnách nehromadily. Nejlépe tomu účelu vyhovují uzavřené fermentační tanky s odtahem CO₂. Plyn lze promývat a zbavit strženého malého množství etanolu. Oxid uhličitý lze použít např. k míchání zápar, přípravě uhličitanů, nebo k přípravě zkapalněného, popřípadě pevného oxidu uhličitého, v kvalitě vhodné pro potravinářský průmysl.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žároveň, J., 2006)

Kvašení by mělo, pokud je to možné, probíhat bez přístupu vzduchu. Jinak mohou kvasinky spotřebovaný kyslík využít pro jiné účely. Všechny nežádoucí mikroorganismy, které ke svému vývoji potřebují kyslík, jsou ve svém vývoji za anaerobních podmínek inhibovány. Alkohol, který je kvasinkami vytvářen, brzdí rozvoj různých mikroorganismů, které kvasící záparu nepříznivě ovlivňují; proto je rychlý začátek kvašení velmi důležitý. Od určité koncentrace již alkohol začíná působit inhibičně i na pravé kvasinky. Pro správný průběh kvašení je třeba udržovat vhodné pH (4 - 6) a vhodnou teplotu 27 – 32 °C. Za optimálních podmínek po uplynutí 24 – 36 hodin kvasného procesu lze ve fermentoru dosáhnout hraniční koncentrace etanolu

12 – 13 % obj. Tuto hodnotu v běžné technologické praxi nelze překročit, neboť stresový faktor zvaný inhibice produktem fermentační proces zcela zastaví. Cesta ke zvýšení efektivnosti procesu je v dosažení vyšší lihovitosti zápary (v rámci probíhajících výzkumných prací bylo experimentálně dosaženo hodnot až 24 % obj.). Každé zvýšení lihovitosti o 1 % obj. se pozitivně projeví v úspoře tepla potřebného na destilaci a následné zahuštění výpalků ve výši zhruba 10 %.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

Výpalky získávané jako destilační zbytek při oddělování bioetanolu od zkvašené zápary patří k jednomu z nejvýznamnějších odpadů výroby bioetanolu. Je tomu tak nejen kvůli jejich množství, ale i poměrně velkému obsahu organických a anorganických látek, které obsahují. Výpalky se liší podle druhu surovin použitých k výrobě bioetanolu. Při velkotonážní výrobě je třeba kapalně výpalky dále zpracovat, nejlépe zahuštěním a sušením. Obecně lze počítat, že množství řídkých výpalků je asi 10 ti násobně větší než množství vyrobeného etanolu. Výpalky by měly podstatně zlepšit rentabilitu výroby bioetanolu. U 1 tuny obilí s 65% hm. škrobu lze počítat s výtěžkem 400 l bezvodého etanolu a 340 kg suchých výpalků. Z 1 ha plochy (s předpokládaným výnosem 6 t obilí) lze vytěžit 24 hl bezvodého etanolu a 2 t suchých výpalků.

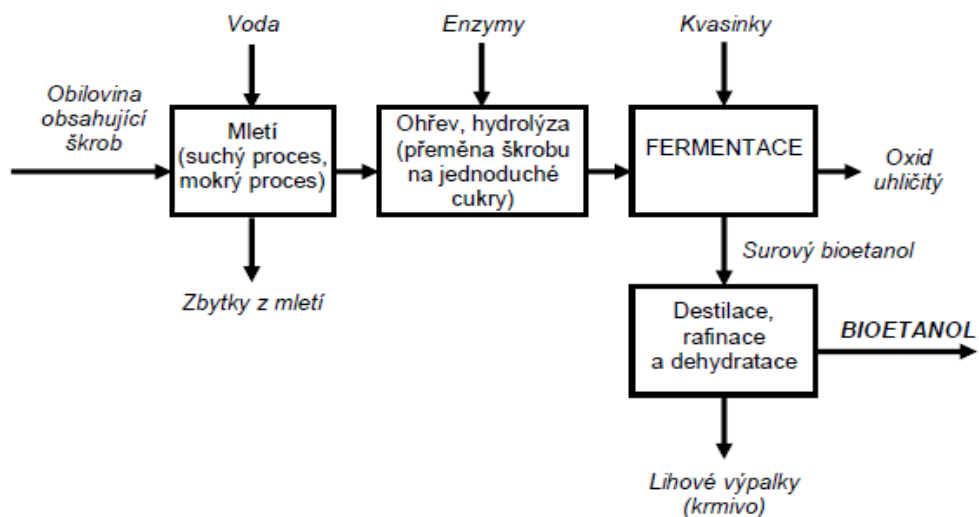
(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

3.1.1 Výroba bioetanolu z obilovin

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.

(Hromádka, J., 2010)

Hlavní lihovarskou surovinou mírného klimatického pásu jsou obiloviny. V USA se zpracovává především kukuřice a pšenice a v Evropě pak pšenice, ječmen a tritice.



Obrázek 1: Schéma výroby bioetanolu z obilovin

Při výrobě bioetanolu z obilovin a kukuřice jsou jako surovina použita pouze škrob obsahující zrna, představující pouze malý podíl z celkové rostlinné hmoty. Škrobová zrna je třeba nejprve zpřístupnit působení komplexu enzymů (technické enzymy nebo mikroorganismy obsahující amylolytické enzymy). Prvním krokem je proto mechanická předúprava, mletí nebo drcení, které se provádí buď za mokra, nebo za sucha. Odpadem jsou vláknité slupky zrn a stébla. V dalším stupni následují proces bobtnání a zmazovatění zrn škrobu, tzv. proces přípravy zápary. Škrob uložený ve škrobových zrnech je postupně převáděn až na zkvasitelný sacharid, převážně glukosu, buď působením enzymů nebo kyselou hydrolýzou. Následuje vlastní fermentace a kvašení. Po skončení fermentace následuje destilační oddělení surového bioetanolu od prokvašené zápary, při které se jako vedlejší produkt získává destilační zbytek – obilné výpalky.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

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. Výroba bioetanolu v USA je podporována dotacemi, které představují více jak 6 miliard dolarů za rok.

