

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Jan NOVOTNÝ

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

POROVNÁNÍ SLOŽENÍ
BEZALKOHOLICKÝCH A ALKOHOLICKÝCH PIV

Jan Novotný

Bakalářská práce
2012

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

**COMPARISON OF THE COMPOSITION
OF NON-ALCOHOLIC AND ALCOHOLIC BEERS**

Jan Novotný

Bakalářská práce
2012

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Novotný**
Osobní číslo: **C08081**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Porovnání složení bezalkoholických a alkoholických piv**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

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

1. V teoretické části popište výrobu bezalkoholických piv, její odlišnosti od výroby piva s obsahem alkoholu. Dále se zaměřte na složení piva a porovnejte koncentrace jak majoritních složek, tak minoritních složek piva.
2. V druhé části prostudujte metody, kterými se zjišťuje kvalita piva, především obsah alkoholu. Vybranou metodou experimentálně porovnejte obsah alkoholu v různých typech piv.
3. Získané výsledky kriticky zhodnoťte.


Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hájek, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. června 2012**


prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2012

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne

Jan Novotný

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce panu Ing. Tomáši Hájkovi, Ph.D. za jeho užitečné rady a vstřícnost. Také děkuji vedoucí AZL Praha RNDr. Janě Olšovské, PhD ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském v Lípové ulici v Praze za umožnění naměření vzorků v jejich laboratoři.

Souhrn

Tato práce se zabývá porovnáním složení bezalkoholických a alkoholických piv. V rešeršní části se pojednává o technologii výroby bezalkoholický piv. V experimentální části se porovnávají rozdíly v obsahu jednotlivých složek bezalkoholických a alkoholických piv na základě laboratorního rozboru.

Klíčová slova

Pivo, nealkoholické pivo, technologie nealkoholických piv, stanovení složek piva, porovnání složek piv.

Summary

This work presents a comparison between the composition of non-alcoholic and alcoholic beers. The search section deals with the production technology non-alcoholic beers. The experimental section compares the differences in the content of individual components of non-alcoholic beers and alcoholic beers on the basis of laboratory analysis.

Keywords

Beer, non-alcoholic beer, technology of non-alcoholic beer, analysis of comparmment of beer, comparison of the composition of beers.

Obsah

1. Úvod	11
2. Teoretická část	12
2.1 Technologie výroby piva	12
2.2 Nízkoalkoholická a nealkoholická piva	16
2.2.1 Legislativa	16
2.2.2 Druhy příprav nízkoalkoholických a nealkoholických piv	17
2.2.2.1 Technologie omezující tvorbu alkoholu během výroby	17
2.2.2.2 Technologie se speciálními pivovarskými kvasinkami nebo jinými produkčními mikroorganismy	18
2.2.2.3 Technologie s odstraňováním ethanolu z piva	19
2.3 Pivo jako potravina	24
2.3.1 Senzorické vlastnosti piva	25
2.3.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti	25
2.3.1.2 Vliv chemického složení piva na konzumenta	26
2.4 Analytický rozbor piv	26
2.4.1 Stanovení hustoty	27
2.4.2 Stanovení obsahu alkoholu	29
2.4.2.1 Stanovení ethanolu v nealkoholických a nízkoalkoholických pivech dle EBC	31
2.4.3 Stanovení dalších ukazatelů v pivu	31
2.4.3.1 Hořkost piva	31
2.4.3.2 Stanovení oxidu uhličitého	31
2.4.3.3 Obsah kyslíku	34
2.4.3.4 Obsah ostatních látek	34
2.5 Popis přístroje k měření vzorků	37
3. Experimentální část	39
3.1 Přístroje a zařízení	39
3.2 Vzorky	39
3.3 Příprava a měření vzorku	40
4. Výsledky a diskuse	41
4.1 Porovnání obsahu alkoholu	41
4.2 Extrakt původní mladiny	42
4.3 Energetická hodnota piva	43
5. Závěr	46
6. Seznam použité literatury	47

1. Úvod

Pivo je tradičním nápojem na území Česka s dlouholetou tradicí. Jedná se o alkoholický nápoj, ale řadí se mezi nápoje s nízkým obsahem alkoholu. Pivo mimo alkoholu také obsahuje mnoho dalších látek (např. sacharidy, bílkoviny, hořké látky chmele, polyfenolické sloučeniny, oxid uhličitý, vitamíny a minerální látky). Pivo má význam po výživové stránce pro jeho nutriční hodnotu ¹.

Za nealkoholické pivo je označováno pivo s žádným obsahem alkoholu. Nízkoalkoholické pivo obsahuje snížený obsah alkoholu oproti pivům klasickým, ale má vyšší obsah alkoholu, než piva nealkoholická. Nealkoholická piva se začala vyrábět kvůli několika aspektům. První z nich je zvýšení odbytu na trhu novými druhy piv. Druhý aspekt je zdravotního charakteru. V určitých profesích, nebo ze zdravotních důvodů nelze konzumovat alkohol ².

Úkolem této bakalářské práce je porovnat a zhodnotit technologii výroby, obsah majoritních a minoritních složek v alkoholických a nealkoholických pivech.

