

1. ÚVOD

Alkoholické nápoje se vyznačují svým různým obsahem ethanolu, který vzniká kvašením sacharidů. Nejnižší obsah však musí být 0,5 objemových %. Pod touto hranicí se již o alkoholický nápoj nejedná. Činností kvasinek vznikají i další látky, jako jsou vyšší alkoholy, aldehydy, acetyly a estery organických kyselin. Tyto látky při vyšším obsahu v alkoholickém nápoji mají negativní vliv na organismus člověka, na chuť a aroma nápoje. První zmínka o alkoholovém kvašení pochází z Mezopotámie z doby asi 4200 př. n. l. Technika destilace se postupně vyvíjela a do Evropy přišla až v 11-12. století našeho letopočtu. V Čechách první lihovary vznikaly v 16. století. V současnosti je konzumace alkoholu mezi lidmi oblíbená. Ke stanovení obsahu alkoholu ať už v těle nebo v nápojích se využívají různé metody. Nejčastěji je to plynová chromatografie. [1]

2. ALKOHOL

2.1 Znění vyhlášky č.335/1997 Sb.

Alkoholické nápoje ošetřuje vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 335/1997 Sb. ze dne 12. prosince 1997, kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína a medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny a ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí.

Tato vyhláška definuje *alkoholické nápoje* jako nápoje obsahující více než 1,2 objemových % ethanolu, kromě piva, vína a částečně prokvašeného hroznového moštu, tak zvaného burčáku. Dále definuje *lihoviny* jako alkoholické nápoje obsahující nejméně 15 objemových % ethanolu s výjimkou vína, piva a nápojů na bázi piva. U vaječného likéru se připouští minimální obsah ethanolu 14 objemových %.

Destiláty jsou alkoholické nápoje, jejichž ethanol pochází buď ze zkvašené tekutiny nebo zápary, vyrobené z cukerné nebo zcukřené polysacharidické suroviny, a nebo z vydestilovaného částečně zkvašeného nebo nezkvašeného macerátu suroviny v lihu, lihovině nebo destilátu. Chuť a zbarvení tohoto destilátu musí pocházet převážně ze zpracovaných surovin.

Pivem se rozumí pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových produktů, který vedle kvasným procesem vzniklého alkoholu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu. U piv ochucených může být obsah alkoholu zvýšen přidávkem lihovin nebo ostatních alkoholických nápojů.

Ovocným vínem se rozumí nápoj vyrobený alkoholovým kvašením šťávy z ovoce, s výjimkou hroznů révy vinné, kterou je možné před kvašením upravit přidávkem vody a cukru.

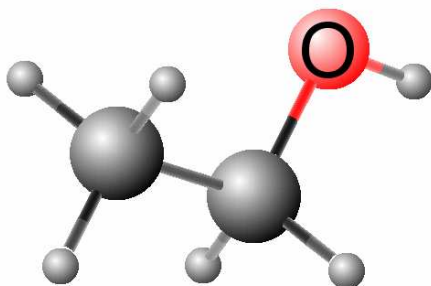
Alkoholické nápoje se sníženým obsahem alkoholu jsou nápoje obsahující více než 0,5 objemových % ethanolu a nejvýše 1,2 objemových % ethanolu.

Nápoje s obsahem alkoholu pod 0,5 objemových % ethanolu jsou *nápoje nealkoholické*, vyrobené z pitné vody, pramenité vody, přírodní minerální vody nebo kojenecké vody, ovocných, zeleninových, rostlinných nebo živočišných surovin, přírodních nebo náhradních sladidel, medu a dalších látek, a popřípadě sycené oxidem uhličitým. [2]

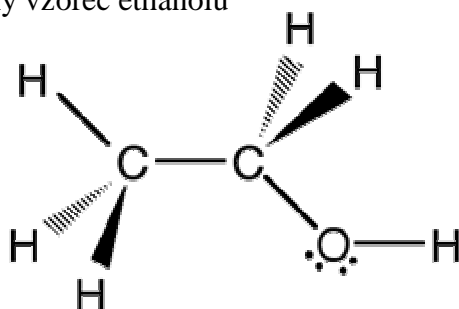
2.2 Ethanol

Ethanol (nebo-li ethylalkohol, alkohol, líh) je bezbarvá kapalina patřící mezi nižší alkoholy. Je snadno zápalný, patří mezi hořlaviny I. třídy. Ethanol vře za normálního tlaku 101,3 kPa při 78,31 °C a taje při -114,6 °C. Molekula ethanolu je polární, proto se neomezeně mísí s polárními rozpouštědly (například s vodou), v nepolárních rozpouštědlech se velice špatně rozpouští. Obrázky 1 a 2 znázorňují vzorce ethanolu. [1]

Obr. 1: Prostorový model molekuly ethanolu



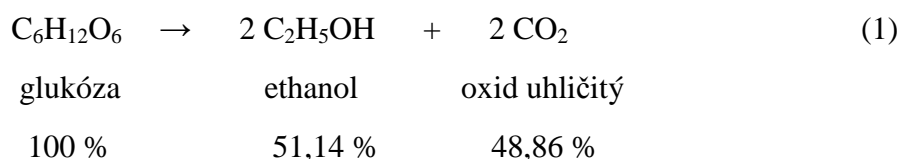
Obr. 2: Geometrický vzorec ethanolu



Ethanol se používá nejen na výrobu alkoholických nápojů, ale i jako palivo, ve farmaceutickém průmyslu k desinfekci, v kosmetickém průmyslu při výrobě parfémů a v neposlední řadě i v chemickém průmyslu jako surovina při výrobě dalších organických sloučenin, například kyseliny octové, diethyleteru nebo octanu ethylnatého. [1]

3. VÝROBA ETHANOLU

Ethanol pro přípravu alkoholických nápojů se vyrábí kvasným anaerobním způsobem, čili mikrobiologickou cestou. Jde o lihové (alkoholové) kvašení, kdy ethanol je produktem metabolismu kvasinek, nejčastěji kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* Hansen. Začátkem 19. století francouzský vědec Gay-Lussac vyjádřil tvorbu ethanolu podle rovnice (1). [1]



Z rovnice (1) teoreticky vyplývá, že lihovým kvašením ze 100 g glukózy vznikne 51,14 g ethanolu a 48,86 g oxidu uhličitého. Ovšem v praxi ještě vzniká asi 6 % vedlejších produktů, a to vyšší alifatické alkoholy (tak zvané přiboudliny), glycerol, acetoin, 2,3-butylenglykol, aldehydy, ketony a těkavé i netěkavé kyseliny. Tyto produkty jsou při výrobě alkoholu vesměs nežádoucí. [3]

