

Vlastnosti, výroba a praktické využití etanolu se zaměřením na potravinářské a farmaceutické aplikace

Markéta Křížová

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta KRÍŽOVÁ**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Vlastnosti, výroba a praktické využití etanolu se zaměřením na potravinářské a farmaceutické aplikace.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- Charakterizace etanolu, jeho fyzikální a chemické vlastnosti.
- Příprava a výroba etanolu, jeho typické chemické reakce.
- Použití etanolu v potravinářském průmyslu a v dalších oblastech, například ve farmaceutickém a chemickém průmyslu nebo v průmyslu paliv.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY: [1] ČERVINKA, O., DĚDEK, V., FERLES, M. Organická chemie, 2. přepracované vydání, SNTL, Praha 1980.

[2] HAMPLA, B. a kol. Přehled potravinářského a kvasného průmyslu, 1. vydání, SNTL, Praha 1962.

[3] RYCHTERA, M., UHER, J., PÁČA, J. Lihovarství, drožďářství a vinařství, SNTL, Praha 1987.

[4] JENČ, F. a kol. Alkohol jako lék, 1. vydání, VOLVOX GLOBATOR, Praha 1998.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Věra Kašpárková, CSc.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

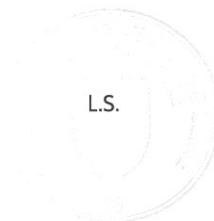
19. března 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2009

Ve Zlíně dne 31. května 2009

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Věře Kašpárkové, CSc. za odborné vedení, poskytnutí konzultací, cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje etanolu, jeho fyzikálním a chemickým vlastnostem a soustřeďuje se především na jeho praktické využití. Práce je systematicky členěna na tři části. První část se zabývá přípravou a výrobou etanolu a jeho typickými chemickými reakcemi. Druhá část práce se věnuje použití etanolu v potravinářském, farmaceutickém a chemickém průmyslu i v průmyslu paliv. Poslední část práce se věnuje vlivu etanolu na lidský organismus.

Klíčová slova: etanol, kvašení, destilace, lihoviny, extrakty.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with ethyl alcohol and its physical and chemical properties with the focus on its practical applications. The thesis consists of three parts. The first part is devoted to ethyl alcohol preparation, production and its typical chemical reactions. The second part deals with usage of ethyl alcohol in food-processing, pharmaceutical and chemical industry as well as in fuel industry. The third part describes influence of ethyl alcohol upon human organism.

Keywords: ethyl alcohol, fermenting, distillation, spirits, extracts.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ETANOL	11
1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ETANOLU	12
1.2 CHEMICKÉ REAKCE ETANOLU.....	13
1.2.1 Acidobázické reakce	13
1.2.2 Oxidace	13
1.2.3 Esterifikace.....	13
1.2.4 Dehydratace.....	14
1.3 METODY PŘÍPRAVY	14
1.3.1 Příprava etanolu kvašením	14
1.3.2 Příprava katalytickou hydratací ethenu	14
1.3.3 Příprava katalytickou hydratací ethynu.....	15
2 VÝROBA ETANOLU KVAŠENÍM	16
2.1 SUROVINY	16
2.1.1 Melasa	16
2.1.2 Obiloviny.....	16
2.1.3 Brambory.....	16
2.2 VÝROBA ETANOLU Z MELASY	17
2.2.1 Příprava melasové zápary	17
2.2.2 Kvašení (fermentace)	17
2.2.2.1 Faktory ovlivňující kvašení	18
2.2.2.2 Vedlejší produkty lihového kvašení	19
2.2.3 Destilace.....	19
2.2.4 Rafinace lihu	20
2.2.4.1 Vedlejší produkty při rafinaci lihu.....	21
2.2.5 Denaturovaný alkohol	21
2.2.6 Bezvodý alkohol.....	21
2.2.7 Odpady při výrobě kvasného etanolu.....	22
2.3 VÝROBA ETANOLU ZE ŠKROBNATÝCH SUROVIN	22
2.4 DALŠÍ MOŽNÉ VÝROBY ETANOLU	23
3 DRUHY ETANOLU	24
4 POUŽITÍ ETANOLU V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU	25
4.1 VÝROBA LIHOVIN	25
4.1.1 Rozdělení lihovin podle původu etanolu.....	25
4.1.2 Rozdělení lihovin podle způsobu výroby.....	25
4.1.3 Rozdělení lihovin podle obsahu cukru.....	26
4.2 VÝROBA DEZERTNÍCH A AROMATIZOVANÝCH (KOŘENĚNÝCH) VÍN	27
4.2.1 Dezertní přislazovaná vína.....	27
4.2.2 Dezertní likérová vína	27
4.2.3 Dezertní kořeněná vína	27

4.3	VÝROBA TRESTÍ A AROMAT PRO APLIKACE V OBORECH POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU.....	27
4.4	KONZERVAČNÍ PROSTŘEDEK	28
4.5	VÝROBA KYSELINY OCTOVÉ.....	28
5	POUŽITÍ ETANOLU V KOSMETICKÉM PRŮMYSLU	30
6	POUŽITÍ ETANOLU VE FARMACEUTICKÉM PRŮMYSLU	31
6.1	TINKTURY	31
6.2	ALKOHOLOVÉ EXTRAKTY.....	32
6.2.1	Druhy extraktů	32
6.3	ALKOHOL JAKO DEZINFEKČNÍ PROSTŘEDEK	33
6.4	PROTIJED.....	33
7	VYUŽITÍ ETANOLU V CHEMICKÉM PRŮMYSLU	34
7.1	ROZPOUŠTĚDLO.....	34
7.2	MÝDLA.....	34
7.3	SVÍČKY.....	34
7.4	TEPLOMĚRY	34
7.5	BIOETANOL JAKO PALIVO	35
8	ÚČINKY ETANOLU NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	36
8.1	ÚČINEK ETANOLU V ORGANISMU	36
8.2	STANOVENÍ ETANOLU V KRVÍ.....	36
8.3	PŮSOBENÍ ETANOLU NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	38
8.3.1	Poškození somatického zdraví	38
8.3.2	Poškození psychického zdraví	39
8.3.3	Alkoholismus	39
8.3.4	Otrava alkoholem	39
8.4	POZITIVNÍ PŮSOBENÍ ETANOLU NA LIDSKÝ ORGANISMUS	40
8.4.1	Antiaterogenní účinek	40
8.4.2	Antitrombotický účinek	40
8.4.3	Psychotropní vliv na lidský organismus	40
8.4.4	Zdroj energie	40
	ZÁVĚR	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	43
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	46
	SEZNAM TABULEK.....	47

ÚVOD

První zmínky o alkoholové fermentaci pocházejí z Mezopotámie z doby cca 4200 př.n.l.. Technika destilace jako způsob izolace a zakoncentrování etanolu přichází na scénu mnohem později a historické prameny jsou, v otázce kdy a kde to bylo, nejednoznačné. Některé zdroje připisují prvenství sestrojení a používání destilační aparatury Číňanům, přibližně 1 až 2 tisíce let př.n.l., jiné hovoří o egyptských alchymistech rovněž z éry před Kristem. V Evropě byl proces destilace představen kolem 12. století. Umění destilace se rozšířilo ve středověku, zejména díky činnosti alchymistů, kdy se lihové destiláty obohacovaly extrakty z léčivých rostlin, které se využívaly hlavně v lékařství [28].

Na území dnešní České republiky vynikly první lihovary již v 16. století. Lih se vyráběl především z obilí, zejména ze žita. Koncem 18. století se ve výrobě lihu začaly místo obilí používat brambory. Původní technologie byly jednoduché, k rychlejšímu rozvoji přispělo zavádění destilačních aparátů vyhřívaných parou a zavedení paření brambor pod tlakem. Po první světové válce se začalo využívat i nadprodukce cukrovky, při této výrobě byl však pařákový způsob nahrazován způsobem difuzním. V první polovině 19. století se začal rozvíjet cukrovarnický průmysl a jako odpad vznikala nová lihovarská surovina – melasa. První samostatný melasový lihovar vznikl v r. 1838 v Praze. Na Moravě vznikl ve 2. polovině 19. století průmyslový lihovar v Rájci nad Svitavou, Olomouci a Kojetíně.

Co se týče provozuschopnosti lihovarů, tak v roce 1874 bylo v Čechách 284 zemědělských lihovarů, 40 menších melasových lihovarů a 8 velkých průmyslových lihovarů. V současné době (v roce 2009) jsou v provozu pouze 4 průmyslové lihovary (Kralupy nad Vltavou, Kolín, Chrudim a Kojetín) a přibližně 40 zemědělských lihovarů. Některé z nich jsou rozšířeny o rafinaci a rektifikaci surového lihu.

Cílem výroby etanolu je získat produkt o různé kvalitě vhodný pro potravinářské, farmaceutické, chemické a jiné účely. Jakost jednotlivých druhů a podmínky výroby lihu jsou vymezeny legislativními předpisy, v České republice je to *zákon č. 61/1997 Sb., o lihu a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona České národní rady č. 587/1992 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů*. Výroba kvasného etanolu v ČR se pohybuje v posledních letech kolem 65 000 m³ (vyjádřeno v množství 100 % etanolu) [28].