2. Teoretická část

2.1 Technologie výroby piva

Pivo je slovo pocházející ze staroslověnštiny, označuje „nápoj nejobyčejnější a nejrozšířenější“. Vaření piva je známo již velmi dlouho, po několik tisíciletí. Základní suroviny pro výrobu piva jsou voda, ječmen a chmel.

• Ječmen

Základní surovinou pro výrobu sladu je ječmen. K výrobě sladu se užívá ječmenu dvouřadého, konkrétně druh ječmen nicí. Podle doby setí se rozděluje na ječmen ozimý a ječmen jarní.

• Slad

Přeměnu škrobu způsobují enzymy amylázy přítomny ve sladu. Lze je též nazvat diastáza. Zelený nehvozděný slad má největší obsah enzymů. Též lze říct, že tento slad má největší diastatickou mohutnost (označení DM). Hlavním produktem při přeměně škrobu v cukr je maltóza. Též se jí říká sladový cukr. Známé jsou dva typy amylázy: α -amyláza a β -amyláza. Enzym α -amyláza ve sladu způsobuje zmazovatění a ztekucení škrobu. Optimální teplota pro správnou funkci α -amylázy je 70 °C, při 80 °C se inaktivuje. Jejím hlavním produktem jsou dextríny, maltózu tvoří minimálně. Enzym β -amyláza se hlavně podílí na produkci maltózy. Funkční teplotní oblast β -amylázy se nachází v rozmezí 60-65 °C, optimální teplota je 62 °C. K její inaktivaci dochází při 75 °C.

Hrubé namletí sladu zbaveného nečistot se nazývá šrotování a produktem je šrot. Tento krok je důležitý, pro získání extraktu sladu (výluh sladu).

• Základní kroky při vaření piva ze sladu

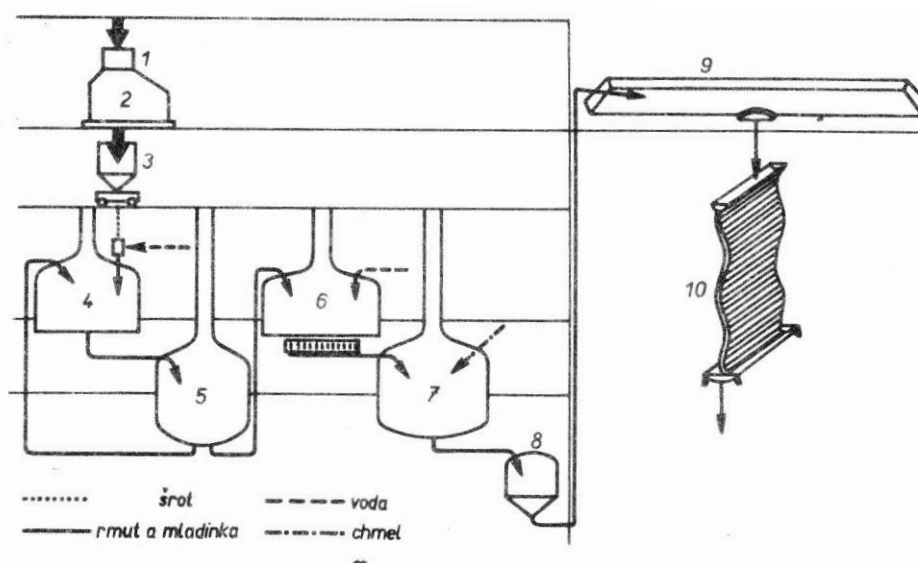
➤ Výroba mladiny

- ✓ Rmutování = zcukřování a luhování
- ✓ Scezování = získání sladiny filtrací rmutu
- ✓ Chmelovar = vaření sladiny s chmelem

➤ Hlavní kvašení, dokvašování

• Výroba mladiny

K výrobě piva se upřednostňuje použití ječného sladu. Pšeničný slad poskytuje tzv. „bílé“ pivo, tento slad se hůře filtruje než ječný slad. Mladina se vyrábí následně uvedenými postupy, ke kterým patří charakteristické pojmy. Schéma výroby mladiny je naznačeno na obrázku 1.



1-automatická váhy, 2-šrotovník, 3-zásobník šrotu, 4-vystírací kádě, 5-rmutovací pánev, 6-scezovací kádě, 7-mladinová pánev, 8-chmelový cíz, 9-chladicí stok, 10-sprchový chladič

OBRÁZEK 1 SCHÉMA VÝROBY MLADINY ³

Sypání je množství sladu, které se sype do vystírací kádě. Standardně se na 100 l vody sype 10-30 kg sladu. Světlý slad se k tmavým pivům přidává pouze v množství nutném pro dostatečnou diastatickou mohutnost. Je možno použít náhražky sladu.

Množství náhražek do 10 % se neprojevuje na kvalitě piva. Jako náhražky se užívá kukuřice, pšenice, nesladovaný ječmen, oves, žito nebo bramborový škrob. Má-li být použit větší podíl náhražky, musí se zpracovat ztekucením. Ztekucení se nazývá rmutování. Okyselením rmutu se zrychlují enzymatické přeměny rmutování, stékání sladiny při scezování, zlepšuje se kvašení a pěnivost. Rmut se okyseluje přidávkem kyselého sladu. Kyselý slad obsahuje proteolyticky vzniklou kyselinu mléčnou. K sypání se přidává 3-5 %. Lze užít přímo kyseliny mléčné nebo citronové v množství 1 g kyseliny na 10 l vystírací vody. Optimální kyselost rmutu je pH 5,4. Této kyselosti nelze dosáhnout při užití tvrdé vody nebo enzymově chudých sladů. V tomto případě se upravuje kyselost varné vody, nebo se uměle zvyšuje kyselost rmutu.