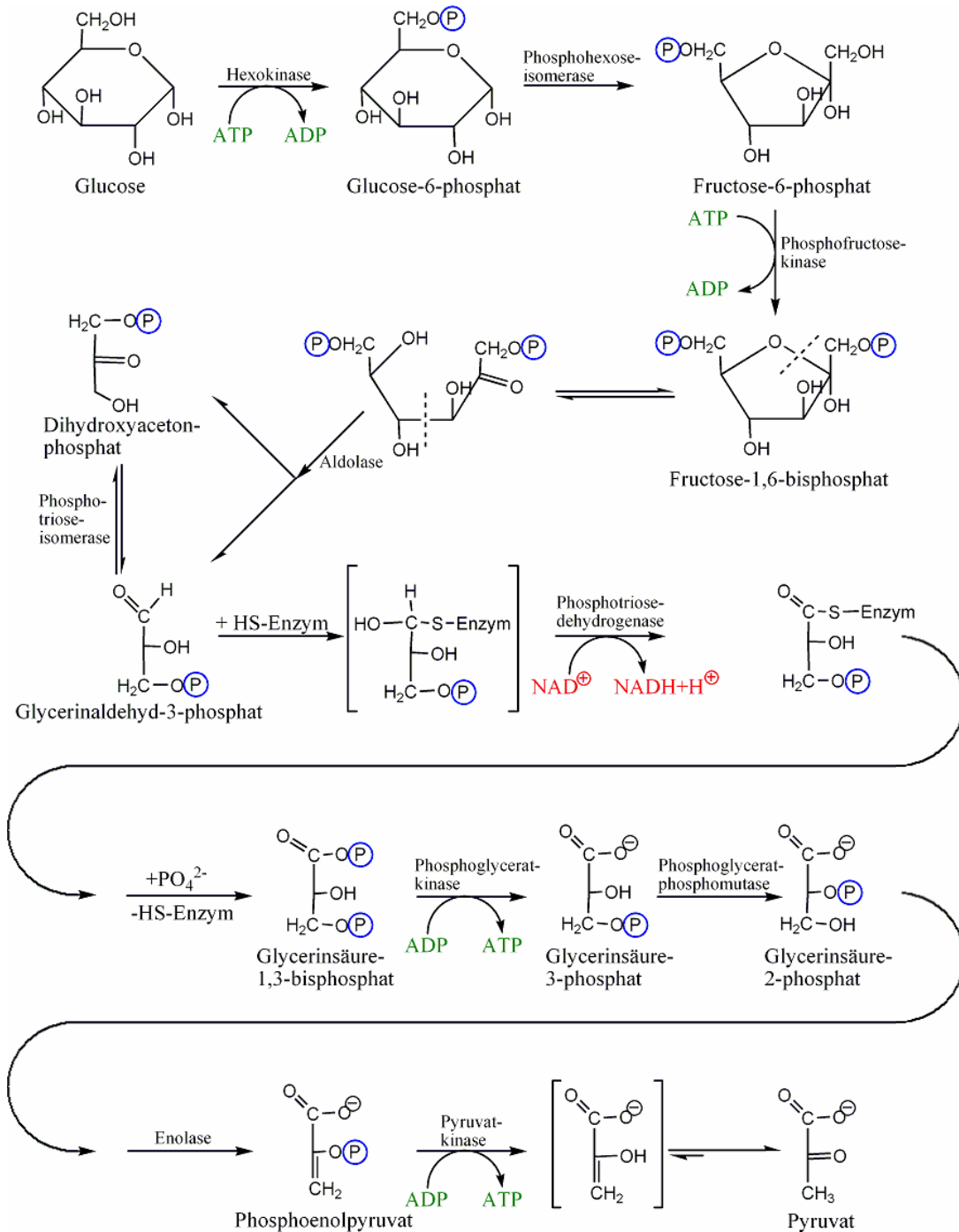
Konzumní líc se vyrábí alkoholovým kvašením cukernatých nebo škrobnatých surovin nižší jakosti. Příkladem cukernaté suroviny je řepná melasa. Škrobnaté suroviny, jako jsou brambory, se propaří vodou za vzniku zápary, škroby se začnou měnit na cukry jednoduché a ty následně začnou kvasit. [1]

Vznikající líc se z prokvašené zápary odděluje destilací společně s vodou a další řadou látek. Získáme surový líc s obsahem 85-95 objemových % ethanolu, který se rafinuje. Rafinace se provádí opakovanou destilací, tak zvanou rektifikací. Tím se surový líc zbaví nežádoucích příměsí a vzniká líc kvasný rafinovaný jemný o obsahu 96 % ethylalkoholu a velejemný o obsahu 96,2 % ethylalkoholu s neutrální chutí a vůní, při smíchání s vodou se nekalí. [1]

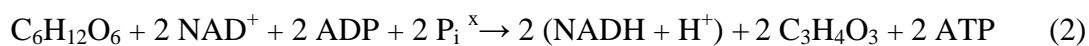
3.1 Mechanismus alkoholového kvašení

Glukóza potřebná pro výrobu ethanolu se přemění na pyruvát pochodem zvaným glykolýza. Schéma glykolýzy je zobrazeno na obrázku 3. [4]

Obr. 3: Schéma glykolýzy [4]



Glykolýza je metabolická dráha sacharidů probíhající za anaerobních podmínek v cytosolu buněk, při které se jedna molekula glukózy přemění na dvě molekuly pyruvátu za výtěžku dvou molekul ATP a dvou molekul NADH. Souhrnná rovnice glykolýzy je uvedena v rovnici (2). [4]



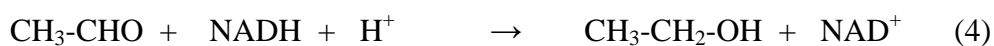
^x volný fosfát

Vzniklý pyruvát je dekarboxylován na acetaldehyd, který je následně redukován na ethanol. Jedná se o Embden-Mayerhof-Parnasovo schéma, které je uvedeno v rovnici (3) a (4). [5] Na obrázku 4 je schéma glykolýzy s následnou fermentací ethanolu. [4]



pyruvát

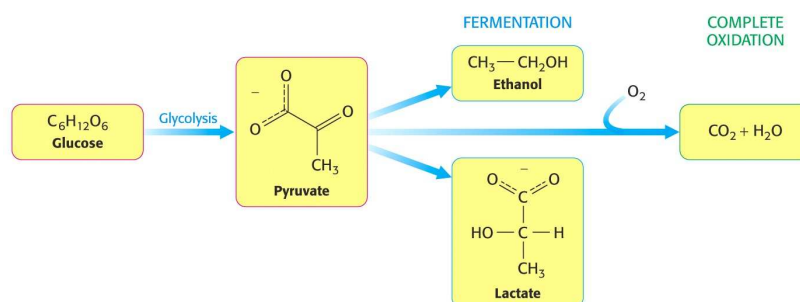
acetaldehyd



acetaldehyd

ethanol

Obr. 4: Schéma glykolýzy a fermentace ethanolu [4]



3.2 Způsob kvašení

Kvašení probíhá v uzavřených bioreaktorech (fermentorech). V dnešní době se téměř výhradně používají fermentory z nerezavějící oceli s možností regulace teploty a pH. [1]