Cílem bakalářské práce bylo vypracování přehledné literární studie zabývající se etanolem. Práce je členěna do několika oddílů. V první části se zabývá fyzikálními vlastnostmi etanolu, jeho typickými chemickými reakcemi a metodami přípravy. Další část bakalářské práce je

stručně věnována výrobě etanolu. Především je ale tato práce věnována použití etanolu jak v potravinářském, tak i v kosmetickém, farmaceutickém a chemickém průmyslu. Poslední část práce je zaměřena na popis vlivu etanolu na lidský organismus.

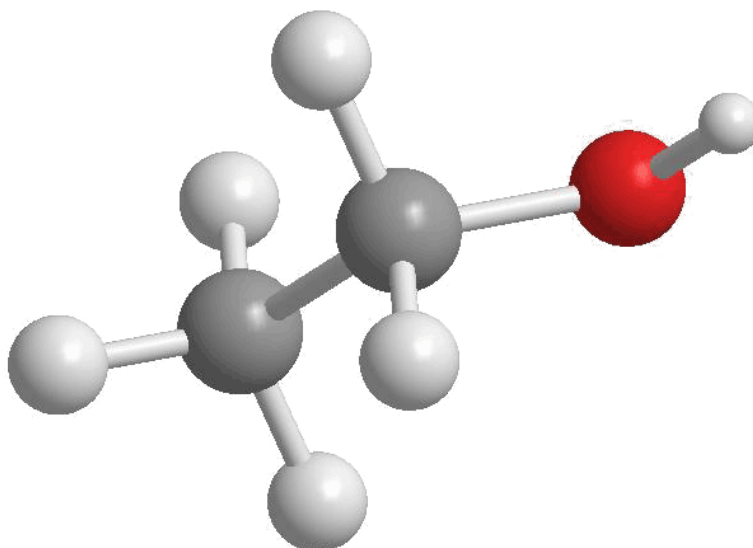
Toto téma jsem si vybrala, protože pracuji v Moravském lihovaru Kojetín jako laborantka a denně s lihem pracuji.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ETANOL

Z chemického hlediska patří etanol do skupiny látek zvané alkoholy. Alkoholy jsou kyslíkaté sloučeniny, které odvozujeme od uhlovodíků, náhradou vodíku hydroxylovou skupinou $-OH$. Podle počtu těchto skupin rozeznáváme alkoholy jednosytné (s jednou skupinou $-OH$), dvojsytné (se dvěma skupinami $-OH$), trojsytné apod. Podle toho, zda je skupina $-OH$ připojena na primární, sekundární nebo terciární uhlíkový atom, lze také alkoholy dělit na – primární, sekundární nebo terciární. Jednosytné alkoholy mohou být nasycené nebo nenasyčené, podle toho, od kterých základních uhlovodíků jsou odvozeny. Mezi základní jednosytné alkoholy patří metanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH), propanol (C_3H_7OH), 1-butanol (C_4H_9OH), pentanol ($C_5H_{11}OH$), a 1-hexanol ($C_6H_{13}OH$) [3].

Etanol, nebo ethylalkohol (lidově líh nebo alkohol) je druhý nejnižší alkohol. Vyskytuje se často v přírodě volný v důsledku samovolného alkoholového kvašení nebo dýchání rostlinných orgánů. Ve větším množství se nachází v nezralých plodech některých okoličnatých rostlin. Fyzikální vlastnosti a chemické reakce etanolu určuje hydroxylová skupina $-OH$ [3,5,6].



Obr.1 Model molekuly etanolu

1.1 Fyzikální vlastnosti etanolu

Čistý etanol je čirá, bezbarvá kapalina s charakteristickou vůní. Je-li silně zchlazen (viz. tabulka 1) tuhne v bílou hmotu. S vodou se mísí v každém poměru, při mísení nastává objemová kontrakce a tekutina se zahřívá. Směs etanolu a vody tvoří azeotrop pro 96 % obj. ethanolu a 4 % vody. Přehled základních fyzikálních charakteristik etanolu je uveden v tabulce 1 [3].

Tab. 1 Fyzikální vlastnosti etanolu

Molární hmotnost	46,07 g/mol
Teplota tání	-114,4 °C
Teplota varu	78,3 °C (1013 hPa)
Hustota	0,789 g/cm ³
Viskozita	1,200 mPa·s (20,0°C)
Disociační konstanta pK_a	15,9 (H ⁺ z OH skupiny)
Rozpustnost ve vodě	neomezeně mísitelný
Teplota hoření	30 °C
Meze výbušnosti	3,4-15 % objemových
Dipólový moment	5,64 fC·fm (1.69 D) (<i>plyn</i>)
Teplota vznícení	366 °C

1.2 Chemické reakce etanolu

V následující části jsou vybrány typické chemické reakce etanolu [5].

1.2.1 Acidobázické reakce

Etanol je velmi reaktivní a zvláště bouřlivě reaguje s alkalickými kovy. Reakce etanolu se sodíkem probíhá podle následujícího schématu.



Produktem této reakce je vodík a alkoholát sodný. Alkoholáty jsou silně bazické a působením vody se rozkládají zpět na etanol a hydroxid příslušného alkalického kovu, např.



1.2.2 Oxidace

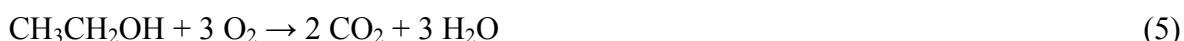
Při neúplné oxidaci se etanol pomocí oxidačních činidel oxiduje na acetaldehyd



a při úplné oxidaci se oxiduje na kyselinu octovou.



Velmi bouřlivě probíhá reakce etanolu s kyslíkem. Etanol se oxiduje až na oxid uhličitý a vodu, přičemž dochází k hoření.



1.2.3 Esterifikace

Esterifikace je reakce etanolu s kyselinami. Působením halogenidů karboxylových kyselin na etanol vznikají estery etanolu a příslušné organické kyseliny. Např. reakcí s acetylchloridem vzniká ethyl acetát.



Estery etanolu mohou vznikat i přímou reakcí s karboxylovými kyselinami za přítomnosti kyseliny sírové, která váže vznikající vodu.



1.2.4 Dehydratace

Katalytickým odštěpením molekuly vody z etanolu vzniká nejjednodušší alken, ethen.



1.3 Metody přípravy

Etanol lze různými reakcemi připravit v laboratorním měřítku, ale v průmyslu se vyrábí nejčastěji níže uvedenými metodami.

1.3.1 Příprava etanolu kvašením

Největší část produkce etanolu se připravuje z jednoduchých sacharidů etanolovým kvašením za působení různých druhů kvasinek, především různých druhů šlechtěných kmenů druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Používá se k tomu jak cukerného roztoku (o maximální koncentraci 20%), tak přímo přírodních surovin, které obsahují sacharidy jako jsou např. brambory, cukrová řepa, cukrová třtina nebo obilniny. Kvasný proces probíhá dle sumární rovnice, kdy se sacharidy vlivem životních projevů kvasinek přemění na etanol a oxid uhličitý.



Kvalita takto získaného etanolu je velmi závislá na výchozí surovině. Takto se získává etanol pro potravinářské účely [5,6].

1.3.2 Příprava katalytickou hydratací ethenu

Synteticky se etanol připravuje katalytickou hydratací ethenu (C_2H_4).



Jako katalyzátor se používá kyselina trihydrogenfosforečná na oxidu křemičitém. Takto připravený etanol má mnohem méně nečistot než kvasný a je tedy kvalitnější, jeho použití je však v potravinářství zakázáno. Používá se jako rozpouštědlo, dále pak k přípravě esterů a acetaldehydu [5,6,7].

1.3.3 Příprava katalytickou hydratací ethynu

Další způsob syntetické přípravy spočívá v katalytické hydrogenaci acetaldehydu, který může být průmyslově vyráběn hydratací ethynu [5].



2 VÝROBA ETANOLU KVAŠENÍM

2.1 Suroviny

V kvasném průmyslu lze použít všech surovin, které obsahují buď přímo zkvasitelné cukry nebo polysacharidy, které lze enzymaticky, kyselou, popř. alkalickou hydrolyzou na zkvasitelné cukry převést. Suroviny kvasného průmyslu lze tedy rozdělit na suroviny cukernaté (řepná melasa, surový a rafinovaný cukr, cukerný sirup, ovoce, syrovátka), škrobnaté (brambory a obiloviny-pšenice, žito, kukuřice) a lignocelulosový materiál, který obsahuje celulosu a hemicelulosy [20].

V České republice je pro výrobu etanolu nejvíce používána melasa, dále také obilí a brambory.

2.1.1 Melasa

Melasa je hlavní surovinou pro výrobu fermentačního etanolu nejen v České republice, ale také ve většině zemí. Je to odpadní nebo mateční sirup, který vzniká po několikanásobné krystalizaci sacharosy z řepné nebo třtinové šťávy. Hlavními složkami melasy jsou sacharosa (42 – 58 %), organické a anorganické látky a voda. Dalším cukrem obsaženým v melase je rafinosa, jejíž obsah však činí pouze 0,5 – 2 % [7,8].

2.1.2 Obiloviny

Obiloviny jsou v zahraničí jednou z nejdůležitějších lihovarských surovin. Nejvíce se zpracovává kukuřice, žito a pšenice. Kukuřice obsahuje průměrně 60 – 63 % škrobu, důležitý je i obsah tuku (kolem 5 %), který se uplatní při odpěňování zápar. V České republice se z obilovin nejčastěji zpracovávají měkká pšenice a námelové žito. Jedná se o malou produkci obilného lihu pro výrobu pálenek a při zhodnocení nevhodného obilí. Pšenice obsahuje v závislosti na kultivačních podmínkách 61 – 71 % škrobu. Žito obsahuje kolem 50 – 60 % škrobu. Před vlastním zcukřováním proběhne v lihovarech šrotování obilí a paření, nebo se přímo paří celá zrna. Při sledování trendů rozvoje obnovitelné surovinové základny se obilí stále častěji objevuje v popředí zájmu. [8].