Vystírka je proces, kdy se šrot přidává do varné vody a dokonale se směs promíchá. Šrot se vystírá do vlažné vody, aby teplota vystírky byla 37-38 °C. U tmavých piv se šrot vystírá do studené vody, která se zapařuje horkou vodou na uvedenou teplotu. Po 20-25 minutách lze začít rmutovat.

Rmutování je proces ohřevu vystírky na teplotu, kdy se přeměňuje škrob na cukr. Rmutovat lze celý objem najednou. Roztok po procesu rmutování se nazývá sladina.

Scezování rmutu je proces, kdy se odděluje sladina od mláta. Pojmeme mláto se označuje zbylý pevný podíl po rmutování. K oddělení dochází filtrací, která se provádí ve scezovací kádì. Scezovací kád' je samostatná nádoba nebo vystírací kád' s velkou plochou dna, které obsahuje množství otvorů na odvod sladiny.

Vyslazování mláta a scezování výstřelků. Vyslazování mláta je proces, kdy se z mláta získává zbytek extraktu vyluhováním. Výstřelky jsou vody, které byly užity na vyslazování mláta. Scezování výstřelků probíhá odlišně od scezování rmutu. Vyluhováním se postupně mění konzistence mláta a snižuje se obsah cukrů ve výstřelku. Výstřelky by měly stékat rychleji než sladina, ovšem ne moc rychle, aby se mláto dostatečně vysladilo.

Mláto se získává ze sladu. Mokrého mláta je přibližně 1,1-1,2x více než sladu. Obsah vody v mokrého mlátu se pohybuje v rozmezí 75-80 %. V minulosti se mláto používalo jako přísada pro výrobu chleba a jako krmivo pro dobytek. V současnosti se používá pouze jako krmivo, neboť u dojnic zvyšuje laktaci.

Chmelovar je určen pro chmelení sladiny, tedy přidávání chmele do sladiny. Množství chmele závisí na druhu vyráběného piva, ale také na hořkosti chmele. Přídavek

chmele činí 100-300 g na 1 hl studené sladiny. Do světlých piv se přidává chmelu více. Chmel potřebný na várku se přidává postupně. První přídavek bývá okolo $\frac{1}{4}$ celkového množství chmele, druhý přídavek činí $\frac{1}{2}$ celkového množství a třetí přídavek je zbytek chmele. Trvání chmelovaru bývá obvykle kolem 2 hodin. Intenzita varu podporuje koagulaci bílkovin. Vznik koagulátu musí být co nejvyšší, jinak by zbylé bílkoviny rušily kvašení a mohlo by dojít k pozdějším zákalům. Sterilita a inaktivace enzymů v mladině jsou při výrobě piva nezbytně nutné. Amylázy jsou totiž schopny štěpit dextríny v mladině na maltózu. Vzniklá maltóza by se zkvasila. Aktivní proteináza by produkovala mnoho asimilovatelného dusíku. Tyto podmínky by při výrobě piva nevyhovovaly.

Chlazení mladiny se provádí před kvašením. Mladina se ochlazuje na zákvasnou teplotu 5-6 °C pro spodní kvašení. Mladinu je nutno za tepla provzdušňovat. Provzdušňováním se oxidují složky mladiny, což podporuje vylučování kalů. Kaly mají na pivo nepříznivý vliv. Kaly se nejčastěji odstraňují křemelinovým filtrem nebo odstředěním. Větrání mladiny při teplotě pod 40°C je nutné pro úspěšné kvašení. Ochlazená mladina se zakvašuje co nejdříve.

• **Hlavní kvašení, dokvašování**

Existují dva základní druhy kvašení. Kvašení spodní a svrchní. Spodní kvašení probíhá v teplotním rozmezí 0-14 °C. Užívají se pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae subsp. Uvarum*. Během kvašení se kvasinky shlukují a klesají ke dnu. Svrchní kvašení probíhá v teplotním rozmezí 15-25 °C. Užívají se kvasinky *Saccharomyces cerevisiae subsp. Cerevisiae*. Tyto kvasinky prakticky nevločkují a neusazují se na dně kádě. Vznikající oxid uhličitý vynáší kvasinky na hladinu, kde tvoří hustou pěnu, ta se musí včas sbírat. V Čechách se pivo vyrábí převážně spodním kvašením. Pro tento druh kvašení jsou typické dvě fáze. V první fázi trvající 6-14 dní nastává bouřlivé kvašení ochlazené mladiny na 5-6 °C. Tomuto účelu slouží spilky, ve kterých jsou umístěny velké otevřené kádě. V druhé fázi je mladé pivo uzavřeno do nádob, bez přístupu vzduchu. Pivo se nasycuje oxidem uhličitým a chuťově dozrává. Dokvašování probíhá v rozmezí teplot -0,5-+3 °C několik měsíců.