3.2.1 Způsob s recyklací kvasinek

Tento způsob je znám jako Melle-Boinotův a je v melasovém lihovarnictví nejrozšířenější. Principem je, že kvasinky oddělené z prokvašené zápary se přenesou do zápary nové. Tímto se ušetří cukr potřebný k syntéze biomasy a také se proces zrychlí, protože se od začátku pracuje s vysokou koncentrací kvasinek. [1]

3.2.2 Kontinuální způsob

Kontinuální způsob je charakterizován nepřetržitým přítokem čerstvého a odtokem prokvašeného média z fermentoru. V dnešní době existuje mnoho variant uspořádání a konstrukce nádob, které jsou založeny na odstraňování ethanolu z bioreaktoru, aby se zvýšila rychlost kvašení a snížil inhibiční účinek. Také je výhodné první reaktor mírně vzdušnit, čímž dochází k nárůstu počtu buněk a udržuje se vysoká fermentační aktivita. Nevýhodou kontinuálních procesů je velké riziko kontaminace. [1]

3.3 Alternativní způsob kvašení

Pro výrobu ethanolu lze také použít bakterie, ale ikdyž mají své výhody, v praxi se stále používají kvasinky. Využívá se bakterie *Zymomonas mobilis*. V porovnání s kvasinkami mají bakterie rychlejší metabolismus, nižší nutriční nároky a fermentace může probíhat za vyšších teplot. Zde je důležitý meziprodukt při zpracování glukózy Etner-Doudorfovou dráhou, a to 2-keto-3-deoxy-6-fosfoglukonát (KDPG). [1]

4. DRUHY ALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ

4.1 Rozdělení alkoholických nápojů podle zákona č.110/1997 Sb.

Alkoholické nápoje se podle zákona č.110/1997 Sb. rozdělují do tří hlavních oblastí, a ty následně do druhů, skupin a podskupin. [2]

4.1.1 Vína

- Révová vína
- Ovocná vína
 - Stolní
 - Polosladká
 - Dezertní
 - Dezertní kořeněná
 - Perlivá
- Ostatní vína
 - Sladová vína
 - Bylinná vína
 - Likérová ovocná vína
- Cidr a perry
- Vinný nápoj
- Medovina

4.1.2 Piva

- Pivo
 - Lehké
 - Výčepní
 - Ležák
 - Speciální
 - Porter

- Pivo se sníženým obsahem alkoholu
- Nealkoholické pivo
- Pivo se sníženým obsahem cukru
- Pšeničné
- Kvasnicové
- Ochucené
- Nápoj na bázi piva
 - Kvašený sladový nápoj
 - Míchaný nápoj z piva

4.1.3 Ostatní alkoholické nápoje

- Konzumní líh
- Lihovina
 - Destilát
 - Vinný destilát
 - Brandy
 - Rum
 - Whisky
 - Tequila
 - Ovocný destilát
 - Kategorizovaná lihovina
 - Likér
 - Gin
 - Vodka
 - Tuzemák
 - Hořká lihovina
 - Ovocná lihovina
 - Ostatní lihovina
 - Míchaná lihovina
- Ostatní alkoholické nápoje

4.2 Rozdělení lihovin podle obsahu cukru

- neslazené: vodka, destiláty
- slazené = likéry s obsahem cukru nejméně 100 g v 1 litru lihoviny
Becherovka, Griotka
- krémy s obsahem cukru nad 250 g v 1 litru lihoviny: kávový krém, pomerančový likér
- krystalické likéry obsahující část nerozpuštěného cukru: krystalická kmínka
- emulzní lihoviny obsahující jemnou a stálou emulzi směsi žloutků, mléka, cukru a lihu (vaječný likér) nebo s přísadkou kalící složky na bázi modifikovaných dextrinů (módní řídké emulzní lihoviny) [1]

4.3 Rozdělení lihovin podle způsobu výroby

4.3.1 Lihoviny vyráběné studenou cestou = bez kvašení

Tyto lihoviny se připravují smícháním jednotlivých komponent. Základní složkou je kvasný rafinovaný líc, který se vyrábí odděleně v lihovarech. Dalšími složkami jsou cukr, ovocné šťávy a sirupy, víno, destiláty, extrakty bylin a drog, aromatické látky, voda a další. Jako příklad lze uvést vodku, Becherovku, fernet, gin a tuzemák. [1]

4.3.2 Lihoviny vyráběné kvasným pochodem, tzv. destiláty a pálenky

Ethanol vzniká přímo zkvašením sacharidických surovin použitých pro výrobu lihovin. Po zkvašení následuje destilace. Dalšími úpravami destilátu se získá konečný výrobek s charakterem podle původní zpracované suroviny. Do této skupiny se například řadí slivovice a další ovocné destiláty, whisky, rum a tequila. [1]

5. SPOTŘEBA ALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ

Z celkové spotřeby ethanolu obsaženého v alkoholických nápojích je v České republice bez pochyby na prvním místě pivo (87,5 %), následuje víno (8,6 %) a na posledním místě lihoviny (3,9 %). V tabulce 1 je uvedena spotřeba alkoholických nápojů v České republice od roku 1950 do roku 2006. [6]

Tab. 1: Spotřeba alkoholických nápojů v České republice v letech 1950-2006 [6]

		Rok					
Alkoholický nápoj	měrná jednotka	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Lihoviny ^x	litry/osoba/rok	3,5	2	4,2	6,8	7,2	8,3
Víno	litry/osoba/rok	5,8	14,2	12,6	14,1	14,8	16,1
Pivo	litry/osoba/rok	99,4	109,0	154,1	148,5	155,2	159,9
Celkem	litry/osoba/rok	108,7	125,2	170,9	169,4	177,2	184,3
		Rok					
Alkoholický nápoj	měrná jednotka	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Lihoviny ^x	litry/osoba/rok	8,2	8,3	8,4	7,6	7,8	8,0
Víno	litry/osoba/rok	16,2	16,2	16,3	16,5	16,8	17,2
Pivo	litry/osoba/rok	156,9	159,9	161,7	160,5	163,5	159,1
Celkem	litry/osoba/rok	181,3	184,4	186,4	184,6	188,1	184,3

^x jedná se o 40 % lihoviny

6. VLIV ALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ NA ORGANISMUS

6.1 Vstřebávání alkoholu

Vstřebávání alkoholu začíná už ve sliznici dutiny ústní, ale k tomu, aby se touto cestou alkohol vstřebal, je třeba držet nápoj v ústech co nejdéle. 90-95 % alkoholu je rychle a účinně vstřebáváno zažívacím traktem a je hromaděno v krvi. Zbýlých 5-10 % je vyloučeno z organismu bez metabolizace, ať už v moči, potem nebo vydechováním. [1]

Většina ethanolu je vstřebávána v tenkém střevě, ovšem část ethanolu přechází přímo z žaludku do krve a následně do mozku. Toto se odvíjí na základě přijímání potravy před požitím i během požívání alkoholu. Cukry a oxid uhličitý přítomný v sodových vodách, limonádách či šumivých vínech urychlují přechod alkoholu do krve a tím se zvyšuje koncentrace alkoholu v krvi. To platí i pro alkoholické nápoje, které lidé pijí na prázdný (lačný) žaludek. Konzumací jídla se zase přechod ethanolu do krve zpomaluje. Zrovna tak nápoje s nižším obsahem ethanolu jsou organismem přijímány pomaleji. Všeobecně platí, že maximální koncentrace ethanolu v krvi je dosažena jednu hodinu po požití alkoholických nápojů. [1]