2.1.3 Brambory

Průmyslové lihovarské brambory mají obsahovat co nejvíce škrobu, alespoň 20 % bez ohledu na jeho kvalitu (velikost škrobových zrn). Jsou plodinou, která má vhodné zastou-

pení všech látek, příznivě ovlivňujících kvašení. Kromě škrobu obsahují rovněž glukosu (asi 0,2 %), sacharosu (asi 0,3 %), vlákninu (asi 1 %), tuk (0,15 %), pektiny a pentosany (0,7 – 1 %). Z organických kyselin jsou zastoupeny kyselina šťavelová, citronová, mléčná. Dále brambory obsahují přibližně 2 % dusíkatých látek a 0,5 – 2 % popele [7].

2.2 Výroba etanolu z melasy

Jelikož melasa je nejčastěji využívanou surovinou pro výrobu etanolu, věnuje se další část práce metodě výroby etanolu z této suroviny.

2.2.1 Příprava melasové zápary

Z hlediska zpracování je melasa jednodušší surovinou než obilí. Její předností je jednoduchá příprava zápary (naředění vodou, přídavek živin-anorganické soli) a skutečnost, že obsahuje přímo zkvasitelný cukr (sacharosu). Obvykle se pro kvašení připravují zápary, které mají dvě různé koncentrace: slabší pro zahájení fermentace (5 – 10 °Bg) a silnější pro doplňování kádí během kvašení (15 – 20 °Bg).

2.2.2 Kvašení (fermentace)

Etanolové kvašení je anaerobní rozklad cukru na etanol a oxid uhličitý. Jedná se o proces, který je katalyzovaný enzymy, které vyvábí mikrobiální a kvasinkové buňky. Používá se především různých šlechtěných kmenů druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Kvašení probíhá podle Gay Lussacovy rovnice [3,5].



V České republice se většinou používá Boinotův způsob kvašení, který využívá recirkulace kvasinek. Propagace kultury se provádí pouze na začátku lihovarské kampaně. Princip spočívá v tom, že se kvasinky z prokvašené zápary opakovaně použijí jako inokulum do nové fermentace. K separaci kvasinek se většinou používají odstředivky. Kvasničné mléko prochází preparační lázní, kde po okyselení kyselinou sírovou na pH 2 – 3 dochází k aktivaci kvasinek a usmrcení kontaminujících bakterií. Po skončení preparace (většinou po 1 – 2 hod) se suspenze kvasinek převede do kvasné kádě a začne se přidávat melasová zápara tak dlouho, až směs dosáhne koncentrace 12 – 14 °Bg. Hlavní kvašení probíhá za anaerobních podmínek, pH je udržováno mezi hodnotami 4,5 - 5,0 a teplota by neměla překročit

32 °C. Kvašení probíhá 12 – 36 hodin. Nepřiživuje se a okyseluje se (kyselinou sírovou) jen tehdy, vyžaduje-li to silně alkalická reakce melasy. Ve všech kvasných nádobách se nadměrné pění potlačuje odpěňovacími prostředky [9,15].



Obr. 2 Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*

2.2.2.1 Faktory ovlivňující kvašení

Rychlost kvašení závisí na řadě činitelů. Zejména na teplotě, koncentraci zkvasitelného cukru, hodnotě pH a dalších faktorech, které jsou v této části práce blíže specifikovány.

Vliv teploty

Optimální teplota se při kvašení pohybuje kolem 30 °C. Při vyšší teplotě se kvasinky oslabují. Smrtící teplota je kolem 55 °C a její vliv je zesilován koncentrací alkoholu [20].

Koncentrace zkvasitelného cukru

Koncentrace zkvasitelného cukru závisí na surovině, která se k výrobě etanolu použije. Obecně se má pohybovat v rozmezí 16 – 18 % cukru, což odpovídá 10 – 11 % alkoholu. Při vyšší koncentraci se prodlužuje doba kvašení a zvyšuje se množství neprokvašeného cukru [20].

Vliv pH

Nejlepší výtěžky se zpravidla dosahují při hodnotách pH mezi 4,5 a 4,7. Při vyšších hodnotách pH vzniká víc glycerolu a organických kyselin na úkor etanolu [9].

Vliv inokula

Množství a kvalita připraveného inokula ovlivní průběh a kvantitativní ukazatele produkce etanolu. I vlastnosti kmene kvasinek se mohou na kvalitě a množství etanolu výrazně projevit [9].

Přídavek živin

Na rozdíl od bramborových a obilných zápar, které obsahují dostatek živin (dusík, fosfor, draslík a hořčík pro potřebný nárůst biomasy) je nutno v případě řepných melas přidávat pro optimální průběh kvašení fosfor. U třtinových melas se přidává dusík [9].

Vliv alkoholů a aldehydů na činnost kvasinek

Maximální koncentrace etanolu v zápaře je závislá na množství zkvasitelných sacharidů v melase. Použitím průmyslových kmenů druhu *Saccharomyces cerevisiae* se dosahuje maximální koncentrace etanolu v zápaře 10 – 12 % obj. Jeho další zvyšování již podstatně snižuje rychlost kvašení. Vyšší alkoholy mají větší toxický účinek a acetaldehyd se projeví inhibičně již v koncentraci 0,1 – 0,2 % obj. [9].

Fyzikálně-chemické aspekty

V odcházejícím oxidu uhličitým se ztrácí určitá část etanolu a vody. Ztráty etanolu odpařením nejsou velké a činí kolem 1 % celkem produkovaného etanolu. Dalším problémem je přesycení zápary oxidem uhličitým [9].

2.2.2.2 Vedlejší produkty lihového kvašení

Vedle etanolu a oxidu uhličitého vznikají při kvašení také jiné látky. Jsou to především glycerol, acetaldehyd, kyselina mléčná, octová a jantarová a vyšší alkoholy (přiboudlina). Podle použité suroviny mohou být přítomny ještě metanol a kyanovodík [3,11].

2.2.3 Destilace

Lih se ze zkvašených zápar získává destilací a rafinuje se i zesiluje opakovanou destilací. Destilace je fyzikální proces, při kterém se oddělují dvě nebo více kapalin a který využívá rozdílných bodů varu složek směsi, např. (vody a lihu). Při zahřátí dvousložkové směsi na teplotu varu přechází do plynné fáze směs bohatší na těkavější složku. Kondenzací plynné fáze v tepelném výměníku se získá destilát. Zbylá kapalná fáze tvoří destilační zbytek.

Rektifikace je opakovaná destilace vedoucí ke zvýšení obsahu etanolu. Rafinací se označuje opakovaná destilace, při které dochází k odstraňování nečistot. Bezvodý etanol se však za normálních podmínek destilací nezíská, protože při destilaci vzniká azeotrop etanol-voda, který vře při 78,15 °C [7,9].

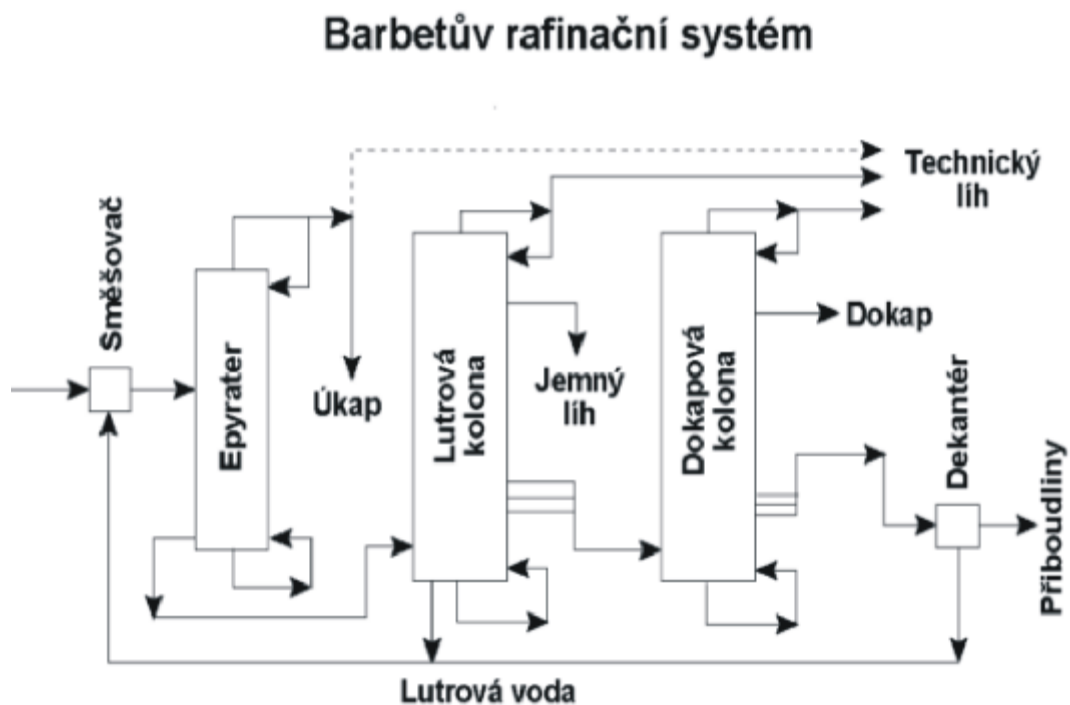
Destilace lihu ze zápar probíhá v záparových kolonách. V praxi se setkáváme s celou řadou kolon a jejich sestav. Nejjednodušší kontinuální destilační systém spočívá ve zkocentrování par etanolu buď v jedné koloně nebo ve dvou kolonách [9].