• **Úprava piva před výstavem**

V této fázi se pivo filtruje, stáčí a expeduje. Filtrací se odstraňují kvasinky z piva. Stáčení probíhá na stáčecím stroji, proces stáčení je naznačena na obrázku 2³.

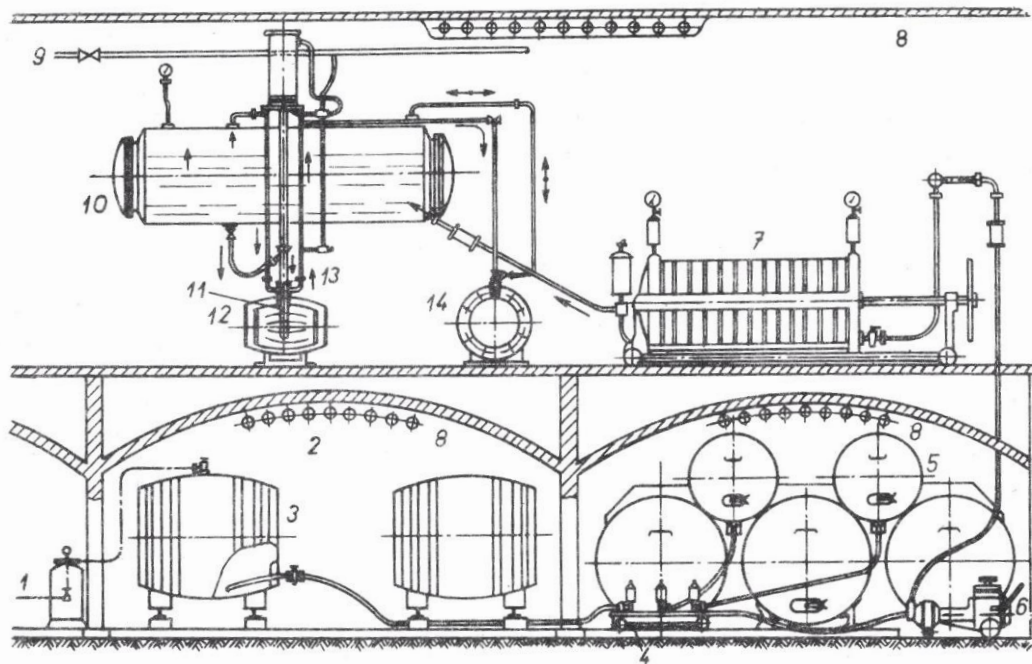


Schéma stáčení piva

1-zásobník vzduchu, 2-sklep, 3-sud, 4-směsovač, 5-tanky, 6-vyrovnač tlaku, 7-filtr, 8-chlazení, 9-vzduch, 10-plnič, 11-stáčecí jehla, 12-soudek, 13-zpětný vzduch, 14-sud pro odstřík

OBRÁZEK 2 SCHÉMA STÁČENÍ PIVA³

2.2 Nízkoalkoholická a nealkoholická piva

V období obou světových válek se vyráběla piva s velmi nízkým extraktem původní mladiny a s velkým podílem náhražek sladu v sypání, což vedlo k výrobě piva s nízkým obsahem alkoholu. V USA se díky částečné prohibici během obou světových válek zavedla výroba nízkoalkoholických a nealkoholických piv.

2.2.1 Legislativa

V zemích Evropské unie je sjednoceno odlišení mezi nealkoholickým a nízkoalkoholickým pivem. Piva s obsahem alkoholu do 0,5 % obj. se označují za nealkoholická. Piva s obsahem alkoholu od 0,6 do 1,2 % obj. se považují za nízkoalkoholická. Mimo Evropskou unii není odlišení jednoznačné. Výrobky s obsahem

alkoholu do určité hodnoty nesmí nést název pivo. Například v Japonsku pivo obsahující 0,5 % obj. alkoholu je označován jako nápoj podobný pivu. Nealkoholické pivo je určeno pro profese, kde není tolerance vůči alkoholu.

2.2.2 Druhy příprav nízkoalkoholických a nealkoholických piv

Existují tři skupiny, do nichž lze výrobu nízkoalkoholických a nealkoholických piv zařadit. Jedna z nich je receptura omezující tvorbu alkoholu během výroby piva. Tato metoda je ekonomicky méně náročná, ale produkty mohou vykazovat nežádoucí příchutě. Druhou metodou jsou procesy využívající speciální kvasinky nebo jiné mikroorganismy. Metoda je oproti první ekonomicky náročnější a je obtížné zajistit stále organoleptické vlastnosti. Třetí technologie je založena na odstraňování alkoholu z piva šetrnou cestou. Tato metoda je ekonomicky a přístrojově složitější, ale zachovávají se sensorické vlastnosti piva.