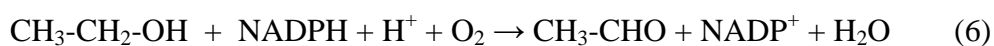
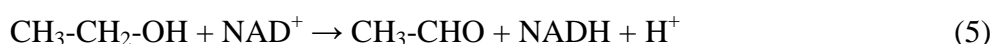
6.2 Biotransformace ethanolu

Alkohol je metabolizován v játrech jaterními enzymy. Zhruba 80 % ethanolu je oxidováno alkoholdehydrogenázou (ADH), asi 10 % působením mikrosomálního systému oxidující ethanol (MEOS). Zbýlých 10 % ethanolu je z těla vylučováno dýcháním, v moči nebo potem. [7]

Ethanol je nejdříve oxidován enzymem alkoholdehydrogenázou vazbou vodíku na nikotinamid adenin dinukleotid (NAD^+) za vzniku acetaldehydu a redukované formy nikotinamid adenin dinukleotidu (NADH). Tato reakce je popsána v rovnici (5). Při pravidelném dlouhodobém požívání alkoholu dojde k aktivaci

systému MEOS, který umožňuje metabolizaci takového množství ethanolu, na které by ADH nestačil. Reakce odbourávání ethanolu na acetaldehyd pomocí systému MEOS je uvedena v rovnici (6). Je to aerobní reakce, při které je nezbytný nikotinamid adenin dinukleotid fosfát (NADP⁺). [7]

Vzniklý acetaldehyd se přeměňuje acetaldehyddehydrogenázou na octan, který je aerobně odbouráván Krebsovým cyklem až na oxid uhličitý a vodu. [7]



6.3 Negativní dopady alkoholu

Alkohol je podle účinků na lidský organismus řazen mezi měkké drogy. Je to látka s tlumivým účinkem, která při požití v menších dávkách způsobuje uvolnění, snižuje zábrany a napětí, ve větších dávkách způsobuje útlum, nevolnost až bezvědomí. Dlouhodobé požívání může vést ke vzniku závislosti na alkoholu, tak zvanému alkoholismu. Nadměrné pití alkoholu zvyšuje krevní tlak, poškozují játra, způsobuje onemocnění plic, svalstva a kostí, ohrožuje průběh těhotenství a zdraví novorozence, může být příčinou mozkové mrtvice i rakoviny tlustého střeva nebo jícnu. [8] V tabulce 2 jsou uvedeny účinky alkoholu na člověka při konzumaci alkoholického nápoje. [9]

Tab. 2: Účinky alkoholu na lidi při konzumaci alkoholických nápojů [9]

Koncentrace alkoholu v mg na 100 ml krve	Účinky
30-50	U člověka se rozvíjí pocit dobré nálady, stává se hovorným, důvěřivým a snižuje se napětí.
50-150	Člověk se může začít chovat nezodpovědně, může říkat nebo dělat věci, kterých později lituje.
150-250	Člověk má nezřetelnou řeč, je zmatený, může se chovat až agresivně.
250-400	Člověk ztrácí kontrolu nad svým tělem, je dezorientovaný, nevydrží stát vzpřímeně, upadá až do kómatu.
400-500	Alkohol v krvi utlumuje nervový systém a dýchací centra a způsobuje bezvědomí až smrt.

6.4 Bezpečné dávky alkoholu

V přiměřené míře můžou některé alkoholické nápoje, jako například víno nebo pivo, organismu prospívat. Mírné množství alkoholu snižuje stres a zvyšuje hladinu lipoproteinů s vysokou hustotou (HDL). Výzkumem bylo zjištěno, že lidé, kteří pijí každý den skleničku vína, piva nebo tvrdého alkoholu, žijí déle. [8] Doporučená maximální spotřeba alkoholu za týden je u mužů 21 jednotek a u žen 14 jednotek. Jedna jednotka alkoholu představuje středně velkou sklenici světlého nebo tmavého piva, 2 decilitry červeného nebo bílého vína nebo 2 centilitry tvrdého alkoholu (například whisky, gin, vodka nebo brandy). [9]

7. LÁTKY NEGATIVNĚ OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU NÁPOJE

V tabulce 3 jsou uvedeny vedlejší kvasné produkty, které nepříznivě ovlivňují chuť a aroma potravinářského lihu a tudíž i samotných alkoholických nápojů. Požití alkoholických nápojů obsahující výše uvedené látky může vést k různým psychickým a zdravotním problémům. [10]

Tab. 3: Vedlejší kvasné produkty při výrobě lihu [10]

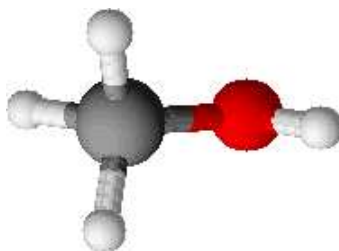
Alkoholy	Karbonylové sloučeniny	Estery
Methanol	Acetaldehyd	Methylacetát
Isopropanol	Propionaldehyd	Ethylacetát
Allyl alkohol	Buthylaldehyd	Methylpropionát
1-propanol	2-propanal	Ethylpropionát
Buthanol	Propionaldehyd	Propylacetát
Isoamyl alkohol	2-methyl-2-butanal	Isobuthylacetát
Heptanol	3-methyl-1-butanal	Isobuthylpropionát
Furfuryl alkohol		Isoamylacetát
		Buthylpropionát
		Methylheptanoát
		Ethylhexadekanoát
		Fenylacetát

7.1 Methanol

Methanol je nebezpečný nervový a cévní jed škodlivě působící na játra, ledviny a zrak. Páry methanolu dráždí dýchací cesty, oční spojivky i kůži. [11] Otrava methanolem se projevuje bolestí hlavy, závratěmi, zvracením. Později se dostavuje modročervené vidění, dvojité vidění a při vyšší dávce až trvalé oslepnutí. [12] Smrtelná dávka methanolu je 0,3-1 mg na kg tělesné hmotnosti člověka. [13]

Z toho vyplývá, že pro průměrného člověka vážícího 65 kg je užití 20 ml methanolu smrtelné. Při požití methanolu je třeba rychle a účinně aplikovat protijed, kterým je ethanol. Methanol se v nízké koncentraci přirozeně vyskytuje v alkoholických nápojích, kde vzniká enzymatickým rozkladem pektinových látek enzymem pektázou. Protože se pektin vyskytuje především v ovoci, plyne z toho, že vyšší množství methanolu je obsaženo v ovocných destilátech, kde je poměr methanolu k ethanolu 8 až 42 : 1000. [10] Bezpečnostní limit methanolu v Evropské unii je stanoven na 10 g methanolu v 1 litru ethanolu. [13] Na obrázku 5 je molekula methanolu.