(Hromádko, J., 2010)

3.1.2 Výroba bioetanolu z cukrové řepy (cukrové třtiny)

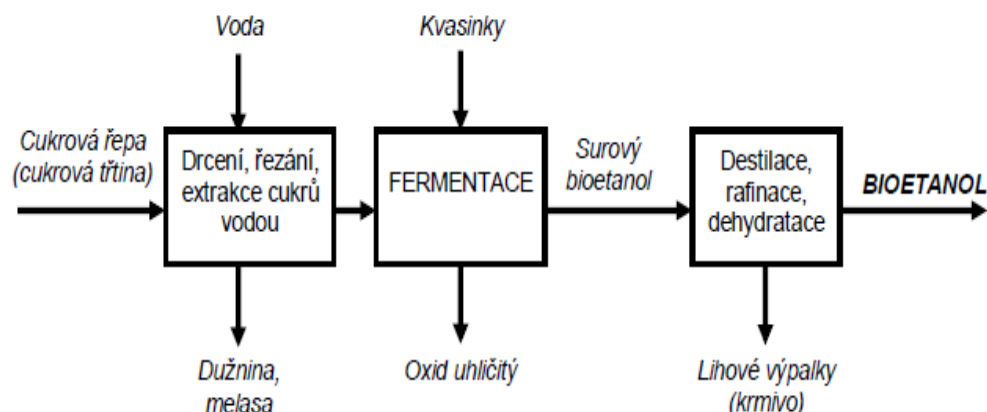
Výchozí produkt pro výrobu bioetanolu v této skupině představuje cukrová třtina a cukrová řepa. Dvě třetiny světové produkce pocházejí z cukrové třtiny a jedna třetina z cukrové řepy. Cukrová třtina je pěstována v tropickém a subtropickém podnebí, zatímco cukrová řepa se pěstuje v mírném podnebí. Největším producentem cukrové třtiny je Brazílie, jejíž produkce představuje 27 % celkové světové produkce. 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. Brazílská produkce bioetanolu zaznamenala během let 2006 – 2009 nárůst 40 %.

(Hromádko, J., 2010)

Ve většině evropských zemí se pěstuje cukrová řepa, jejíž výnosy v podobě množství bioetanolu na hektar jsou větší než při výrobě bioetanolu z obilí. 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 %.

(Hromádko, J., 2010)

Výroba bioetanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry představuje relativně méně složitý technologický proces, který nevyžaduje operaci enzymatického štěpení polysacharidů na zkvasitelné jednoduché cukry. V některých evropských zemích se používá jako surovina pro výrobu bioetanolu cukrovka, klíčovou surovinou pro výrobu bioetanolu v Brazílii (tropický a subtropický klimatický pás) je cukrová třtina.



Obrázek 2: Schéma výroby bioetanolu z cukrové řepy nebo cukrové třtiny

Cukrová řepa nebo třtina je rozmělněna, cukry jsou odděleny pomocí vypírky vodou a zkvašeny ve fermentoru na bioetanol působením kvasinek za podmínek obdobných jako v případě výroby bioetanolu z obilovin. Odpadem ze zpracování jsou dužnina a melasa.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

Pokud je kladen důraz na výrobu cukru, nepřichází využití cukrovky jako hlavní suroviny pro výrobu bioetanolu v úvahu a pozornost je třeba obrátit na využití vedlejších produktů z výroby cukru. Jedním z nich je melasa. Melasa je tradiční lihovarskou surovinou. Je to hustá sirupovitá tekutina, která vzniká jako odpad cukrovarnického průmyslu po vykrystalizování hlavního podílu cukru. Množství melasy závisí na mnoha faktorech. Obvykle se její množství pohybuje mezi 1 – 3 % hm. na zpracovávanou řepnou hmotu. V ČR se setkáme prakticky pouze s melasou řepnou, jejími hlavními složkami jsou voda (20 % hm.), sacharidy (50 % hm.) a necukerné látky. Hlavní cukernou složkou je sacharosa (cukr řepný, třtinový), tedy cukr přímo

nezkvasitelný. Sacharosa se proto působením zředěných kyselin nebo účinkem enzymu invertasy (sacharasy) v roztoku štěpí na již zkvasitelnou glukosu a fruktosu. Lihovarské kvasinky jsou na tento enzym bohaté.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

3.1.3 Výroba bioetanolu z lignocelulósové hmoty

Lignocelulósová 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. Lignocelulósová biomasa by mohla produkovat až 492 mld. l bioetanolu ročně. Potencionální produkce bioetanolu je přibližně 16x 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 37,2 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.

(Hromádko, J., 2010)

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

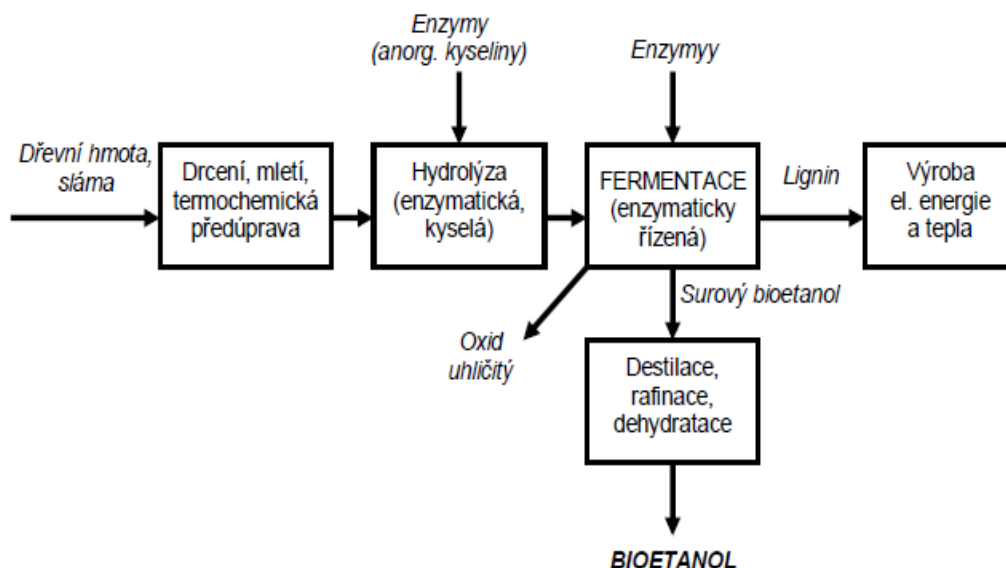
(Hromádko, J., 2010)

Mezi vhodné suroviny patří rychle rostoucí energetické plodiny (např. vrba, blahovičnick eukalyptus, atd.), zbytky ze zemědělské produkce (např. sláma, řepné řízky, vylisovaná cukrová třtina, zbytky ze zpracování dřeva a další dřevnaté odpady a organické podíly komunálního pevného odpadu). Technologie výroby bioetanolu z lignocelulósové biomasy je sice technicky realizovatelná, ale poměrně komplikovaná a zatím se komerčně nerozšířila. V současné době je však možnost výroby bioetanolu

z lignocelulózové biomasy předmětem intenzivní výzkumné činnosti a její komerční využití se předpokládá v horizontu 10 – 15 let. Důvodem zájmu o tuto surovinu je skutečnost, že je k dispozici ve vydatném množství a je levnější než potravinářské plodiny.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žákovec, J., 2006)