2.2.2.1 Technologie omezující tvorbu alkoholu během výroby

Technologie nejsou náročné na speciální zařízení odstraňující alkohol z piva, ale piva takto připravená mívají často vyšší plnost, bývají sladší a prostupuje v nich mladinová příchut'. Tyto metody jsou založeny na několika principech:

- Speciální slady

Speciální slady s nízkou aktivitou β -amylasy se používají ke snížení tvorby alkoholu během kvašení a k redukci mladinové příchutě. Tyto slady též zajišťují nízký podíl zkvasitelných sacharidů v mladině. Během vaření piva se omezuje přeměna škrobu na cukry působením enzymů (amylolýza) při nižší cukrotvorné teplotě 63 °C. Tato teplota se překročí vystřením sypání při teplotě nad 60 °C. Díky omezené amylolýze obsahuje mladina vyšší podíl zbytkového extraktu. Při výrobě nízkoalkoholických a nealkoholických piv se snižuje koncentrace extraktu původní mladiny často na 5 až 8 %. Tohoto postupu se často využívá v českých pivovarech. Mladina ochlazená na 3 až 3,5 °C se krátce zkvašuje, při tomto procesu může teplota vystoupit na 6 °C. Aby pivo nabylo

charakteristické buketní látky, nechá se ležet na kvasnicích, bez zkvašování cukru na alkohol. Zabránění zkvašování se zaručuje ochlazením piva na 0 °C. Následně se filtrací a stabilizací sníží v pivu hladina koloidních látek, především polypeptidů a polyfenolů, aby byla zajištěna fyzikálně-chemická stabilita. Po filtraci se pivo nasytí oxidem uhličitým, stočí se do lahví a pasteruje se.

- Výroba z mláta

Mláto se nejdříve extrahuje vodou, nebo se podrobuje kyselé hydrolyze. Mladina s obsahem extraktu kolem 7,6 % se vaří 90 min. s chmelem. Mladé pivo se po prokvašení nechá 2 týdny dokvašovat. Finální výrobek obsahuje 1 % obj. alkoholu, ovšem tento výrobek má neodpovídající chuťové vlastnosti běžného piva.

- Barrel systém

Tento systém využívá mladá piva o rozdílném stupni prokvašení a obsahu alkoholu. Z nich se smíšením připraví piva s různým obsahem alkoholu. Tato metoda pochází z Anglie. K zajištění odpovídajícího buketu piva je možné regulovat množství těkavých látek jejich převodem během kvašení z jedné várky do druhé.

- Zastavení anebo omezení kvašení

Při zahřátí kvasícího média se kvašení omezí nebo zastaví. Toto zahřátí se děje v tepelném výměníku. Metabolismus kvasinek a množení se omezí vyšší teplotou kvasícího média. Kvašením mladiny nasycené oxidem uhličitým anebo kvašením za aerobních podmínek se též zajistí nižší tvorba alkoholu. Pro tyto metody je nutno pečlivě vybrat suroviny a kmen kvasinek, upravit varní proces a důsledně kontrolovat fermentační podmínky.

2.2.2.2 Technologie se speciálními pivovarskými kvasinkami nebo jinými produkčními mikroorganismy

Tato technologie využívá geneticky upravené kvasinky, imobilizované kvasinky a speciální mikroorganismy. Mikroorganismy při kvašení omezují tvorbu ethanolu přerušovaným stykem se substrátem. K přerušování styku kvasinek a kvasícího média

dochází opakovaným ponořováním a vynořováním kvasinek do zkvašovaného substrátu umístěných ve speciálních filtrech. Je možno využít defektu v citrátovém cyklu. Tento defekt způsobuje vyšší produkci kyselin. Též lze využít mikroorganismů, které nejsou schopné zkvašovat maltosu na alkohol.

- Geneticky upravené kvasinky

Zásadním bodem při tvorbě ethanolu je dekarboxylace pyruvátu. Genovým inženýrstvím byla geneticky upraveným kvasinkám zakódována možnost inhibice dekarboxylace pyruvátu. Takto lze teoreticky dosáhnout nízké hladiny alkoholu v pivu.

- Imobilizace kvasinek

Využívá se řízení doby styku mladiny s produkčním mikroorganismem. Tím se docílí, že dojde k poklesu kvašení. Mladinu je nutno vyčeřit, aby tuhé částice nezanášely imobilizovaný biosystém. Nerozpustné nosiče s navázanou nebo jinak zachycenou kvasinkovou populací se střídavě ponořují do mladiny a opět se z kvasné nádoby vyjmají až po dosažení hraniční nízké hladiny alkoholu. Následně pivo zraje při nízké teplotě a dochází k dalším běžným úpravám. Tento proces je technologicky obtížný.

- Náhrada pivovarských kvasinek jinými mikroorganismy

Podstatou mikroorganismu, který nahrazuje pivovarské kvasinky, je jeho schopnost nezakvašovat hlavní pivovarský cukr v mladině, kterým je maltosa a maltotriosa. Zkvašuje pouze glukózu, fruktozu a sacharózu. Uvedené podmínky splňuje kmen kvasinek *Saccharomyces ludwigii*. Tuto metodu výroby lze použít s vhodnou kombinací mladiny, která má nízký obsah sacharidů. Nízkého obsahu sacharidů se docílí výběrem vhodných surovin a technologickou úpravou přípravy.