Obr. 5: Prostorový model molekuly methanolu



7.2 Vyšší alkoholy

Vyšší alkoholy tvoří podstatnou složku tak zvaných přiboudlin, které vznikají během kvasného procesu činností bakterií a kvasinek. Jsou nositelé charakteristických sensorických vlastností, ale i tak se jejich množství musí regulovat. Pokud je nízká koncentrace přiboudlin v alkoholickém nápoji, dochází ke ztrátě typického aroma. Naopak vysoká koncentrace typické aroma alkoholu přehluší a má za následek nežádoucí sensorické vlastnosti. [10] Vyšší alkoholy jsou považovány za znečištění alkoholického nápoje, které v lidském organismu způsobuje otravu, jejímž projevem je bolest hlavy. Vyšší množství přiboudlin dráždí pokožku a sliznice. Pokožku vysušuje a způsobuje drobné trhlinky umožňující vstup infekce. Dále dráždí oči, sliznice dýchacích cest a působí narkoticky. [14] Mezi vyšší alkoholy se například řadí 1-butanol (buthylalkohol), 1-propanol (propylalkohol), 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol (isoamylalkohol), 2-methyl-1-propanol (isobutanol). [10]

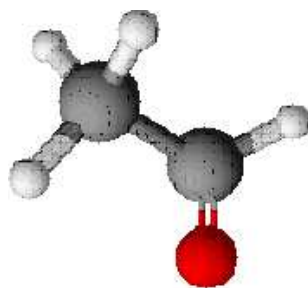
7.3 Aldehydy

Aldehydy vznikají v alkoholu degradací sacharidů (například methanal, ethanal, biacetyl a 2-furankarbaldehyd). Nebo se aldehydy tvoří z aminokyselin jako sekundární produkty alkoholového kvašení. Methanal (formaldehyd) vzniká z glycinu, ethanal (acetaldehyd) z alaninu, propanal z threoninu, 2-methylpropanal z valinu, 3-methylbutanal z leucinu a 2-methylbutanal z isoleucinu. Část karbonylových sloučenin se dostává do destilátů z ovoce. Vyšší koncentrace aldehydů je přítomna v přezrálém ovoci, které se nejčastěji využívá k výrobě ovocných destilátů, protože toto ovoce má vysokou cukernatost. Aldehydy s 1-7 atomy uhlíků v molekule mají ostrou, štiplavou, někdy i žluklou vůni. Aldehydy s 8-14 atomy uhlíků mají vůni příjemnou. Vyšší aldehydy jsou bez pachu. [10]

7.3.1 Acetaldehyd

Acetaldehyd, nebo-li ethanal, jehož molekula je znázorněna na obrázku 6, je toxická látka, která se zneužívá k výrobě drog, ale také se využívá na výrobu plastických hmot, barviv, léčiv a podobně. Je to bezbarvá štiplavě páchnoucí látka, která vzniká dehydrogenací alkoholu v játrech za účasti alkoholdehydrogenázy (ADH). Acetaldehyd se dále oxiduje na netoxický octan účinkem acetaldehyddehydrogenázy (ALDH). Ethanal se podezřívá z karcinogenity, což ale bylo prokázáno jen u laboratorních zvířat, u lidí tento účinek prokázán nebyl. [15]

Obr. 6: Prostorový model molekuly acetaldehydu



7.4 Acetaly

Acetal je látka vytvořená kondenzací dvou alkoholů s aldehydem, proto se acetaly vyskytují všude tam, kde jsou přítomny aldehydy společně s alkoholy. Tudiž i v alkoholických nápojích. Acetaly se destilují bez rozkladu a při varu s kyselinami se štěpí na příslušný aldehyd a alkohol. Acetaly mají příjemnou vůni podobnou karbonylovým sloučeninám, ze kterých acetaly pocházejí. Tato vůně je však slabší a jemnější a přispívá k zjemnění vůně destilátů. Acetal vzniklý reakcí ethanalu s ethanolem je nejběžnější látkou vyskytující se v alkoholickém nápoji. V menším množství se v alkoholu vyskytují acetaly odvozené od formaldehydu a ethanolu, dále acetaly odvozené od vyšších aldehydů a acetaly vzniklé z přiboudliny. [10]

7.5 Estery

Estery jsou organické sloučeniny, které mají své charakteristické vůně a vznikají reakcí karboxylových kyselin s alkoholy. Příklady esterů a jejich vůní jsou uvedeny v tabulce 4. K tomu, aby vznikly estery s charakteristickými vůněmi, se použijí vyšší alifatické kyseliny nebo kyseliny aromatické. [16] Jelikož estery nejčastěji voní po ovoci, jsou právě nejvíce obsaženy v ovocných destilátech. Do destilátů se dostávají ze zkvašeného ovoce nebo esterifikací kyselin alkoholy. Z alkoholu je v esterech nejčastěji vázán ethanol, ale i methanol, buthanol a vyšší alkoholy. Z kyselin to jsou kyselina octová, mravenčí, máselná, propionová a další. [10]

Tab. 4: Přehled některých esterů a jejich charakteristické vůně [16]

Ester	Alkohol	Kyselina	Vůně
Ethylacetát	Ethanol	Kyselina octová	Ovocná
Buthylacetát	1-buthanol	Kyselina octová	Ovocná
Pentylacetát	1-pentanol	Kyselina octová	Ovocná
Ethylbutanoát	Ethanol	Kyselina máselná	Broskvová
Methylbutanoát	Methanol	Kyselina máselná	Ananasová
Buthylpropionát	1-buthanol	Kyselina propionová	Rumová
Methylsalicylát	Methanol	Kyselina salicylová	Karamelová

8. STANOVENÍ OBSAHU ALKOHOLU

8.1 Chromatografie

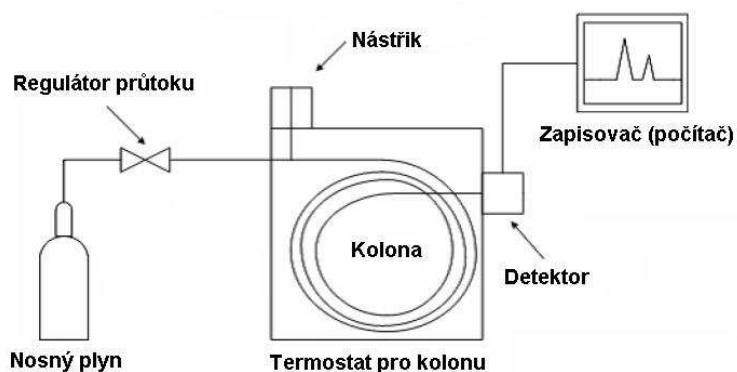
Chromatografie je separační metoda, při které se směs organických látek rozdělí na chromatografické koloně podle sorpčních sil. Jednotlivé složky obsažené ve vzorku se identifikují pomocí elučních charakteristik v porovnání se standardy. [17]

8.1.1 Plynová chromatografie = GC

Plynný vzorek se vstříkne do vyhřívaného prostoru a je nosným plynem unášen do chromatografické kolony. Ta je umístěna v termostatu a je vyhřívána na teplotu pohybující se kolem středního bodu varu dělených látek. Detektor zaznamenává výstup látek z kolony a na základě jeho signálu počítač zpracuje a vyhodnotí dobu průběhu látky kolonou. Zaznamenané časy stanoveného vzorku se porovnají s časy standardů. Koncentrace složek ve vzorku se zjistí na základě stanovené plochy píků.