Proces konverze lignocelulózové biomasy na bioetanol se od obou výše uvedených technologických procesů liší tím, že je při něm třeba realizovat hydrolýzu lignocelulózové biomasy na jednoduché fermentovatelné cukry, která je mnohem obtížnější než hydrolýza škrobu. Lignocelulózová biomasa obsahuje polymery cukrů nazývané celulóza (40 – 60 % hm. v sušině) a hemicelulóza (20 – 40 % hm. v sušině), oba tyto typy složitých polysacharidů lze transformovat na jednoduché cukry. Zbývající část lignocelulózové biomasy tvoří složitý aromatický polymer, lignin (10 – 15 % hm. v sušině), který je rezistentní vůči biologické degradaci a nelze jej proto fermentovat. Po oddělení jej lze využít pouze pro výrobu elektrické energie a nebo tepla.



Obrázek 3: Schéma výroby bioetanolu z lignocelulózové hmoty

Dřevo nebo sláma se nejprve drcením, nebo mletím rozmělní na menší kousky, které se podrobí termochemické předúpravě. Jejím účelem je narušit strukturu celulózy a hemicelulózy a usnadnit tak přístup kyselině nebo enzymům. V dalším kroku probíhá konverze takto předupravené celulózy a hemicelulózy na jednoduché cukry. Nejstarší klasický postup konverze na fermentovatelný materiál představuje kyselá hydrolyza. V prvním stupni dojde působením zředěného roztoku kyseliny (koncentrace cca 0,5 % hm.) při teplotě 200 °C k narušení polymerní struktury materiálu. Výsledkem je konverze hemicelulózy na ve vodě rozpustné, přímo fermentovatelné, jednoduché cukry. Celulóza je podstatně odolnější a její konverze vyžaduje proto ostřejší podmínky. V prvním kroku dochází při hydrolyze pouze k otevření její struktury a redukci velikosti řetězců polysacharidů. Následně je ve druhém kroku provedena konverze na přímo fermentovatelnou glukosu použitím vyšší teploty (240 °C) a kyseliny o vyšší koncentraci (2 % hm.). Posledním krokem je rafinace, rektifikace a konečně dehydratace bioetanolu.

(Šebor, G., Pospíšil, M., Žároveň, J., 2006)

4 Zátěž výroby legislativními předpisy a směrnicemi

4.1 Zákon o lihu č. 61/1997 Sb.

Tento zákon vymezuje podmínky pro výrobu, úpravu, skladování, evidenci a oběh lihu a stanoví působnost ministerstev a jiných správních úřadů na tomto úseku.

Účelem zákona je stanovit při výrobě, úpravě, skladování a uvádění lihu do oběhu postupy zajišťující daňové příjmy státního rozpočtu a omezení zabraňující změnám jednotlivých druhů lihu.

(Podnikatel.cz)

4.2 Zákon o spotřebních daních č. 353/2003 Sb.

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje podmínky zdaňování minerálních olejů, lihu, piva, vína a meziproductů a tabákových výrobků spotřebními daněmi, způsob značení a prodeje tabákových výrobků a způsob značení některých minerálních olejů.

(Podnikatel.cz)

4.3 Zákon o dani z přidané hodnoty č. 235/2004 Sb.

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje daň z přidané hodnoty. Daň se uplatňuje na zboží, nemovitosti a služby za podmínek stanovených tímto zákonem.

(Podnikatel.cz)

4.4 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání, práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.

(Podnikatel.cz)

4.5 Stavební zákon č. 183/2006 Sb.

Tento zákon upravuje ve věcech územního plánování zejména cíle a úkoly územního plánování, soustavu orgánů územního plánování, nástroje územního plánování, vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území, rozhodování v území, možnosti sloučení postupů podle tohoto zákona s postupy posuzování vlivů záměrů na životní prostředí, podmínky pro výstavbu, rozvoj území a pro přípravu veřejné infrastruktury, evidenci územně plánovací činnosti a kvalifikační požadavky pro územně plánovací činnost.

Tento zákon upravuje ve věcech stavebního řádu zejména povolování staveb a jejich změn, terénních úprav a zařízení, užívání a odstraňování staveb, dohled a zvláštní pravomoci stavebních úřadů, postavení a oprávnění autorizovaných inspektorů, soustavu stavebních úřadů, povinnosti a odpovědnost osob při přípravě a provádění staveb.

Tento zákon dále upravuje podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb, obecné požadavky na výstavbu, účely vyvlastnění, vstupy na pozemky a do staveb, ochranu veřejných zájmů a některé další věci související s předmětem této právní úpravy.

(Podnikatel.cz)

4.6 Živnostenský zákon č. 455/1991 Sb.

Tento zákon upravuje podmínky živnostenského podnikání a kontrolu nad jejich dodržováním.

4.7 Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů

Zákon vymezuje základní pojmy a stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů, vychází při tom z principu trvale udržitelného rozvoje.

(Iris.env.cz)

5 Produkty pro výrobu bioetanolu

Bioetanol lze získat z mnoha zemědělských plodin: z obilí, brambor, cukrové řepy, kukuřice a dalších. Čím více sacharidů nebo škrobu rostlina obsahuje, tím je výnos etanolu vyšší. Etanol lze získat i ze slámy a dalších rostlinných zbytků, dřeva a celulóзовých odpadů, dokonce i ze starého papíru. Výhodou je, že jejich výroba nekonkuruje produkci potravin a nezvyšuje jejich ceny.

Tabulka 1: Spotřeba surovin na výrobu bioetanolu

Druh biomasy	Průměrná spotřeba na výrobu 100 l bioetanolu
Cukrová třtina	1181 kg
Cukrová řepa	932 kg
Brambory	1211 Kg
Pšenice	260 kg
Kukuřice	268 kg
Žito	241 kg
Triticale	251 kg

(Zdroj: VÚZT Praha)

V klimatických podmínkách střední Evropy jsou hlavní obnovitelné suroviny pro výrobu bioetanolu obiloviny, řepa a brambory. Mezi obiloviny žito, pšenici a ječmen lze ještě zařadit kukuřici, pěstovanou v menším množství v jižních oblastech. Možné je i zpracování čiroku, topinamburu a čekanky pro tyto účely. Ovoce připadá v úvahu pro výrobu palivového etanolu jen v případě velkých sklizní. Protože brambory slouží především k přímé konzumaci a také jako surovina v potravinářském i nepotravinářském průmyslu a mimoto se dlouhodobě velmi špatně skladují, je jejich širší využití jako další zemědělské průmyslové suroviny pro výrobu palivového etanolu sice možné, ale s problémy.