2.2.2.3 Technologie s odstraňováním ethanolu z piva

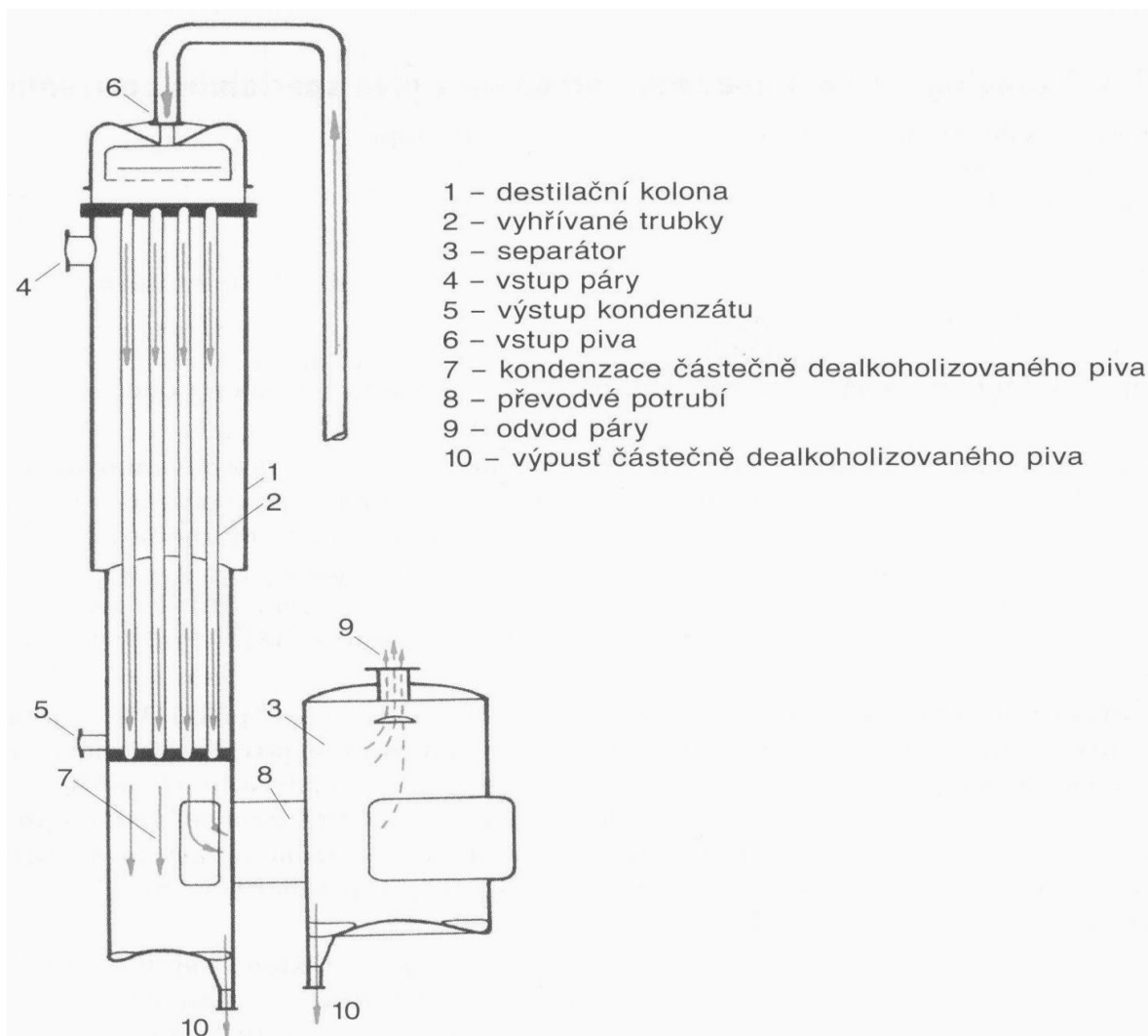
K odstranění alkoholu z piva dochází postupy, které využívají základní fyzikální poznatky. Patří sem odpařování, dialýza, což je oddělení látek na základě osmotického

tlaku na obou stranách membrány, reverzní osmóza a nanofiltrace. Jednotlivé metody jsou vysvětleny v následujícím textu.