2.2.4 Rafinace lihu

Jak již bylo uvedeno výše, při rafinaci je nutno odstranit nečistoty, jejichž obsah je závislý na bodu varu. Jsou to úkapy (předky), estery, přiboudlina (vyšší alkoholy) a některé organické kyseliny. Úkapy jsou tvořeny nízkovroucími aldehydy, především acetaldehydy. Z esterů je zastoupen hlavně ethylacetát, jehož bod varu je srovnatelný s bodem varu etanolu. Vysokovroucí část nečistot tvoří přiboudlina, v níž hlavní podíl tvoří izoamylalkohol. Rafinace lihu se provádí frakční destilací, spojenou s rektifikací na kontinuálních rafinačních aparátech (tří až šetikolonových). Nejčastěji je používán Barbetův rafinační systém, viz. obrázek 3 [7,20].

Rafinovaný kvasný etanol se posuzuje objektivně, jak chemickou analýzou, tak i subjektivně degustací. Pro objektivní hodnocení lihu jsou dány analytické metody, jejichž rozsah je určen použitím v praxi. Například pro zkoušení průmyslového etanolu se užívá norma ČSN ISO 1388-1 (660820) Etanol pro průmyslové použití - Metody zkoušení - Část 1: Všeobecně [7].

Podle obsahu nečistot po rafinaci je možno získaný líh rozdělit na velejemný, jemný a technický. Rafinovaný líh jemný a velejemný se vyrábí v jednom tržním druhu [20].



Obr. 3 Rafinace surového lihu

2.2.4.1 Vedlejší produkty při rafinaci lihu

Vedlejší produkty výroby lihu (úkap, dokap a přiboudlina) jsou již zmíněny v kapitole 2.2.2.2. Podle normy ČSN 66 0825 by měl být minimální výtěžek rafinovaného lihu přibližně 83,3 %. Úkapy a dokapy se většinou spojí a tento lih se používá pro technické účely [9].

2.2.5 Denaturovaný alkohol

K technickým účelům se používá alkohol denaturovaný přísadkou benzenu, toluenu, pyridinu, benzinu nebo etheru. Tyto přísadkové látky činí etanol nepoživatelný. Pro výrobní účely (např. výrobu octu) je povolena tzv. zvláštní denaturace podle požadavku odběratele [10,12,20].

2.2.6 Bezvodý alkohol

Pro technické účely je potřeba často vyrábět bezvodý alkohol. K výrobě bezvodého lihu se používá surový lih a rafinovaný lih. Vyrábí se odvodňováním tuhými látkami (směs pále-

ného vápna a chloridu vápenatého) nebo (octanu sodného a draselného), jejichž regenerace se provádí žiháním. Dále je možno bezvodý alkohol vyrobit pomocí hydroskopických kapalin (glycerol, etylenglykol). Těmito postupy lze získat etanol o čistotě až 99,9 %. Jinou metodou získávání co nejčistšího etanolu je tzv. azeotropická metoda, spočívající v destilaci s přidavkem benzínu nebo benzenu, kterou lze získat produkt o čistotě až 99,7% [5,9,20].

2.2.7 Odpady při výrobě kvasného etanolu

Hlavním odpadem při výrobě etanolu jsou melasové výpalky. Melasové výpalky, které zůstanou po oddestilování lihu, obsahují 8 – 12 % sušiny a získá se jich zhruba desetinásobek objemu vyrobeného lihu. Melasové výpalky je možné dále zpracovat chemicky (výroba betainu, glycerolu, kyseliny glutamové) nebo se mohou použít pro výrobu mikrobiální biomasy nebo anaerobním vyhníváním k produkci metanu. Zbytek po vyhnití lze použít jako dusíkaté a draselné hnojivo [20].

Mezi odpad patří také odpadní vody, které je nutné před vypouštěním do odpadních toků předčistit.

2.3 Výroba etanolu ze škrobnatých surovin

V České republice se používají škrobnaté suroviny k výrobě lihu výhradně v zemědělských lihovarech. Vzhledem k plánované výstavbě několika závodů na výrobu bioetanolu (palivového etanolu), ve kterých bude surovinou převážně obilí se předpokládá, že se kapacity výroby lihu z těchto surovin mnohonásobně zvýší.

Při výrobě etanolu ze škrobnatých surovin je nutné nejdříve připravit záparu. To se provádí buď tlakovým (teplota nad 100 °C při vyšším tlaku) nebo beztlakovým (použití amylolytických enzymů) způsobem. Dále následuje příprava zákvasu. K zakvášení škrobnatých surovin se osvědčují kvasinky adaptované na škrobnaté zápary získané z čistých lihovarských kultur. Kvašení probíhá vsádkovým nebo semikontinuálním způsobem po dobu 48 – 72 hodin. Destilace je identická s destilací melasových zápar [27].

2.4 Další možné výroby etanolu

Pro výrobu lihu je možno použít i jiné méně obvyklé suroviny. Příkladem je výroba lihu ze sulfitových výluhů. Tyto výluhy (z jehličnatých stromů) obsahují glukosu, fruktosu, manosu, které jsou snadno zkvašovány kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*. Ve světě se také vyrábí etanol ze syrovátky. Také je možné vyrobit etanol z celulóзовého materiálu (piliny z měkkého dřeva, rašelina). Celulóza se štěpí kyselou hydrolýzou až na zkvasitelnou glukózu. Jako vedlejší produkt lze etanol získat při výrobě droždí z melasy nebo v pekárnách z unikajících par při pečení chleba [9,21].

3 DRUHY ETANOLU

Dle zákona o lihu č. 61/1997 Sb. § 11 odst. 1 se smí uvádět do oběhu líh v těchto základních druzích:

- Syntetický – rafinovaný, bezvodý, technický
- Sulfitový
- Kvasný – surový, rafinovaný, bezvodý, ovocné a jiné destiláty
- Zvláště denaturovaný – syntetický rafinovaný, syntetický technický, kvasný
- Obecně denaturovaný – syntetický, kvasný
- Úkapy a dokapy
- Přiboudlina



Obr. 4 Láhev etanolu 96 % obj.

4 POUŽITÍ ETANOLU V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU

4.1 Výroba lihovin

Nejnámějším použitím etanolu je výroba lihovin. Na výrobu lihovin se používá výhradně kvasný etanol. Rafinovaný líh pro výrobu lihovin se vyrábí v jakosti jemného a velejemného lihu, a to převážně zkvašováním řepné melasy [11,12].

Podle definice jsou lihoviny alkoholické nápoje, které obsahují nejméně 20 % obj. etanolu získaného rektifikací a rafinací lihu vyrobeného kvasným pochodem [17].

4.1.1 Rozdělení lihovin podle původu etanolu

Podle původu etanolu lze lihoviny rozdělit na:

lihoviny vyrobené studenou cestou (bez kvašení) – smíchání rafinovaného jemného lihu s přísadami (konzumní lihoviny, bylinné lihoviny a likéry, likéry a krémy, emulze)

lihoviny vyrobené teplou cestou (kvasným pochodem) – destilací zkvašených cukerných surovin.

4.1.2 Rozdělení lihovin podle způsobu výroby

Podle způsobu výroby lze lihoviny rozdělit do následujících pěti skupin.

Lihoviny konzumní – jsou vyráběny míšením rafinovaného jemného lihu a upravené pitné vody s ostatními přísadami, jako jsou cukr, tresti atp. Do konzumních lihovin řadíme např. punče, které jsou vyrobeny z vody, lihu, cukru, punčové esence s přídavkem ovocných kyselin, aromatických a chuťových látek, Tuzemský rum, Konzumní vodku, Meruňku, Třešňovku, Pepermintový likér. Konzumní lihoviny jsou nejlevnější druhy lihovin.

Lihoviny značkové – jsou vyráběny převážně za tepla speciálními technologickými postupy z rafinovaného lihu jemného, velejemného nebo zvlášť upraveného, případně z destilátů-polotovarů, macerátů, digerátů nebo destilátů z bylin, drog, koření a ovoce, z destilované nebo této kvalitě odpovídající vody či pitné vody a dalších přísad (cukr, včelí med, révové víno, ovocné šťávy apod.) Do značkových lihovin řadíme např. Fernet Hobé, Karlovarskou becherovku, Jägermeister, Chocolate cream.

Destiláty pravé – jsou ušlechtilé lihoviny získané destilací z alkoholicky zkvašených surovin (ovoce, bobule, lesní plody apod.), škrobnatých surovin (obilí) nebo révového vína a

upravené destilovanou vodou či vodou odpovídající kvality, případně bonifikátory (tj. přísadami používanými na zlepšení organoleptických vlastností lihovin). Veškerý líh kromě bonifikátorů musí pocházet z původní zkvašené suroviny. Před vyskladněním se podrobují přiměřené době zrání a scelování. Destiláty vyráběné z ovoce jsou známy také pod názvem pálenky.

a) z ovoce – slivovice, třešňovice, meruňkovice, hruškovice, Calvados, bezinkový destilát, ostružinový destilát atd.

b) z révového vína – vínovice, cognac (z vinných hroznů pěstovaných v oblasti francouzského města Cogac), brandy (vinný destilát zrající v dubových sudech), mlátovice (kvasnicová pálenka)

c) obilné pálenky – whisky, vodka, žitná, která se vyrábí z obilí.

d) z ostatních surovin – borovička (z jaloviček), pravý rum (ze šťávy z cukrové třtiny nebo třtinové melasy, vyrábí se hlavně v karibské oblasti), Tequila (z listů pouštní byliny agave modré, Arak (ze šťávy palmy arakové nebo palmy kokosové), Encián (ze zákvasu kořenů hořce).