(Číž, K., 2009)

5.1 Obiloviny

Obilí má vysoký obsah sušiny a je dlouhodobě dobře skladovatelné, jako sypký materiál se dobře dopravuje. Nejprve se vypere vodou a potom se sešrotuje, nebo se mele na mouku. Vnese se do pařáku, kde se pod tlakem rozváří. Tato operace trvá 1 až 2 hodiny postupně do tlaku 4 bar dle jednotlivých druhů obilovin.

Technologie se řídí automatikou podle strojního vybavení pařáku, často zejména u menších jednotek jen praktickými zkušenostmi obsluhy. Potom se přidá ječný slad, kterým se škrob obsažený v obilí rozštěpí amylásami ze sladu na jednoduché cukry a želatinuje. Tento zákvas se pak převede do hlavní kvasné kádě k vlastní fermentaci.

(Číž, K., 2009)

5.2 Kukuřice

Kukuřice má obdobně jako obilí vysoký obsah sušiny a je dobře skladovatelná. Paří se celá zrna v okyselené vodě stejným postupem jako obilí.

(Číž, K., 2009)

5.3 Cukrovka a krmná řepa

Řepa má omezenou skladovatelnost. Dříve se zpracovávala přímo v tzv. zemědělských lihovarech. Ty byly vybaveny buď extrakcí jako cukrovary nebo používaly paření, jak je popsáno u brambor a obilí. Vypraná řepa se ořezala na řízky a v nádobách podobných Robertovým difuzerům se okyselenou vodou získával roztok, který se potom zkvašoval. Při paření se na rozdrčenou řepu v okyselené vodě působilo parou o tlaku max. 2 bar celkem asi 1 hodinu. Rostok obsahující hydrolyzovaný škrob se doplnil živinami a dopravoval se do hlavní kvasné nádoby k fermentaci.

K přímému zpracování cukrovky pro fermentaci na bioetanol se nyní nabízejí nové, jednodušší způsoby:

- Elektroporace, kdy se na celé řepné bulvy působí silným elektrickým polem, čímž dojde k destrukci buněk. Následným rozmístěním tohoto materiálu vodou s teplotou do 60 °C lze získat substrát vhodný nejen pro přímou fermentaci sacharosy kvasinkami na etanol a též pro štěpení celulosy řepné dřeně enzymy na glukosu, která je fermentovatelná.
- Přímé rozmělnění řepných bulv tlakovým paprskem vody. Získaný substrát se zpracuje dále biochemicky.

Samozřejmě nejběžnější způsob úpravy řepy před fermentací je její zpracování v cukrovaru na některý z mezivýrobků (surová šťáva, těžká šťáva, siroby o nižší čistotě a melasa). Všechny tyto produkty, obsahující hlavní složku sacharosu a malé množství redukujících cukrů, lze dobře zkvasit.

(Číž, K., 2009)

5.4 Brambory

Tato surovina se pro průmyslovou výrobu bioetanolu nyní v Evropě velmi málo užívá. Dříve u nás bylo v provozu mnoho malých zemědělských lihovarů, po válce vyráběly 85 % z celkové produkce lihu. Tyto závody pracovaly pařením, které trvalo asi 1 hodinu při tlaku 3 bar, pak následovalo enzymatické štěpení (želatinace získaného substrátu) škrobu amylázami obsaženými v případném ječném sladu.

(Číž, K., 2009)

5.5 Další suroviny pro výrobu bioetanolu

Dle výčtu zemědělských plodin vhodných pro výrobu etanolu, je třeba se ještě zmínit o dalších surovinách, které se sice v současné době pro tento účel u nás nepoužívají, ale jsou svým složením pro fermentaci vhodné.

Snížení výroby cukrovky na cukr má totiž za následek uvolnění pěstebních ploch pro jiné plodiny, které by se mohly pro průmyslovou výrobu bioetanolu uplatnit:

- Čirok je teplomilnou rostlinou, která má stéblo 2 až 3 m vysoké, obsahující 15–18 % sacharosy a redukující cukry. Na etanol se zpracovává vylisovaná šťáva. Sklízí se asi 0,5 t/ha zelené hmoty, pěstuje se v kukuřičných oblastech.
- Topinambur vytváří přímý stonek vysoký kolem 3 m. Výnosy hlíz topinamburu se pohybují kolem 20 t/ha, poskytují i zelenou hmotu využitelnou přímo ke krmení a na siláž. Hlavní součástí topinamburové hlízy je inulin a v menším množství i jeho štěpné produkty. Inulin je rezervní polysacharid rostlin místo škrobu.
- Čekanka má kořen, který také obsahuje inulin. Používala se pro výrobu kávovin. Agrotechnika je podobná agrotechnice cukrovky. Průměrný výnos se pohybuje kolem 15 t/ha.

V literatuře se uvádí ještě jedna plodina možná pro výrobu etanolu v našich klimatických podmínkách, a to kaštiny, jedlé či divoké (plody jírovce). Obsahují sice 28–35% škrobu, ale také třísloviny a saponin, které nepříznivě ovlivňují jak enzymatickou hydrolýzu, tak i vlastní fermentaci kvasinkami.

(Číž, K., 2009)

6 Návrh bioetanolového závodu

Výroba bioetanolu v České republice zatím nikde nefunguje, přestože je zde několik závodů postavených. Hlavním dodavatelem technologií do bioetanolových závodů na světě je firma KATZEN INTERNATIONAL, INC., která má licenci na výstavbu bioetanolových závodů.

V České republice neexistuje žádná společnost, která by mohla zaopatřit celou výstavbu závodu. Proto zájemci o výstavbu lihovaru mají dvě možnosti. Buď si zakoupí licenci od již zmiňované firmy KATZEN, která pak zaštití veškeré technologické vybavení lihovaru a dokonce i ručí za požadovanou výtěžnost bioetanolu. Nebo mají možnost oslovit některé jiné společnosti, jako například Indickou společnost PRAJ INDUSTRIES LTD., nebo Švédskou firmu IBI CHEMATUR (Engineering and Consultancy) LTD., které také dodávají technologii nutnou k výrobě lihu, ale dodávají jen jednotlivé části výrobní linky, tudíž neručí za výtěžnost. Firmy v České republice, jako jsou Lihovar v Trmicích, nebo Bioetanol Hustopeče, které zvolily právě tuto možnost, mají s technologií velké problémy a dodnes jim tyto výroby nefungují.