- Odpařování alkoholu z piva

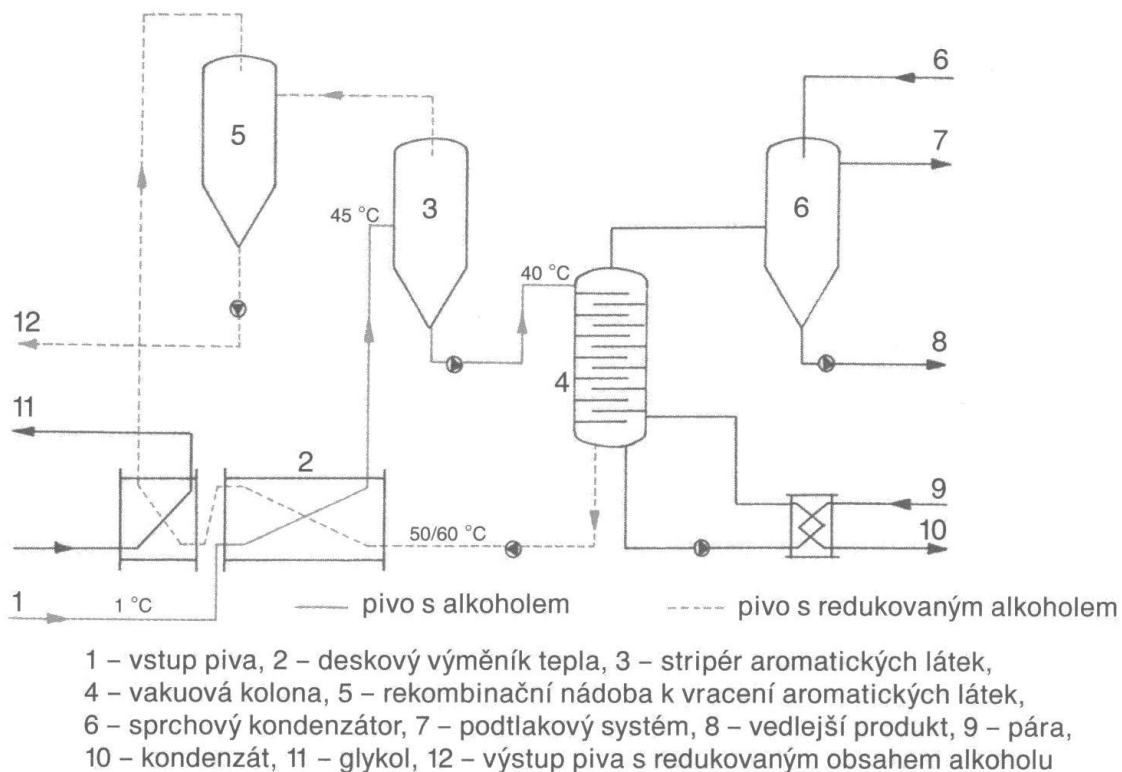
Pro snížení obsahu alkoholu v pivu se využívá široká škála metod. Při užití odpařování, vakuové destilace a reverzní osmóze se odstraňováním alkoholu pivo zahušťuje. Aby pivo dosáhlo původní koncentrace po odpaření alkoholu, je nutno ho naředit požadovaným množstvím odplyněné vody. Odplyněná voda se používá, z toho důvodu aby nedošlo ke zhoršení fyzikálně-chemických a sensorických vlastností piva. Tato voda se připravuje membránovou technikou. Proces odpařování probíhá za atmosférických podmínek. K alkoholickému pivu se v mladinové pánvi přidá 30 % podílu vody, a tato směs se povaří. Naředěním se zajistí, aby byly zachovány původní hodnoty koncentrace mladiny po odpaření ethanolu. Ovšem tento postup může mít za následek zvýšení barvy, ztrátu hořkých látek a celkovou změnu chuti. Po ochlazení toto pivo prochází druhou fermentací a následnými úpravami. Obsah alkoholu se může touto metodou snížit až na 0,5 % obj. Ovšem standardně touto metodou dochází ke snížení obsahu alkoholu jen na hodnotu 2,5 % obj.

Odpařování s klesajícím filmem je realizováno v trubkových odparkách. Odparky obsahují 4 až 5 kolon (trubek), kde se pivo zahřívá maximálně na 45 °C. Pivo prochází odparkou ve velmi tenké vrstvě. Ve spodní části kolony dochází ke kondenzaci částečně odalkoholizovaného piva. Destilát se vede spojovací trubkou z kolony do separátoru. Zde je oddělena pára s obsahem alkoholu od nealkoholizovaného piva, které kondenzuje. Opakováním postupu lze docílit obsahu alkoholu v pivu na 0,03 % obj. Metoda je naznačena na obrázku 3.



OBRAZEK 3 SCHÉMA ODPARKY S KLESAJÍCÍM FILMEM PRO DEALKOHOLIZACI PIVA ¹

V praxi se nejčastěji využívá metody vakuové destilace, která je znázorněna na obrázku 4. Díky nízké teplotě destilace, která nepřekračuje 30-40 °C dochází k minimální změně barvy a chuti. Vakuová destilace je založená na užití dvoustupňové až třístupňové odparky. V deskovém výměníku se pivo zahřeje na teplotu 45 °C. Převeďte se do destilátoru aromatických látek, kde se při snížené teplotě a výrazně sníženém tlaku koncentrují snadno těkavé látky ze sladu a chmele, které zajišťují buket piva. Tyto látky se rychle odpařují a koncentrují v rekombinačním tanku. Pivo se z destilátoru (stripperu) převede do vakuové části odparky. Zde se při teplotě asi 40 °C odpařuje alkohol a odchází do kondenzátoru. Na deskovém výměníku se odalkoholizované pivo ochlazuje na 0 až 1 °C. Přidají se odpařené těkavé látky ze sladu a chmele, naředí se odplyněnou vodou na původní koncentraci a provedou se běžné finální úpravy.



OBRÁZEK 4 SCHEMA VAKUOVÉHO ODPARU ALKOHOLU Z PIVA ¹

- Odstranění alkoholu z piva pomocí membránových technik

V podstatě jde o dialýzu a reverzní osmózu. Principiálně se jedná o oddělení látek určité molekulové hmotnosti, hlavně ethanolu, který projde póry membrány. Odstranit alkohol z piva lze také technikami bez tepelného zatížení. Alkohol z piva se odděluje na základě různé molekulové hmotnosti. Přes póry membrány projde alkohol a látky s podobnou molekulovou hmotností. Větší molekuly látek extraktu piva zůstávají zachovány v pivu.