Plynný chromatograf se skládá ve své podstatě z následujících částí: zdroj nosného plynu, zařízení pro regulaci průtoku nosného plynu a měření jeho tlaku, zařízení pro dávkování vzorku, chromatografické kolony, detektoru, termostatu a zařízení pro registraci signálu z detektoru a zpracování dat. Tyto části jsou vyobrazeny na obrázku 7. [17]

Obr. 7: Schématické uspořádání plynového chromatografu



8.1.1.1 Základní části plynového chromatografu

8.1.1.1.1 Nosný plyn

Nosný plyn transportuje jednotlivé složky vzorku kolonou. Označuje se také jako mobilní fáze. Využívají se plyny jako je dusík nebo helium. Tyto plyny musí být inertní k chromatografické náplni kolony i k analyzovaným složkám vzorku. [17]

8.1.1.1.2 Dávkovač

Dávkový zařízení je těsně u vstupu do kolony z toho důvodu, že vzorek, zplyněný v malém prostoru, musí být okamžitě převeden na kolonu. K tomu, aby bylo dosaženo účinné separace, musí se dávkovat co nejmenší objem vzorku. Pro plynné vzorky to je 10 až 1000 μl , pro kapalně 1 až 10 μl . Dávkování vzorku se provádí pomocí děliče toku (split injection) nebo bez děliče toku (splitless injection). U split injection se na kolonu přivádí jen část nastříkovaného vzorku. U splitless injection se využívá zkoncentrování vzorku v kapalině tvořící film v hlavě kolony. Zvýšením teploty se pak složky vzorku odpaří a převedou na kolonu. [18]

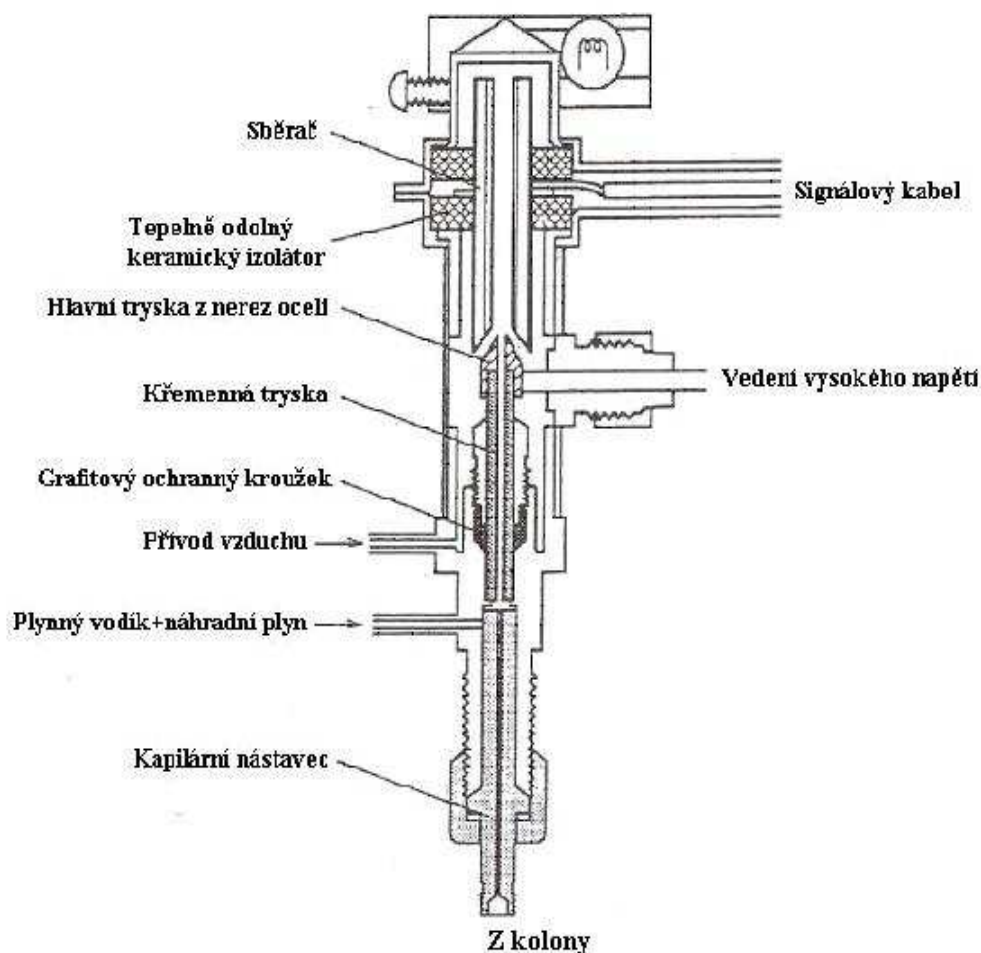
8.1.1.1.3 Kolona

Kolona je spirálovitá trubice obsahující sorbent, který zpomaluje pohyb molekul vzorku v závislosti na jejich polaritě. V současnosti se používají kolony kapilární z taveného křemene. Vnitřní stěna je pokryta filmem kapaliny (například polyethylenglykol), což je stacionární fáze. Vně kapiláry je vrstvička polymeru, který ji chrání před zlomením. Délka kapiláry je obvykle 20 až 30 m a jejich průměr bývá 0,1 až 0,5 mm. [18]

8.1.1.1.4 Detektor

Detektor převádí signál, který vychází z kolony, na elektrickou veličinu. [17] Existuje více typů detektorů lišící se konstrukcí, funkcí, citlivostí, mezí detekce, lineárně dynamickým rozsahem a podobně. Obvykle se používá detektor plamenový ionizační (FID), který je vyobrazen na obrázku 8. Tento detektor je téměř univerzální, s dobrou citlivostí, s dobrou mezí detekce a s širokým lineárně dynamickým rozsahem. Podle účelu analýzy ale mohou být použity i detektory jiné. Například detektor tepelně vodivostní (TCD), elektronového záchytu (ECD), hmotnostní spektrometr (MS) a podobně. [18]

Obr. 8: Plamenový ionizační detektor



8.1.1.2 Analýza alkoholických nápojů plynovou chromatografií

8.1.1.2.1 Složení whisky

Na obrázku 9 je chromatogram analýzy whisky. Pro analýzu byly použity následující podmínky: [19]

Plynový chromatograf HP 6890N s plamenovým ionizačním detektorem

Kolona: DB-wax, 30 m x 0,32 mm ID x 0,5 μ m film (J&W Scientific, Folsom, CA, USA)