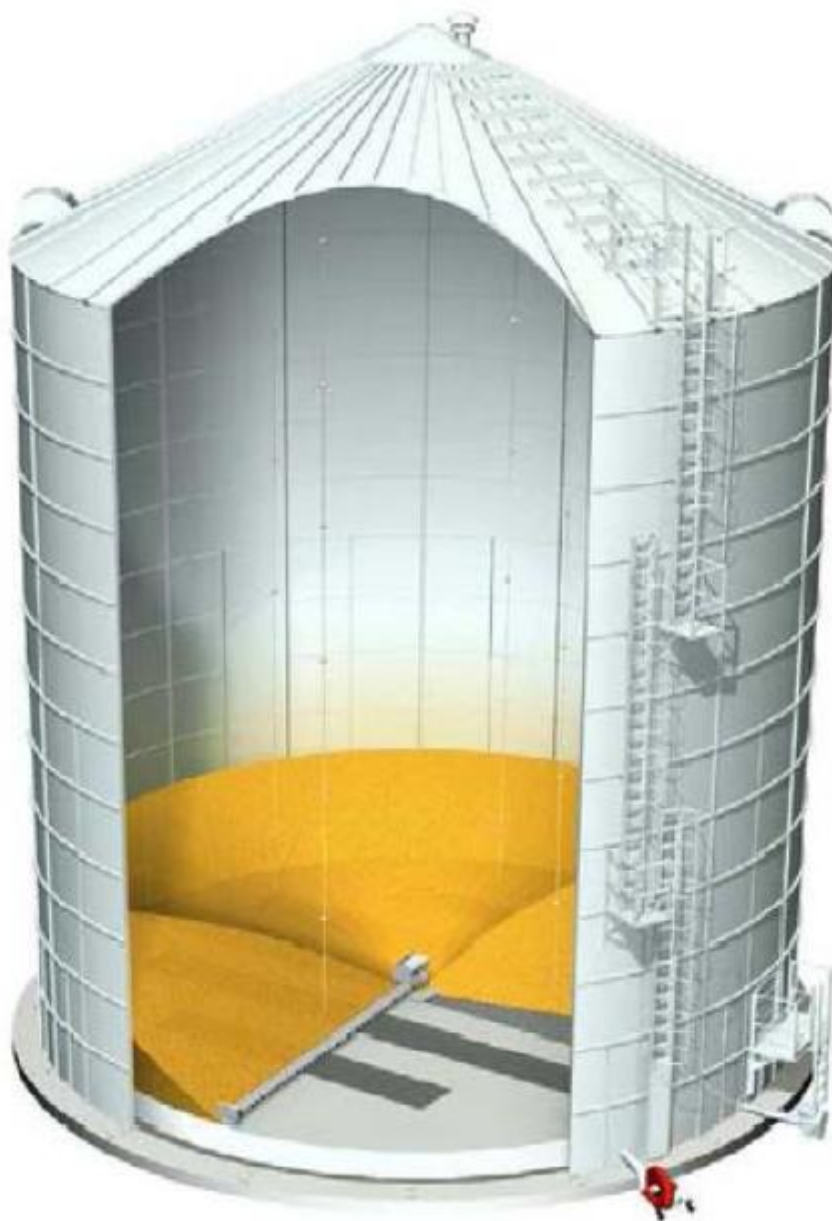
Jedinou společností v České republice, která se rozhodla jít složitější cestou, je Jihočeský zemědělský lihovar a.s., Hluboká nad Vltavou. Tato firma odkoupila od firmy KATZEN licenci na výrobu bioetanolu. Díky tomu se společnost KATZEN postará o veškeré technologické vybavení Bioetanolového závodu Býšov. Firma KATZEN používá většinu svých částí technologie, jen u některých částí technologie dává zákazníkovi možnost se rozhodnout mezi několika málo jinými dodavateli. Je to z toho důvodu, že společnost KATZEN ručí za požadovanou výtěžnost u zařízení, které mají vyzkoušené.



Dodávka obilí je do areálu zajišťována pomocí silniční dopravy. Obilí je vyklopeno do příjmového koše v prostoru příjmové haly.

32

Oddělený hrubý odpad je shromažďován v zásobníku, který umožňuje expedici odpadu na nákladní automobily. V případě potřeby je možné přes zásobník odpadu provést také vyskladnění skladovacích sil obilí.



Obrázek 5: Obilné silo s plochým dnem SPA 27,3/15

(Zdroj: www.agroing.cz)

Standardní vybavení sila – naskladňovací otvor, střecha sila, boční stěna sila, střešní kontrolní otvor, dolní revizní otvor.

Přídavné vybavení sila – systém aktivního větrání (podlaha, střešní výduchy, vstup pro provzdušňovací ventilátory), provzdušňovací a protikondenzační ventilátory, vnější žebřík s ochranným košem, příslušné odpočinkové lávky, naskladňovací a vyskladňovací dopravní cesty, konstrukce nad silem, stavoznaky, systém měření teplot, řídicí systém.

Tabulka 2: Parametry obilného sila SPA 27,3/15

Parametr	Velikost
Průměr sila	27,3 m
Počet pater	15
Objem sila	9122 m ³
Výška střechy sila	7,87 m

6.2 Kladívkový mlýn



Obrázek 6: Kladívkový mlýn Taurus VM15

(Zdroj: www.aurus-sro.cz)

Obilí je vyprazdňováno gravitačně a dopraveno přes další magnetický separátor a dávkovací systém do vertikálního kladívkového mlýna.

K výrobě bioetanolu v navrhované výrobně bude použita jako vstupní materiál pšenice. K drcení pšenice použijeme vertikální kladívkový mlýn od společnosti Taurus s označením VM15. Tento mlýn má parametry uvedené v následující tabulce.