Destiláty řezané – jsou poloušlechtilé lihoviny vyráběné míšením destilátů-polotovarů s rafinovaným lihem jemným nebo velejemným, destilovanou vodou nebo upravenou pitnou vodou a s jinými přísadami. Poměr smíchaného lihu s pravým destilátem se označuje v tzv. řezu (např. řez 1:2 znamená 1 díl destilátu a 2 díly lihu).

Ostatní lihoviny – jsou všechny lihoviny, které nelze zařadit do žádné z předchozích skupin [17].

4.1.3 Rozdělení lihovin podle obsahu cukru

Dalším možným způsobem členění lihovin je jejich klasifikace podle obsahu cukru.

Neslazené lihoviny – obsah cukru je nižší než 90 g/l, např. Stará myslivecká, Fernet Hobé.

Slazené lihoviny, tzv. *likéry* – obsah cukru je od 90 do 480 g/l, např. Griotka, Curacao, Ořechový likér, Karlovarská becherovka (bylinný likér), Praděd (bylinný likér), Klášterní tajemství (bylinný žaludeční likér), Jägermeister, Ouzo (anýzový likér), Maraschino, Bols.

Krémy, tzv. *emulzní likéry* – obsah cukru je vyšší než 480 g/l, např. Advocaat (hustý vaječný krém), Mocca cream, Chocolate cream.

4.2 Výroba dezertních a aromatizovaných (kořeněných) vín

Dezertní neboli slazená vína se připravují z běžných vín přidavkem hrozinek a prokvašením nebo pouze přidavkem cukru a velejmeného lihu. Dezertní kořeněná vína jsou navíc upravována přísadou koření. Rozdělují se na dezertní vína přislazovaná, dezertní vína likérová a dezertní vína kořeněná.

4.2.1 Dezertní přislazovaná vína

Dezertní vína přislazovaná se vyrábějí pouhým přislazením přírodních vín sacharosou na obsah 100 – 150 g/l a přidáním velejmeného lihu až do koncentrace 15 % obj. Příkladem těchto vín jsou vína muškátová.

4.2.2 Dezertní likérová vína

Dezertní vína likérová se připravují buď zkráceným kvašením moštu, nebo přidavkem koncentrovaného moštu a alkoholu k přírodním vínům. Nejznámější jsou vína Sherry, Portské, Malaga, Madeira a Mersala. K alkoholizování některých likérových dezertních vín se používá vinný destilát nebo velejmený líh. Za jedno z nejlhodnějších sladkých vín je považováno Sherry. [19].

4.2.3 Dezertní kořeněná vína

Dezertní kořeněná vína neboli vermuty jsou přírodní vína s přidavkem cukru, alkoholu a výluhu koření. Nejznámější jsou vermuty italské (Cinzano, Martini, Ganzia aj.). Složení směsi koření pro výrobu určité značky je zpravidla výrobním tajemstvím. Běžně se používá pelyněk, zeměžluč, benedikt, kořen fialky a angeliky, máta, puškvorec, skořice, korian-dr, hřebíček, muškátový ořech aj. [19].

4.3 Výroba trestí a aromat pro aplikace v oborech potravinářského průmyslu

Potravinářské trestí se pro lihoviny definují jako výluhy chuťových a vonných látek určených pro výrobu lihovin. Jsou vyráběny pouze z přírodních surovin. Vyrábějí se podobně jako lihoviny mísením silic rozpuštěných v lihu zastudena, macerací, digescí nebo destilací bylin, drog, koření, ovoce a plodů v rafinovaném jemném lihu a mísením macerátů, digerá-

tů a destilátů navzájem. Stejným způsobem se vyrábějí trestí pro kořeněná vína, konzervárny, limonádové sirupy a polotovary pro trestárny [21].

Potravinářská aromata jsou směsi vonných a chuťových přírodních nebo syntetických zdravotně nezávadných látek, které jsou vedle jiných rozpouštědel rozpuštěny také v rafinovaném jemném lihu. Jsou určeny k dalšímu zpracování v potravinářské výrobě a malá část se vyrábí pro konzum jako pečivová aromata pro domácnost. Vyrábí se vyluhováním a destilací směsí bylin a koření v kvasném rafinovaném jemném lihu, obsahují 30 - 70 % obj. etanolu. Aromata se používají k výrobě bylinných lihovin, aromatizovaných vín, k ochucení lihovin a potravinářských výrobků. Mají název po chuťové a vonné složce [23].

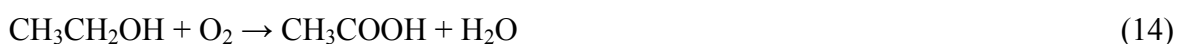
4.4 Konzervační prostředek

Etanol má velký význam konzervační. Využití alkoholu jako konzervačního prostředku patří mezi nejstarší způsoby uchování potravin společně s nasolováním, sušením a uzením. Zejména u vína je zřetelné, že bez působení alkoholu by nebylo možno dosáhnout jeho dlouhého uchování. Některé archivní ročníky jsou až 60 let staré, při současném zachování jejich kvalitativních hodnot. Právě díky alkoholickému kvašení je víno jediným nápojem, který si zachovává všechny své složky v téměř původním obsahu jako před vinifikací [12].

Také čerstvé ovocné šťávy po vylisování nebo po vyčeření se konzervují 15 % obj. etanolu, ovocné nebo révové víno kořeněné se alkoholizuje na 14 % obj. etanolu, ovoce se konzervuje v poměru 10 dílů ovoce na 1 díl lihu nejméně 90 % obj. etanolu [21].

4.5 Výroba kyseliny octové

Hlavní surovinou pro výrobu kyseliny octové je etanol. V České republice se k výrobě octa používá rafinovaný líh (je možno použít i líh surový), vyrobený ze surového lihu melasového, bramborového nebo obilného. Zředěný roztok kyseliny octové se získává biologickou oxidací etanolu podle rovnice



Při biotechnologické výrobě kyseliny octové jsou příslušné mikroorganismy (octové bakterie, především rodu *Acetobacter*) imobilisovány přirozenou přilnavostí na bukových hobli-

nách, které jsou skrápěny roztokem etanolu a odspodu probublávány vzduchem. Vyšších koncentrací kyseliny lze pak dosáhnout následnou destilací [18].

Podle zvyklostí a dostupnosti surovin se vyrábějí:

- vinné octy (Francie, Itálie)
- ovocné octy (Velká Británie, Německo, USA, Francie); nejznámější z této kategorie je jablečný ocet, který se vyrábí z jablečného vína (cider)
- obilné octy sladové (Velká Británie); jde o produkt vzniklý bakteriální oxidací etanolu v prokvašené sladové zápaře
- lihové octy (ČR, Polsko, Německo, Rusko)
- rýžové octy (Japonsko); vyrábějí se ze zcukřeného škrobu rýže [28].

5 POUŽITÍ ETANOLU V KOSMETICKÉM PRŮMYSLU

V kosmetickém průmyslu se používá výhradně etanol kvasný, získaný kvašením cukrů. Významný je jeho účinek extrakční a konzervační. Lihové extrakty jsou součástí emulzních přípravků, krémů, čistících mlék a gelů a čistících pleťových vod. Ve směsi s přírodními látkami podporuje líh vstřebávání těchto látek organismem, a tím zvyšuje jejich účinek.

Extrakty jsou vyráběny ve skleněných a nerezových aparátech macerací, perkolací a digestací. Lihovitost se pohybuje v rozmezí 20 – 80% a obsah sušiny činí 1,5 – 11,5%. Tyto údaje jsou důležité pro stanovení žádoucí účinné koncentrace extraktu.

V pleťových vodách podporuje etanol čistící vlastnosti přípravku. Přísada alkoholu snižuje povrchové napětí mezi vodou a kůží, napomáhá lepší smáčivosti kožního povrchu, zvyšuje rozpustnost tukových nečistot a má mírně adstringentní účinek. Podíl alkoholu v pleťových vodách je cca 7%. Obliba používání alkoholových pleťových vod však klesá vzhledem k nežádoucímu vysoušení kůže.

Vyšší lihovitost se používá k účinnějšímu prokrvení a prohřátí u lihových masážních prostředků (např. Francovka). Zvýšenému vysoušení pokožky se zabráňuje přidáním glycerolu, který zároveň zlepšuje skluz. V masážních prostředcích je využívána kombinace účinků alkoholu na prokrvení a účinných látek obsažených v použitých přísadách, například rostlinných drogách. Alkohol zároveň zlepšuje průnik a vstřebávání těchto účinných látek [13].

Etanol se dále využívá při výrobě ústních vod, kolínských vod, parfémů a přípravků vlasové kosmetiky.