Teplotní program: 35 °C (5min), 5 °C/min, 150 °C, 25 °C/min, 250 °C

Mobilní fáze: dusík

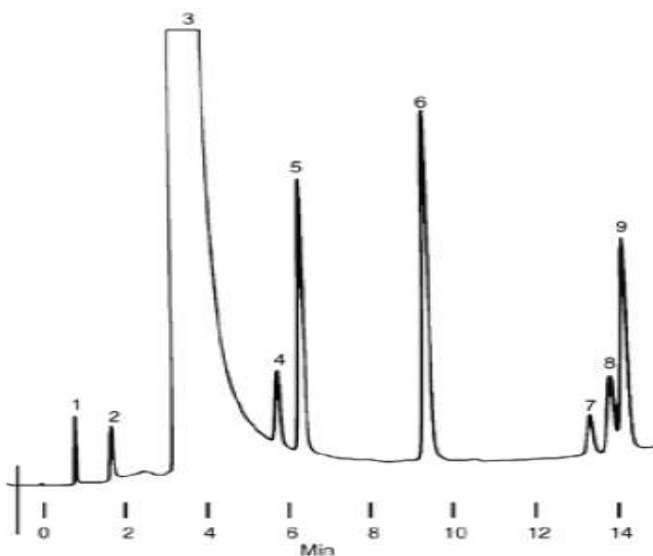
Detekce: plamenová ionizační, 260 °C

Průtok: 0,6 ml/min

Nástřik: 1 μ l, split 1:50, 220 °C

Obr. 9: Chromatogram analýzy whisky [19]

1. Acetaldehyd
2. Methanol
3. Ethanol
4. Ethyl acetát
5. n-Propanol
6. Isobutanol
7. Kyselina octová
8. Aktivní Amyl alkohol
9. Isoamyl alkohol



8.1.1.2 Složení rumu, Bourbonu (Americká whisky), Single malt scotch (Skotská whisky) a Brandy

Na obrázku 10 je chromatogram analýzy rumu, Bourbonu (Americká whisky), Single malt scotch (Skotská whisky) a Brandy. Pro analýzu byly použity následující podmínky: [20]

Kolona: 30 m x 0,25 mm ID, 1,0 µm film, SPB-20 (Supelco, Bellefonte, PA, USA)

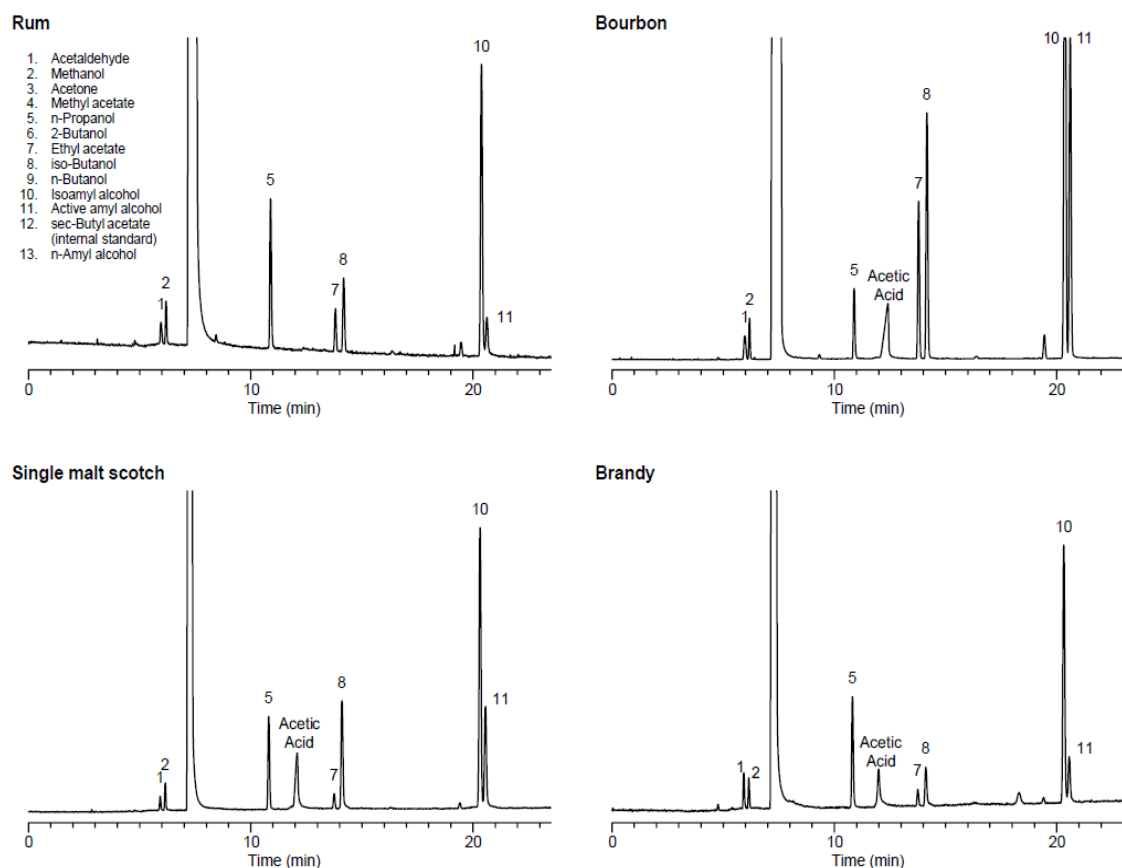
Teplotní program: 40 °C/5min, 4 °C/min, 110 °C/min

Detektor: 210 °C

Průtok: N₂, 11 cm/sec při 40 °C

Nástřík: 1 µl, split 1:25, 150 °C

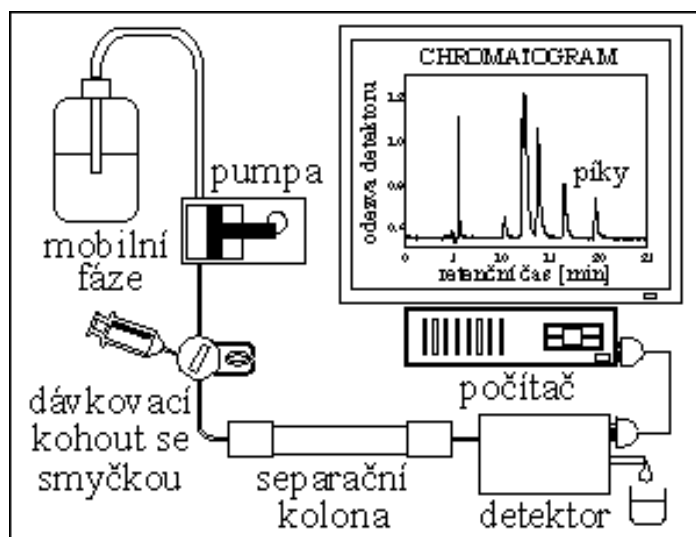
Obr.10: Chromatogram analýzy různých alkoholických nápojů [20]



8.1.2 Vysokoučinná kapalinová chromatografie

Kapalinová chromatografie (HPLC) umožňuje rychle a reprodukovatelně detekovat nepatrné množství látek za současného kvalitativního vyhodnocení. Vysoké účinnosti a rychlosti se dosahuje použitím náplňových kolon s velmi jemnými částicemi a vysokých průtoků kapalnou mobilní fází. Používají se vysokotlaká čerpadla, kontinuální detektory, dávkovací systémy a je umožněno dávkování vzorku bez narušení toku mobilní fáze. [17] Na obrázku 11 je schéma vysokoúčinné kapalinové chromatografie.