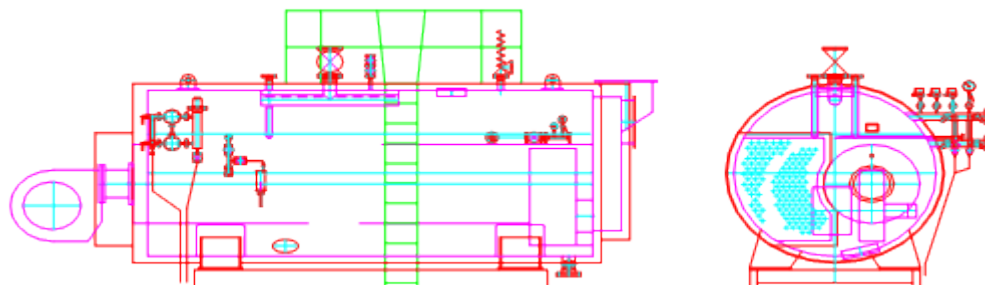
Tabulka 3: Parametry kladívkového mlýna Taurus VM15

Parametr	Hodnota
Délka	1000 mm
Šířka	1000 mm
Výška	1742 mm
Celková hmotnost	410 kg
Hmotnost elektromotoru	111 kg
Hmotnost rotoru mlýna	19,5 kg
Typ elektromotoru	160 M
Instalovaný výkon	15 kW
Jmenovitý proud	28,2 A
Jmenovité otáčky	2925 ot/min
Průměr rotoru mlýna	620 mm
Počet kladiv	16 ks
Výkonnost	2 – 3 t/h

6.3 Výroba páry

Pro výrobu páry je instalován parní kotel BKF 1600 od firmy Ferostav a.s. vytápěný zemním plynem. Jedná se o kotel s přetlakovou spalovací komorou, vyrábějící sytou páru o tlaku max. 13 bar, vybavený pro bezobslužný provoz s občasnou kontrolou jedenkrát za 24 hodin. Dále je kotel vybaven dvěma přímými vodoznaky, dvěma pojistnými ventily, provozním manometrem, dvojbodovou regulací napájení, parním

ventilem, odkalovacím ventilem, odlučovacím ventilem, napájecí armaturou a odvzdušňovacím ventilem.



Obrázek 7: Parní kotel BKF 1600

(Zdroj: www.ferostavcz.cz)

6.4 Ztekucovací reaktor, zcukřovací reaktor

Obilný šrot je pomocí šnekového dopravníku, rotačního turniketu a skluzu dopraven do ztekucovacího reaktoru, kde je mísen s vratnou procesní vodou a enzymy z přepravních obalů – kontejnerů.

Vzniklá předsměs je gravitačně vedena do zcukřovacího reaktoru k dokončení homogenizace. Doprava připravené záměsi do zcukřovacího reaktoru je prováděna čerpadlem přes parní ejektor. V parním ejektoru je k záměsi přidávána vysokotlaká pára. Vzniká zápara o teplotě 130 °C. Pro zachycení přebytečné vody je zde k dispozici zachytná jímka s ponorným čerpadlem. Zachycená voda je čerpána zpět do ztekucovacího reaktoru.

Technologicky jsou ztekucovací i zcukřovací reaktor dvě stejné nádoby každá o jiném objemu. Pro splnění produkce 2000 t bietanolu za rok potřebujeme při celoročním provozu ztekucovací reaktor o objemu 5m³ a zcukřovací reaktor o objemu 5,4m³.



Obrázek 8: Ztekucovací a zcukřovací reaktor

(Zdroj: www.alibaba.com)

6.5 Zásobník zákvasu, zásobník prokvašené zápary

Část ochlazené zápary je vedena do zásobníku zákvasu, kde je po přidání kvasnic připraven zákvas pro další cyklus. Zásobník zákvasu je vybaven distributory vzduchu, aby byl umožněn přísun kyslíku, který kvasnice potřebují během fáze růstu. Hotový zákvas je poté přidáván během plnění následujícího fermentoru.



Obrázek 9: Zásobník zákvasu PTWFI

(Zdroj: www.ritai-fermenter.com)

Pro produkci 2000 t etanolu za rok budeme potřebovat zásobník zákvasu o kapacitě 3m^3 a zásobník prokvašené zápary o objemu 70m^3 .

6.6 Fermentor I,II

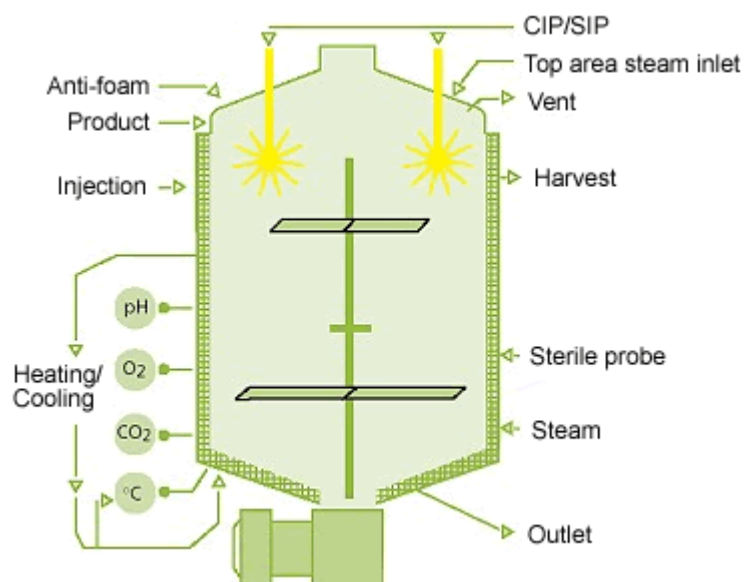
Ochlazená zápara o teplotě cca $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ je vedena vždy do jednoho ze dvou fermentorů. Dále jsou v případě potřeby přidány do fermentorů živiny, resp. močovina.

U každého fermentoru je instalováno cirkulační čerpadlo, které slouží k homogenizaci fermentované směsi pomocí vnějšího cirkulačního okruhu a zároveň slouží i jako vyčerpávající. Na vnějším cirkulačním okruhu je dále zařazen trubkový výměník chlazený ledovou vodou, který odvádí teplo vyvinuté exotermickou reakcí přeměny cukru na kvasný líh. Teplota ve fermentoru je tak regulována na max. $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po dosažení obsahu bioetanolu cca 10 % hm. je prokvašená zápara z fermentoru odvedena do zásobníku prokvašené zápary, odkud je kontinuálně čerpána do destilačního systému.

Po každém fermentačním cyklu je příslušné zařízení a potrubí čištěno a sterilizováno.

Kroky čištění:

- Počáteční oplach vodou,
- Proplach horkým roztokem louhu,
- Konečný oplach vodou,
- Během posledních minut konečného oplachu je do oplachové vody dávkován roztok chlor dioxidu, který zajistí sanitaci potrubí.



Obrázek 10: Schéma fermentoru od firmy GEA

(Zdroj: www.niroinc.com)

6.7 Destilace

Prokvašená zápara je kontinuálně přiváděna do destilačního systému, kde se z ní získá etanol. Destilační část se skládá z jedné stripovací kolony, z jedné záparové kolony a z jedné rektifikační kolony – etanolové kolony. Zápara je nejprve předeřtává v předeřtívačích nástřiku, kde je nástřik ohříván parami destilátu ze stripovací kolony.