Obr. 5 Liftingové ampule s obsahem alkoholu

6 POUŽITÍ ETANOLU VE FARMACEUTICKÉM PRŮMYSLU

Lih používaný ve farmaceutické praxi musí z hlediska kvality odpovídat českému lékopisu (ČL 2002). Lékopis uvádí 5 typů etanolu používaných ve farmaceutickém průmyslu, které jsou označeny následovně 60%-ní (obsahuje 58,5 – 61,5% etanolu), 85%-ní (obsahuje 83,5 až 86,5% etanolu), 96%-ní (s obsahem 95,1 – 96,9% etanolu), bezvodý a denaturovaný 1,0 až 1,2 % benzínu. Při předepisování lihu 96% je lékař povinen vyznačit na předpisu vždy jeho koncentraci. V případě předpisu na tzv. spiritus (lék) bez udání koncentrace v procentech se vydává lih 60% a vydaná koncentrace se vyznačí na předpisu. K přípravě léčivých lihů je nutno, není-li předepsáno jinak, použít lihu 60% s výjimkou předpisů, kdy je zapotřebí lihu koncentrovanějšího.

Mezi léčivé lihy patří např. kafrový lih, což je 10% lihový roztok kafru nebo lih s draselným mýdlem, který musí obsahovat nejméně 32,6% mastných kyselin. Kromě toho se lih farmaceuticky využívá zvláště pro výrobu tinktur a extraktů. Extrakty se používají suché (lih nebo voda) a tekuté (lih, voda, glycerol atd.) [13,31].

6.1 Tinkтуры

Jedná se o lihové výluhy z rostlinných a živočišných drog nebo o lihové roztoky suchých extraktů. U některých přípravků může být výchozí droga předem upravena, například inaktivací enzymů, rozdrobněním nebo odtučněním. Tinkтуры se připravují rozpouštěním, macerací, perkolací nebo vířivou extrakcí drog na předepsanou koncentraci, předepsanými vyluhovadly nebo rozpouštědly. Příklady jsou uvedeny v tabulce 2 [31].

Tab. 2 Příklady složení farmaceutických tinktur [31]

Název tinktury	Složení
Hořká	etanolový výluh z rostlinných drog obsahující hořčiny
Šalvějová	tinktura z listů šalvěje lékařské
Nátržníková	tinktura z drogy Tormentillae rhizoma
Kozlíková	etanolový výluh z kozlíkového kořene

6.2 Alkoholové extrakty

Kromě biologických účinků má etanol také vynikající rozpouštěcí schopnosti. A kromě vody se mísí s řadou organických rozpouštědel. Vůně a chuť alkoholu není pronikavá a jeho toxicita je relativně nízká. Tyto vlastnosti umožňují rozsáhlé použití etanolu k extrakcím organických látek z nejrozmanitějších materiálů, především však rostlinného původu. Lze říci, že etanol je dnes nejpoužívanějším organickým rozpouštědlem při výrobě extraktů pro farmaceutický průmysl. Extrakty jsou koncentrované, tekuté, tuhé nebo polotuhé přípravky připravované z usušených rostlinných nebo živočišných drog.

Naředěním alkoholu vhodným množstvím vody lze získat škálu rozpouštědel, z nichž každé vyluhuje z extrahovaného materiálu určitý komplex organických látek, odlišný od komplexů vyextrahovaných lihovou směsí s jiným obsahem alkoholu. To umožňuje připravit z jedné drogy extrakty různého složení následně odlišných biologických účinků. Navíc lze koncentrací alkoholu v lihovodné extrakční kapalině výrazně ovlivnit jak polaritu extraktů, tak i jeho použitelnost ve finálním výrobku [13].

6.2.1 Druhy extraktů

Extrakty z přírodních surovin působí příznivě na pokožku a mnohé z nich mají hojivé a dezinfekční účinky.

Extrakt z květu bezu černého – má značné stimulační a posilující účinky. Používá se do koupelových přísad a do přípravků proti akné. Známé jsou také jeho čistící a protikřečové účinky, které lze využít v masážních přípravcích a toaletních vodách. Má charakteristiky výraznou chuť a vůni. Používá se rovněž do některých aromat i kosmetických přípravků.

Extrakt z heřmánku – vyniká uklidňujícími, hojivými a čistícími účinky na pokožku. Používá se do krémů, pleťových mlék a vod, vlasové kosmetiky mýdel a koupelových přísad.

Extrakt z jehličí – obsahuje extrahovanou sušinu z jehličí borovice a smrku. Tyto látky mají osvěžující, prokrvující, dezodorační a dezinfekční účinky. Používá se v koupelových a masážních přípravcích.

Extrakt z kaštanu – zlepšuje tonus a prokrvení pokožky. Uplatňuje se v koupelových přísadách.

Extrakt z kopřiv – obsahuje látky příznivě působící na pokožku. Použití v přípravcích vlasové kosmetiky a koupelových přísadách [13].

6.3 Alkohol jako dezinfekční prostředek

Etanol je látka s antimikrobní aktivitou, která je účinná proti bakteriím, včetně mykobakterií, virů a plísní. Neúčinkuje však proti sporulujícím bakteriím. Vzhledem k této skutečnosti se jej nedoporučuje používat pro sterilizaci, ale je široce používán pro desinfekci povrchů i jako antiseptická látka pro desinfekci kůže. V nižších koncentracích se používá jako konzervační látka a jako látka zesilující účinnost biocidů. Mechanismus působení alkoholu na bakterie a viry není podrobně objasněn. Obecně se předpokládá, že líh způsobuje poškození buněčné membrány a rychlou denaturaci proteinů. Poté následuje narušení buněčného metabolismu a zánik životaschopnosti buněk. Antimikrobní aktivita etanolu se výrazně snižuje pro koncentrace nižší než 50 % a je optimální při koncentracích 60 - 90%.

K běžné dezinfekci se používá 50 – 60 % obj. etanolu a provádí se například ponořením nástrojů do lihu na 15 – 30 min. Při použití lihu k dezinfekci povrchů se líh musí nechat zvolna odpařovat (předměty se dále nesmí omývat vodou). Etanol se rovněž používá k sterilizaci anatomického a chirurgického náčiní a ke konzervaci pitevního materiálu v patologických ústavech [21].

6.4 Protijed

Etanol slouží také jako protijed při požití metanolu. Po požití se metanol v lidském těle přeměňuje metabolickými procesy na kyselinu mravenčí a zejména formaldehyd, který blokuje volné aminoskupiny v bílkovinných látkách. Etanol inhibuje oxidaci metanolu, a proto je ho možné s úspěchem použít při otravách metanolem jako protijed. Oxidativní metabolismus metanolu je tím potlačen a samotný metanol se může vyloučit v nezměněné formě močí a ve vydechovaném vzduchu. Metanol poškozuje chemické látky v oční sítnici, což může vést až k oslepnutí. Vážná otrava nastává při požití cca 5 – 10 ml, smrt pak při cca 30 ml. Otrava může vzniknout také vdechováním par, kdy se projevuje silný dráždivý účinek, bolesti hlavy a třas. K nevratnému poškození zrakového nervu dochází jen při vysokých koncentracích par.

Jako protijed je etanol podáván intravenózně ve formě 10% roztoku v 5% dextrose [30].

7 VYUŽITÍ ETANOLU V CHEMICKÉM PRŮMYSLU

Etanol je v chemickém průmyslu nejvíce využíván k výrobě dalších chemikálií. Vlastnosti etanolu se dále využívají jako rozpouštědla při výrobě laků, politur a glazur. Je možné ho použít také při výrobě transparentních mýdel, svíček nebo teploměrů. Etanol se také uplatňuje v čistících prostředcích.

7.1 Rozpouštědlo

Etanol se používá jako organické rozpouštědlo při výrobě laků, politur a glazur. Lihové laky, politury a glazury jsou roztoky přírodních nebo umělých pryskyřic, pigmentů, šelaku apod. rozpuštěné v lihu o koncentraci 95 – 96 % obj. nebo v bezvodém lihu. Rozpuštění se provádí v rychloběžné míchačce při laboratorní teplotě. Politury se používají jako ochranný nátěr postříbřených zrcadel, vánočních ozdob a lahví do termosek [21].

7.2 Mýdla

S přídavkem lihu se vyrábí transparentní mýdla. Etanol se přidává do tukové násady ve formě lihového roztoku hydroxidu sodného během míchání, kde působí jako dispergační činidlo pro koloidní částice mýdla.

7.3 Svíčky

Etanol se také používá při výrobě svíček. Do svíčkové hmoty se přidává před litím hotového výrobku líh o obsahu 96 % obj. etanolu. Svíčky mají potom mléčný vzhled a nežloutnou.

7.4 Teploměry

Díky nízkému bodu tuhnutí -112 °C etanolu proti rtuti (-39 °C) se používá lihová náplň do teploměrů. Lihová náplň se v zájmu přesného odčítání barví modře (solemi mědi v amoniaku) a červeně (organickými barvivy).

7.5 Bioetanol jako palivo

Etanol se dá použít jako hodnotné ekologické palivo pro spalovací motory. Má antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru. Tento nedostatek lze odstranit přidáním aditiv antikoročních přípravků.

Bioetanol je etanol vyrobený technologií alkoholového kvašení z biomasy - obvykle z rostlin obsahujících větší množství škrobu a sacharidů. Vedle rostlin obsahujících škrob, jako jsou kukuřice, obilí a brambory, jsou nejčastěji používanou surovinou cukrová třtina a cukrová řepa. Zatímco rostliny obsahující cukr se fermentují přímo, musí se u rostlin s obsahem škrobu škrob nejprve enzymaticky přeměnit na cukr. Vyrobený bioetanol se může přímo používat ve spalovacích motorech jako pohonná hmota. Ale v praxi se čistý etanol nepoužívá, ale obvykle se v množstvích 5 % až 10 % přimíchává do konvenčních minerálních paliv. Pomocí etanolu se zvyšuje oktanové číslo a snižuje se množství emisí CO₂.