Obr. 11: Schématické uspořádání kapalinového chromatografu [17]



8.2 Pyknometrická metoda

Pyknometrii lze využít pouze pro lihoviny s objemovou koncentrací ethanolu do 40 %. Principem je oddestilování ethanolu z analyzovaného vzorku a po doplnění vodou na určitý objem se pyknometricky stanoví měrná hmotnost destilátu. Z tabelovaných hodnot se na základě měrné hmotnosti destilátu zjistí procento ethanolu v destilátu, ze kterého se vypočítá objemové procento ethanolu ve vzorku. [21]

8.3 Infračervená spektrometrie

Infračervená spektrometrie je analytická technika založená na měření absorpce elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek 0,76-100 μm . Tato technika je určena hlavně pro stanovení kvality i kvantity organických látek, ale i látek anorganických. Alkohol absorbuje v rozsahu 3400-3200 cm^{-1} . Principem metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, při níž dochází ke změnám rotačně vibračních stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Tato analýza je rychlá, ale její nevýhodou jsou vyšší finanční nároky. [17]

8.4 Alkoholtestry

8.4.1 Alkoholtestry s polovodičovými senzory

Polovodičové senzory obsažené v přístroji identifikují v dechu těkavé redukcující látky. Alkoholtestry obsahují žhavené polovodičové čidlo, které je třeba zahřát na pracovní teplotu. Senzor detekuje plynný ethanol a podle jeho koncentrace mění svůj odpor. Změna odporu je vyhodnocována a převedena na číselný údaj udávající přibližnou koncentraci alkoholu v dechu (v krvi). Tyto alkoholtestry jsou orientační měřidla, na které se nelze právně odvolávat. Slouží pouze pro domácí použití. [22]

8.4.2 Alkoholtestry s elektrochemickými senzory

Alkoholtestry s elektrochemickými senzory jsou postaveny na IMS technologii (IMS = Ion Mobility Spectrometry) a jsou založeny na zjišťování toxických chemických látek. [22] Metoda je založena na snímání spektra, které vznikne různou pohyblivostí iontů v elektrickém poli. Měřený vzorek se přivede do ionizačního prostoru, kde je vystaven radiaci americia, které způsobuje ionizaci.

Ionty se uvnitř elektrického pole pohybují k anodě nebo ke katodě určitou rychlostí a zaznamenávají se jako krátkodobé impulsy v rozsahu nanoampérů. Tyto impulsy jsou dále zpracovány a vyhodnoceny. [23] Na tyto alkoholtesty se lze právně odvolávat, používá je policie, ale i jiné firmy pro kontrolu svých zaměstnanců. [22]

8.5 Detekční trubičky

Detekční trubičky zjišťují obsah alkoholu v organismu. Detekce je založena na chemických a enzymatických reakcích. Přítomnost alkoholu v dechu je indikována změnou barvy. Trubičky jsou skleněné, obalené plastovou folií. Uvnitř trubičky je chemické činidlo. Výhodou je jednoduchá obsluha a rychlý pracovní postup. Avšak tuto detekci ovlivňují i jiné aspekty, například bonbón, zubní pasta nebo ovoce. [24]

9. Závěr

Alkohol zaujímá mezi nápoji zvláštní místo, i přesto, že je řazen mezi měkké drogy. Zdravému člověku neškodí sklenice piva po obědě, několik sklenek vína případně malé množství likéru nebo destilátu při slavnostní příležitosti nebo ve chvílce odpočinku a pohody. Musí však platit pravidlo „všeho s mírou“. Kdyby se člověk v příjmu alkoholických nápojů nekontroloval, stal by se závislým a propadl by alkoholismu.

10. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin II*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2002
- [2] Ministerstvo vnitra ČR. *Sbírka zákonů*. Moraviapress, Břeclav 1998
- [3] RYCHTERA, Mojmír, UHER, Jiří, PÁČA, Jan. *Lihovarství, droždářství a vinařství I a II*. Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Praha 1991
- [4] ČEGAN, Alexander, KORECKÁ, Lucie. *Biochemie pro bakalářské studium chemie a technické chemie*. Univerzita Pardubice, Pardubice 2008
- [5] KODÍČEK, Milan. *Biochemické pojmy: výkladový slovník*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2007
- [6] <http://www.czso.cz> (staženo dne 3.2. 2009)
- [7] EHRMAN, Jiří, SCHNEIDERKA, Petr. *Alkohol a játra*. Grada Publishing a.s., Praha 2006
- [8] Kolektiv autorů. *Praktický rodinný lékař*. Práh, Praha 2005
- [9] HUGHES, James. *Velká obrazová všeobecná encyklopedie*. Václav Svojka & Co., Praha 1999
- [10] <http://www.open-science.cz/ov/users/Image/default/C2Seminare/MultiObSem/006.pdf> (staženo dne 29.3. 2009)
- [11] KALINA, Kamil a kolektiv. *Drogy a drogové závislosti*. Úřad vlády ČR, Praha 2003
- [12] PROKEŠ, Jaroslav. *Úvod do toxikologie*. Univerzita Karlova, Praha 2005
- [13] HOU, Chih-Yao, LIU, Yeong-Sheen, WONG, Yuh Tai, JIANG, Chii-Ming, WU, Ming-Chang, *J. Food. Compos. Anal.* 21, 410 (2008)
- [14] HAMILTON, R.J. *Chemistry, Molecular Biology and Function*. The Oily Press Ltd., Dundee 1995
- [15] UHROVÁ, Helena. *Děláme si sami slivovici, meruňkovici, hruškovici, jablkovici a jiné ovocné destiláty, vína, šťávy a sirupy*. Víkend, Český Těšín 2003

- [16] POTÁČEK, Milan. *Organická chemie: pro biology*. Masarykova univerzita, Brno 2002
- [17] VOLKA, Karel. *Analytická chemie II*. Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Praha 1997
- [18] ŠTULÍK, Karel a kolektiv. *Analytické separační metody*. Karolinum, Praha 2005
- [19] http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborI/GC_alko.pdf
(staženo dne 29.3. 2009)
- [20] *Sigma-Aldrich: The Reporter* 14, 15 (2004)
- [21] ČSN 560210 Metody zkoušení lihovin, Český normalizační ústav Praha 1994
- [22] <http://www.alkohol-tester.cz> (staženo dne 29.3. 2009)
- [23] STANO, Michal, SAFONOV, Eugene, KUČERA, Marek, MATEJČÍK, Štefan. *Chemické listy*, 102, s 1414 (2008)
- [24] PITSCHMANN, Vladimír, HALÁMEK, Emil, KOBLIHA, Zbyněk. *Chemické listy*, 98, 923 (2004)