Předeřtá zápara je pak nastřikována na hlavu první kolony (stripovací), je odplyněna a průtokem na nižší patra postupně odchází k oddestilování lihu.



Obrázek 11: Stripovací kolona

(Zdroj: www.bijo.cz)



Obrázek 12: Záparová kolona

(Zdroj: www.dio.cz)



Obrázek 13: Rektifikační kolona

(Zdroj: www.destila.cz)

6.8 Odvodnění a dehydratace

Etanol a vedlejší produkty jsou nastříkovány do záparové kolony, kde jsou odděleny lehké podíly, tzv. úkapy. Patou záparové kolony odchází etanol jako nástřík do rektifikační kolony. Zde se etanol zbaví většiny vody, která odchází ze dna kolony jako tzv. lutrová voda zpět do ztekucovacího reaktoru.

6.9 Molekulové síto I,II

Destilát z rektifikační kolony je veden do sekce dehydratace. V této sekci jsou nejprve páry etanolu předehřáty v předehříváči destilátu a pak zavedeny do jednoho ze dvou tzv. molekulových sít (adsorberů), kde dochází k odvodnění. Molekulová síta pracují paralelně s cyklickým střídáním režimu. V průběhu sycení prvního adsorberu je druhý ve fázi regenerace.

6.10 Kontrolní zásobník, skladovací zásobník a zásobník recyklu

Vysušené páry bioetanolu – na požadovaný obsah vody jsou vedeny do soustavy kondenzátorů a dochlazený kondenzát je čerpán do kontrolního zásobníku etanolu. Obsah kontrolního zásobníku je po naplnění a ověření kvality vyrobeného etanolu odčerpán do skladovacího zásobníku. Pokud je kvalita etanolu nevyhovující, je kontrolní zásobník etanolu přečerpán do zásobníku recyklu a odtud je postupně přečerpáván do záparové kolony ke zpětnému přepracování na požadovanou kvalitu.

Zásobníky jsou vybaveny přetlakově-podtlakovým ventilem, který chrání zásobníky proti nekontrolovatelným změnám tlaku, kontinuálním měřením hladiny se signalizací maximálních a minimálních hodnot.

6.11 Odstředivka

Ze dna stripovací kolony odchází celé výpalky k dalšímu zpracování do odstředivky, kde se oddělí vlhká zrnová substance a řídké výpalky.

Řídké kapalné výpalky jsou po separaci na odstředivkách vedeny do vakuové odparky, kde se koncentrace pevných látek zvýší odpařováním z 8 % hm. Na cca 35 – 40% hm. v tzv. sirupu.



Obrázek 14: Odstředivka

(Zdroj: www.pbsvb.cz)

6.12 Odparka a bubnová sušárna

Vlhká zrnová substance i řídké výpalky dále postupují do bubnové sušárny s tím rozdílem, že řídké výpalky jdou přes odparku, kde se přemění na koncentrované výpalky.

Sirup je kontinuálně odváděn do bubnové sušárny DDGS, kde je smíšen s vlhkou zrnovou substancí z odstředivky.

Systém odparky je pravidelně čištěn 4 % roztokem NaOH, případně 4% roztokem kyseliny amidosírové.



Obrázek 15: Odparka

(Zdroj: www.bijo.cz)



Obrázek 16: Bubnová sušárna

(Zdroj: www.bohemia-machine.cz)

Tabulka 4: Základní technické parametry Bubnové sušárny

Typ	15
Délka	15000 mm
Šířka	2100 mm
Hloubka	2900 mm
Hmotnost	7300 kg
Výkon sušení	15 t/h
Vstupní vlhkost materiálu	max. 10 %
Výstupní vlhkost materiálu	0,2 – 0,5 %
Výkon hořáku – max.	2200 kW
Příkon pohonu	2 x 5,5 W
Otáčky bubnu	5 ot/min
Odsávání	6 m ³ /h

6.13 Sklad DDGS

DDGS se po ochlazení na cca 45 °C přepraví pomocí mechanických dopravníků do skladovací haly vysušených výpalků, kde bude DDGS ukládáno volně na hromady. Z takto vytvořené hromady bude kolovým nakladačem plněno do násypky a následně bude přepraveno pomocí mechanických dopravníků k expedici do nákladního auta. Expediční místo bude vybaveno silniční mostovou váhou.

6.14 Denaturace lihu

Pro denuraci je přivážen, stáčen a následně skladován benzín (Natural 95). Skladovací zásobník benzínu je kalibrovaný, jednoplášťový, vertikální s pevnou střechou. Bioetanol je denaturován benzínem, který je přidáván čerpadlem v takovém množství, aby v konečném produktu byla jeho koncentrace v expedovaném etanolu 2 až 4 obj. %

6.15 Návrh potřebných zařízení

V následující tabulce je uveden počet a kapacita potřebného zařízení pro výrobu bioetanolu.

Tabulka 5: Potřebné zařízení pro výrobu bioetanolu

Název zařízení	Kapacita/Výkon	Počet
Obilné silo	9122 m ³	1
Kladívkový mlýn	2 t/h	1
Ztekucovací reaktor	5 m ³	1
Zcukřovací reaktor	5,4 m ³	1
Zásobník zákvasu	3 m ³	1
Fermentor	120 m ³	2
Zásobník prokvašené zápary	70 m ³	1
Stripovací kolona		1
Záparová kolona		1
Rektifikační kolona		1
Molekulové síto		2
Kontrolní zásobník	78 m ³	1
Zásobník recyklu	78 m ³	1
Skladovací zásobník	120 m ³	1
Odstředivka		1
Odparka		1
Bubnová sušárna	15 t/h	1
Sklad DDGS	65 t	1