Nejvíce je bioetanol rozšířený v Brazílii, dále ve Skandinávii. Bioetanol vyrobený z kukuřice se rovněž používá jako aditivum do většiny automobilových benzínů v USA [24].

8 ÚČINKY ETANOLU NA LIDKÝ ORGANISMUS

8.1 Účinek etanolu v organismu

Po požití alkoholického nápoje proniká část etanolu rychle do krve sliznicemi a další část pak zažívacím traktem. Asi 20% je vstřebáno v žaludku, zbytek v dvanáctníku a v horní části tenkého střeva. Molekuly etanolu jsou malé, ve vodě dobře rozpustné, a proto procházejí buněčnými membránami téměř tak snadno jako voda. To znamená, že přechod etanolu z trávicího traktu do krevního oběhu se děje jednoduchou difúzí. Přechod etanolu do krve je mnohem rychlejší než jeho oxidace v organismu. Etanol, který organismus nestačil zoxidovat, se dostává do malého a velkého krevního oběhu a do jednotlivých orgánů a tkání.

Z biochemického pohledu je etanol nejdříve oxidován enzymem alkoholdehydrogenázou (ADH) na acetaldehyd a ten dále acetaldehyddehydrogenázou na acetát. Acetát je aerobně odbouráván univerzálním biochemickým mechanismem, citátovým (Krebsovým) cyklem na oxid uhličitý a vodu [25].

Odbourávání etanolu alkoholdehydrogenasou probíhá rychlostí cca 0,12 - 0,15 ‰ etanolu za hodinu. Při oxidaci alkoholu tímto způsobem vzniká nadměrné množství NAD^+ , který buňka nestačí zpracovat. Proto dochází ke zvýšené redukci pyruvátu na laktát. Tato situace se vyvíjí poměrně rychle a může vést ke komatu. Alkoholhydrogenasa není u žen tak účinná jako u mužů, a proto se ženy opijí menším množstvím alkoholu [26].

Přibližně 5 – 10 % alkoholu se vylučuje v nezměněné formě, 4 – 7% dechem, 1 – 3% močí. Vylučování alkoholu močí a dechem je úměrné jeho hladině v krvi. Zbytek alkoholu je přeměněn v rámci metabolismu organismu.

8.2 Stanovení etanolu v krvi

V současné době se ke stanovení alkoholu v krvi stále častěji používají enzymatické metody. Etanol se za pomoci této metody oxiduje enzymem alkoholdehydrogenázou, jejíž aktivita je cca 8000 IU/ml na acetaldehyd, přičemž se NAD redukuje na NADH, který se měří fotometricky při vlnové délce 340 nm. Ke stanovení je zapotřebí asi 0,5 ml krve, která se deproteinuje kyselinou sírovou [13].

Hladina etanolu v krvi závisí na množství požití látky, tělesné hmotnosti, rychlosti absorpce a rychlosti detoxikace. Eliminace alkoholu v organismu probíhá zhruba kinetikou nultého řádu, rychlostí 7,5 g/hod [5].

U člověka, který nikdy nepožil alkohol, činí hladina etanolu v krvi 0,003 g.kg⁻¹. Průměrná normální fyziologická hladina alkoholu v krvi u každého člověka se pohybuje v rozmezí 0,03 - 0,05 g.kg⁻¹. Vliv koncentrace alkoholu v krvi s jeho projevy na člověka jsou blíže popsány v tabulce 4 [14].

Informativně lze pro výpočet hladiny etanolu v krvi a naopak pro zjištění množství vypitého alkoholu při známé hladině použít jednoduchého vzorce:

$$\text{Promile etanolu v krvi} = \text{požitý alkohol v gramech} / \text{tělesná váha v kg} \times 0,6 \text{ kg}$$

Tab. 3 Vliv koncentrace alkoholu v krvi na člověka

Množství alkoholu v krvi (‰)	Projevy
do 0,20	normální fyziologický stav
0,21 – 0,30	zvýšená fyziologická hladina
0,31 – 0,49	člověk požil alkoholický nápoj, ale je pitím prakticky neovlivněn
0,50 – 0,99	podnapilost
1,00 – 1,49	mírná opilost – mírné snížení soudnosti, pozornosti, zvýšená sebevědomost, mnohmluvnost, prodloužená reakční doba a možnost nesprávného řešení situace v silniční dopravě i mimo ni
1,50 – 1,99	střední opilost – poruchy koordinace, snížená pozornost, zpomalení reakcí na mozkové podněty
2,00 – 2,99	těžká opilost – blábolivá řeč, psychické poruchy, negativní ovlivnění tělesných pohybů až neschopnost samostatné chůze
3,00 – 3,99	otrava alkoholem – obluzení a narkóza
4,00 a více	smrtelná otrava alkoholem

8.3 Působení etanolu na lidský organismus

Alkohol je měkká droga, která působí na centrální nervovou soustavu. Její zrádnost spočívá v pozvolné tvorbě návyku. Statistiky ukazují, že vznik závislosti trvá 10 – 15 let. Vznikem návyku bývá často ohrožen ten, kdo alkohol dobře snáší.

Závislost na alkoholu můžeme popsat do čtyř stádií:

1. Stadium počáteční - alkohol je používán jako droga pro dosažení dobré nálady. Člověk se neopíjí, konzumuje jen tolik alkoholu, kolik potřebuje k podnapilosti.
2. Stadium prodromální - u člověka dochází k občasné opilosti, která má za následek výpadky paměti.
3. Stadium rozhodné - konzument se stává na alkoholu závislým. Tolerance organismu vůči množství alkoholu v krvi je pořád dobrá, ale začínají se objevovat poruchy paměti.
4. Stadium konečné - tolerance organismu se snižuje, k opilosti stačí dokonce velmi malé množství. Hladina alkoholu v krvi obvykle neklesne na nulu několik dní.

Negativní účinky alkoholu na lidské zdraví jsou mnohostranné. Jsou podmíněny množstvím vypitého alkoholu, jeho pravidelností a dobou pití, stejně jako věkem konzumenta, pohlavím a individuální predispozicí k alkoholickému poškození.

8.3.1 Poškození somatického zdraví

Nadměrné pití alkoholických nápojů může vést k poškození somatického zdraví a to zejména:

- poškození centrálního nervového systému (nevratné ničení neuronů, demence aj.)
- poškození ledvin
- poškození spermatogeneze
- alkoholický syndrom
- srdeční alkoholická arytmie, hypertenze aj.
- fetální alkoholický syndrom (poškození plodu v těle matky)
- poškození gastrointestinálního traktu (rakovina ústní dutiny, jícnu, žaludku, pankreatitida, rakovina tlustého střeva a konečníku a rakovina prsu u žen, poškození jater aj.)

8.3.2 Poškození psychického zdraví

Dlouhodobý a nadměrný přísun alkoholu se může negativně projevit na psychice lidí a to především vznikem alkoholických psychóz, ke kterým patří např.: delirium tremens, alkoholická halucinace, alkoholická paranoidní psychóza, Korsakova psychóza nebo alkoholická demence.

Nebezpečné jsou i jednorázové intoxikace, mezi které můžeme zařadit psychotické stavy a patickou opilost.

8.3.3 Alkoholismus

Alkoholismus patří mezi nejzávažnější a nejrozšířenější formy závislosti. Tato závislost vzniká při dlouhodobém užívání alkoholických nápojů. Podle vztahu lidí k pití alkoholických nápojů se rozlišují čtyři skupiny osob:

1. Abstinenti – nepijí za žádných okolností alkoholické nápoje.
2. Konzumenti – pijí alkoholické nápoje jen proto, aby dostali do těla určité množství tekutiny, kterou mají rádi a jsou na ni zvyklí (např. pivo k obědu).
3. Pijáci – pijí alkoholické nápoje proto, že je v nich alkohol obsažen. Nápoj je pro ně zdrojem tekutiny s určitou chutí, kterou mají rádi.
4. Alkoholici – jsou na alkoholu závislí. Alkoholické nápoje se pro ně staly drogou.

8.3.4 Otrava alkoholem

Důvodem akutní otravy alkoholem bývá nejčastěji vypití velkého množství alkoholu. Avšak různé léky, např. antibiotika mají schopnost účinky alkoholu zvýšit natolik, že už při požití malých dávek alkoholu dochází k intoxikaci. V první fázi otravy nemusí být zjevné příznaky opilosti. V dalším stadiu ztrácí konzument sebekontrolu, nastává u něj zvýšená agresivita nebo plačtivost. Snižuje se reflexní pohotovost. V třetím stadiu vrávorá, už není schopen chůze, často zvrací a upadá do spánku. V posledním stadiu hluboký spánek přechází v koma. Smrt nastává udušením.

Terapie akutní otravy je nutná ve 3. a 4. stadiu. U otráveného je nutný klid na lůžku, teplo, péče o dech a krevní oběh. Nadměrný neklid lze utlumit neuroleptiky.

8.4 Pozitivní působení etanolu na lidský organismus

V malých množstvích působí etanol na lidské zdraví příznivě. Udává se, že jeho účinek je trojího typu: antiaterogenní, antitrombotický a sociálně psychologický.