7 Seznam použité literatury

1. ČÍŽ, Karel. Některé zemědělské suroviny a jejich úprava pro výrobu bioetanolu. Listy cukrovarnické a řepařské [online]. 4.11.2009, [cit. 2011-03-07].
Dostupné z www:
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nektere-zemedelske-suroviny-a-jejich-uprava-pro-vyrobu-bioetanolu>.
2. HROMÁDKO, J., et al. www.cukr-listy.cz [online]. 2010 [cit. 2010-11-13].
Výroba bioetanolu.
Dostupné z www:
http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/267-271.PDF.
3. Iris.env.cz [online]. 1992 [cit. 2010-12-13]. Zákon o životním prostředí.
Dostupné z WWW:
<http://iris.env.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5b17dd457274213ec12572f3002827de?OpenDocument>.
4. JEVIČ, P., VÁCLAVEK, T., ŠEDIVÁ, Z., PŘIKRYL, M.: Stav a perspektivy výroby bioetanolového paliva v České republice a dalších zemích. Sborník přednášek ze semináře VÚZT – Mze ČR – CZ-Biom 23.11.2004. Praha: VÚZT: Mze ČR, 2004, č. 5, s. 110-118. ISBN: 80-86884-00-7
5. Podnikatel.cz [online]. 1997 [cit. 2010-12-13]. Zákon o lihu.
Dostupné z www:
<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-61-1997-sb-o-lihu-a-o-zmene-a-doplneni-zakona-c-455-1991-sb-o-zivnostenskem-podnikani/cele-zneni/>.
6. Podnikatel.cz [online]. 2003 [cit. 2010-12-13]. Zákon o spotřebních daních.
Dostupné z www:

<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-353-2003-sb-o-spotrebnich-danich/cele-zneni/>.

7. Podnikatel.cz [online]. 2004 [cit. 2010-11-13]. Zákon o dani z přidané hodnoty. Dostupné z www:

<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-235-2004-sb-o-dani-z-pridane-hodnoty/cele-zneni/>.

8. Podnikatel.cz [online]. 2001 [cit. 2010-12-13]. Zákon o odpadech. Dostupné z www:

<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-185-2001-sb-zakon-o-odpadech/cele-zneni/>.

9. Podnikatel.cz [online]. 2006 [cit. 2010-12-13]. Stavební zákon. Dostupné z www:

<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-183-2006-sb-o-uzemnim-planovani-a-stavebnim-radu-stavebni-zakon/cele-zneni/>.

10. Podnikatel.cz [online]. 1991 [cit. 2010-12-13]. Živnostenský zákon. Dostupné z www:

<http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-455-1991-sb-o-zivnostenskem-podnikani-zivnostensky-zakon/cele-zneni/>.

11. ŠEBOR, G., POSPÍŠIL, M., ŽÁKOVEC, J.: Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě 1.část. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. 200 s.

Dostupné z www:

http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoeekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf.

12. Vertikální mlýn typ: VM 11-30, kladívkový, vertikální, šroťák, šrotovník, [online]. c2009 [cit. 2011-03-26]. www.taurus-sro.cz.
Dostupné z www:
<http://www.taurus-sro.cz/krmivarny-a-mlyny/vertikalni-mlyn-typ-vm-11-30.html>.
13. AGROING BRNO s.r.o. - Obilní sila [online]. c2010 [cit. 2011-03-26].
Pozinkovaná sila s plochým dnem.
Dostupné z www:
http://www.agroing.cz/p_obilni_sila.htm.
14. Ferostav a.s. [online]. c2010 [cit. 2011-03-26]. Parní kotle BKF, BKF-P.
Dostupné z www:
http://www.ferostavcz.cz/kotle_horkovodni.htm.
15. Fermentation_process [online]. c2010 [cit. 2011-03-26]. Niroinc.com.
Dostupné z www:
http://www.niroinc.com/images/gea_liquid_processing/fermentation_process.gif.
16. Stainless steel Agitator tank ABB motor products, buy Stainless steel Agitator tank ABB motor products from alibaba.com [online]. c2010 [cit. 2011-03-26].
Alibaba.com.
Dostupné z www:
http://www.alibaba.com/productgs/352254293/Stainless_steel_Agitator_tank_ABB_motor.html.
17. Storage tank for WFI, Storage tanks for WFI Manufacturer and Supplier in China--ShangHai Ritai Medicine Equipment Project Co.,Ltd. [online].c2006[cit.2011-03-27]. Ritai-fermenter.
Dostupné z www:
<http://www.ritai-fermenter.com/storage-tank-for-wfi.htm>.
18. CZ BIJO a.s. [online]. c2008 [cit. 2011-03-27]. Stripovací sekce.
Dostupné z www:
<http://www.bijo.cz/?lang=cz&page=cz-biodestil>.

19. DIO s.r.o. - Dodavatelsko Inženýrská Organizace [online]. c2007 [cit. 2011-03-27].
Dostupné z www:
<http://www.dio.cz/lihovary.php?language=cs>.
20. Se surovinovým kotlem a rektifikační kolonou typ KPD [online]. c2007 [cit. 2011-03-27]. DESTILA, s.r.o.
Dostupné z www:
<http://www.destila.cz/produkty/pestitelske-palenice/se-surovinovym-kotlem-a-rektifikacni-kolonou-typ-kpd.html>.
21. Pbsvb.cz [online]. c2011 [cit. 2011-03-27]. Dekantační odstředivky.
Dostupné z www:
http://www.pbsvb.cz/cs/dsn_dekantacky.php.
22. CZ BIJO a.s. [online]. c2008 [cit. 2011-03-27]. Odpařovací sekce.
Dostupné z www:
<http://www.bijo.cz/?lang=cz&page=cz-biodesstil>.
23. Bohemia Machine [online]. c2010 [cit. 2011-03-27]. Bubnová suška.
Dostupné z www:
<http://www.bohemia-machine.cz/products/cz/drum-dryer.php?menu=2>.

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Spotřeba surovin na výrobu biotanolu.....	27
Tabulka 2: Parametry obilného sila SPA 27,3/15.....	34
Tabulka 3: Parametry kladívkového mlýna Taurus VM15	35
Tabulka 4: Základní technické parametry Bubnové sušárny	46
Tabulka 5: Potřebné zařízení pro výrobu bioetanolu.....	48

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma výroby bioetanolu z obilovin.....	18
Obrázek 2: Schéma výroby bioetanolu z cukrové řepy nebo cukrové třtiny	20
Obrázek 3: Schéma výroby bioetanolu z lignocelulósové hmoty	22
Obrázek 4: Schéma navrhované výroby bioetanolu	32
Obrázek 5: Obilné silo s plochým dnem SPA 27,3/15	33
Obrázek 6: Kladívkový mlýn Taurus VM15.....	34
Obrázek 7: Parní kotel BKF 1600.....	36
Obrázek 8: Ztekucovací a zcukřovací reaktor	37
Obrázek 9: Zásobník zákvasu PTWFI	38
Obrázek 10: Schéma fermentoru od firmy GEA	39
Obrázek 11: Stripovací kolona	40
Obrázek 12: Záparová kolona.....	41
Obrázek 13: Rektifikační kolona	42
Obrázek 14: Odstředivka.....	44
Obrázek 15: Odparka	45
Obrázek 16: Bubnová sušárna	46