8.4.1 Antiaterogenní účinek

Antiaterogenní účinek se projevuje v prevenci ischemické choroby srdeční a jiných forem aterosklerózy, respektive oddálením této choroby nebo jejím zpomalením při určité intenzitě pravidelného pití. Ochranný vliv alkoholu na cévy spočívá ve zvýšeném podílu cholesterolu ve vysokodenzitních lipoproteinech (HDL), který alkohol vyvolává a který vede k rychlejšímu katabolismu cholesterolu v játrech a k jeho rychlejšímu vylučování z těla. Jedná se o jednoznačně prokázaný efekt etanolu, přesto jej ale nelze paušálně jako preventivní prostředek doporučovat [13].

8.4.2 Antitrombotický účinek

Alkohol výrazně omezuje tvorbu trombů a shlukování krevních destiček.

8.4.3 Psychotropní vliv na lidský organismus

Etanol tlumí centrální nervový systém. Způsobuje celkový útlum činnosti od mozkové kůry přes podkorová centra, mozeček až po centra vitálních funkcí, uložená v prodloužené míše. Požití alkoholických nápojů v malém množství vyvolává pocit uspokojení, veselosti, snižuje úzkost a napětí. Alkohol také podporuje psychické uvolnění, pomáhá odstraňovat stres, potlačuje problémy, podporuje komunikaci a odstraňuje sexuální zábrany.

O pozitivních účincích etanolu lze hovořit při požívání maximální bezpečné doporučené dávky, která se odhaduje na 20 g/den pro ženy a 30 g/den pro muže. 20 g etanolu odpovídá asi 1 pivo, 2 dl vína nebo 5 cl 40% lihoviny [25].

8.4.4 Zdroj energie

Pravidelnou konzumací alkoholu se uskutečňuje stálý přísun energie, která je z velké části (až 80%) využívána k tvorbě ATP a dále k intenzivní termogenezi a rovněž k syntéze lipidů, jako jsou mastné kyseliny, triacylglyceroly a cholesterol [13].

Etanol obsahuje energii (30 kJ/g), která je rychle k dispozici. Odhaduje se, že v průměru 10 až 20 % přijímané energie pochází u dospělých lidí z alkoholu. Malá množství alkoholu zvyšují produkci žaludečních šťáv, a tím podporují chuť k jídlu. Při větším pití dochází

k podráždění žaludku a chuť se snižuje. Alkohol má tlumivé účinky na sekreci antidiuretického hormonu, čímž se zvyšuje produkce moči [25].

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat přehledný dokument o etanolu, jeho vlastnostech, možnostech výroby a především o jeho použití v potravinářském průmyslu, kosmetice, farmacii i v jiných průmyslových odvětvích. Část práce je rovněž věnována působení etanolu na lidský organismus.

Etanol doprovází dějiny lidské společnosti od dávnověku. Setkáváme se s ním denně bez ohledu na to, jestli se řadíme mezi konzumenty alkoholických nápojů nebo mezi abstinenty. V potravinářském průmyslu je hlavně využíván při výrobě lihovin, dále při výrobě aromat, tinktur a extraktů pro potravinářské výrobky. Etanol má také nezastupitelnou roli při výrobě kyseliny octové, která se vyrábí jeho biologickou oxidací. Ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu je na etanolu závislá výroba léčiv, tinktur, různých extraktů, parfémů, kolínských vod, krémů a pleťových vod. Je také výborným desinfekčním prostředkem. Etanol je látkou využívanou rovněž pro technické účely. Vzhledem k nízkému bodu tuhnutí se využívá pro výrobu nemrznoucích směsí a je také využíván pro výrobu pohonných hmot. V chemickém průmyslu je etanol využíván především jako rozpouštědlo.

Protože je etanol součástí alkoholických nápojů, jejichž konzumace je u dospělé populace velmi oblíbená, je poslední část práce věnována působení etanolu na lidský organismus. V práci je popsán jak pozitivní, tak negativní vliv etanolu.

Shrnutí faktů o etanolu předložených v této bakalářské práci ukazuje, že etanol je přirozenou součástí lidského života. Denně se s ním a s výrobky, které jsou z něj vyráběny setkáváme.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] anonym [cit. 2009-02-03]. Dostupný z
WWW:<<http://www.andrea-chemik-kalvicova.wz.cz/organika>
- [2] anonym [cit. 2009-02-03]. Dostupný z
WWW:<<http://www.destillo.cz/michane-napoje/zpravy/historie-alkoholu-iii-islamsky-svet-a-amerika>
- [3] Dyr Josef, Dyr Jan E., Rychtera M., Melzoch K. Výroba slivovice a jiných pálenek, 4. vydání, MAXDORF, Praha 1997, ISBN 80-85800-80-2
- [5] Encyklopedie Wikipedia [cit. 2009-02-03]. Dostupný z
WWW:<<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/128323-etanol>
- [6] anonym [cit. 2009-02-03]. Dostupný z
WWW:<http://www.fp.tul.cz/kch/texty/fakulta_strojni
- [7] Hampl B. a kol. Přehled potravinářského a kvasného průmyslu, 1. vydání, SNTL, Praha 1962, ISBN 04-817-62
- [8] Rychtera M., Uher J., Páca J. Lihovarství, droždářství a vinařství I. část, 1. vydání, SNTL, Praha 1987
- [9] Rychtera M., Uher J., Páca J. Lihovarství, droždářství a vinařství II. část, 1. vydání, SNTL, Praha 1987
- [10] Bín J. Malá encyklopedie chemie, 1. vydání, SNTL, Praha 1976, ISBN 04-619-76
- [11] Grégr V., Uher J. Výroba lihovin, 2. vydání, SNTL, Praha 1974, ISBN 04-815-74
- [12] Trnka R. Vína, likéry a destiláty, 1. vydání, Grada Publishing, Praha 2001, ISBN 80-247-9003-3
- [13] Jenč F. Alkohol jako lék, 1. vydání, Volvox Globator, Praha 1998, ISBN 80-7207-151-3
- [14] anonym [cit. 2009-03-12]. Dostupný z
WWW:<<http://www.zajimavosti-pivo.estranky.cz/stranka/alkohol-vseobecne>
- [15] anonym [cit. 2009-03-12]. Dostupný z
WWW:<<http://www.drobkysveta.estranky.cz/clanky/chemie/etanol>
- [16] Zákon č. 61/1997 Sb. o lihu a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb. o živnostenském podnikání

- [17] Mottl J., Nápoje (výroba, ošetřování, podávání), 1. vydání, Grada Publishing, Praha 1996, ISBN 80-7169-326-X
- [18] Encyklopedie Wikipedia [cit. 2009-02-03]. Dostupný z
WWW:<<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/135862-kyselina-octova>
- [19] anonym [cit. 2009-02-06]. Dostupný z
WWW:<<http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/vinarstvi.pdf>
- [20] Pelikán M., Dudáš F., Míša D., Technologie kvasného průmyslu, 2. vydání, MZLU, Brno 2002, ISBN 80-7157-578-X
- [21] Sigmund R., Základy kontroly výroby a oběhu lihu, 1. Vydání, ČAZ-VÚPP, Praha 1970, ISBN DT 993.52.012
- [22] Lazarev N. V., Chemické jedy v průmyslu, Díl 1. - Organické látky, Státní zdravotnické nakladatelství, Praha 1959, ISBN 301 08/31-49846/56/-D-1071a-5%
- [23] anonym [cit. 2009-04-06]. Dostupný z
WWW:<<http://www.aromka.cz/vyrobky/?c=aromata>
- [24] anonym [cit. 2009-04-06]. Dostupný z
WWW:<<http://www.dvorek.eu/article.do?articleId=4456>
- [25] Pischl J., Vyrábíme ušlechtilé destiláty, 1. vydání, naklad. a vydav. Ivo Železný, Praha 1997, ISBN 80-237-3441-5
- [26] anonym [cit. 2009-04-06]. Dostupný z
WWW:<http://ksicht.iglu.cz/serial.php?id_serie=6
- [27] anonym [cit. 2009-04-06]. Dostupný z
WWW:<http://www.alkoholik.cz/psychozy_a_deliria_v_alkoholismu.htm
- [28] anonym [cit. 2009-04-28]. Dostupný z
<http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/tradtech.pdf>
- [29] Encyklopedie Wikipedia [cit. 2009-29-04]. Dostupný z
<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/537003-delirium-tremens>
- [30] Horák J., Linhart I., Klusoň P., Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky, 1. vydání, VŠCHT Praha, Praha 2004, ISBN 80-7080-548-X
- [31] Český lékopis 2002 (ČL 2002), Grada Publishing, Praha 2003

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADH	alkoholdehydrogenáza
ATP	adenosintrifosfát
°Bg	stupně Ballinga (měření cukernatosti)
ČL	Český lékopis
HDL	(high density lipoproteins) frakce cholesterolu
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADH	hydrogenovaný nikotinamidadenindinukleotid

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Model molekuly etanolu.....	11
Obrázek 2 Kvasinky <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	18
Obrázek 3 Rafinace surového lihu.....	21
Obrázek 4 Láhev etanolu 96 % obj.....	24
Obrázek 5 Liftingové ampule s obsahem alkoholu.....	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Fyzikální vlastnosti etanolu.....	12
Tabulka 2 Příklady složení farmaceutických tinktur.....	31
Tabulka 3 Vliv koncentrace alkoholu v krvi na člověka.....	37