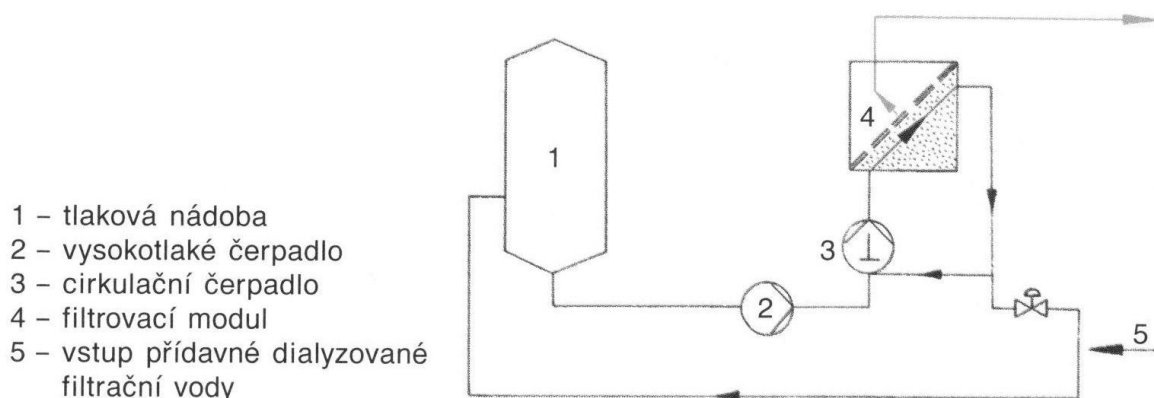
Dialýza

Ethanol se odděluje z piva při průchodu membránou do dialyzátu na základě vyrovnání rozdílných koncentrací. Na jedné straně membrány protéká odsolená voda a opačným směrem na druhé straně, cirkuluje pivo. Membrána pro dialýzu primárně propouští molekuly ethanolu a vody. Alkohol z piva přechází do dialyzátu tak dlouho, až nastane rovnovážná koncentrace na obou stranách membrány. Dialyzát se kontinuálně

odvádí, odparem se z něj odstraňuje ethanol, poté se opět vrací do dialyzačního zařízení. Při užití refrakční kolony je možné z dialyzátu oddělovat frakce. Tyto frakce neobsahují alkohol, ale obsahují látky. Buketní látky lze dávkovat zpět do piva. Proces se opakuje tak dlouho, až se docílí potřebné množství ethanolu v pivu. Dialyzační zařízení pracuje bez nároku na vnější dodaný tlak, i když jistý přetlak je nutný k udržení hladiny oxidu uhličitého. Proces se děje v teplotním rozmezí 1-6 °C. K vyloučení hraničních plošných koncentrací se pracuje s vysokými rychlostmi proudících kapalin. Tím dochází k zahřívání piva, které se musí zpětně ochladit. Postup je vůči pivu šetrný, jelikož nedochází ke změnám barvy a extraktu piva a ztráty těkavých látek jsou nižší než při vakuovém odparu. Ztráty oxidu uhličitého jsou větší, ale pivo si zachová původní koncentraci, proto se nemusí ředit. Pivo se následně dosycuje oxidem uhličitým.

Reverzní osmóza

Jedná se o filtraci polopropustnou membránou. Membrána propouští malé molekuly, hlavně vodu a ethanol. Oddělení látek se dosáhne překročením osmotického tlaku. Proces filtrace probíhá s tangenciálním nátokem piva za vysokého tlaku 3-6 MPa. Zvýšeným tlakem se zvyšuje teplota piva, proto je celé zařízení chlazeno, aby pivo nepřesáhlo teplotu 15 °C. Membrány jsou konstruovány z různých materiálů (acetát celulosy, nylon a jiné polymerní látky). Oddělená voda se doplňuje přítokem odplyněné diafiltrační vody, jejíž spotřeba je dvojnásobná až trojnásobná na jednu dávku piva. Obsah ethanolu v pivu se sníží ze 4 % na 0,5 %. Permeát (ethanol, voda a další nízkomolekulové látky) lze dále podrobit frakční destilaci. Těkavé látky bez frakce alkoholu se přidávají zpět k pivu pro zajištění potřebného buketu. Průběh reverzní osmózy je naznačen na obrázku 5



OBRAZEK 5 SCHÉMA PŘIPRAVY NÍZKOALKOHOLICKÉHO PIVA REVERZNÍ OSMOZOU ¹

Nanofiltrace

Filtrační membrána má definovanou velikost pórů umožňující selektivně oddělovat malé molekuly. Proto je jedním z vývojových trendů k odstraňování alkoholu z piva při zachování původní koncentrace extraktivních látek. Nanofiltrace je proces mezi ultrafiltrací a reverzní osmózou, kterým je možno připravit různé druhy piva na bázi jednoho výrobku.

Extrakce alkoholu oxidem uhličitým

Užívá se různých teplot a tlaků. Proces je obdobný používané extrakci aromatických látek^{1, 4, 5, 6, 7}.

2.3 Pivo jako potravina

Chemické složení piva je bohaté, jeho vliv na organismus je velmi diskutovaný v České republice i ve světě. Hlavními složkami jsou makromolekuly bílkovin, cukrů, tuků a nukleových kyselin. Pivo dále obsahuje polyfenolové sloučeniny, hořké látky chmele, vitamíny, minerální látky a alkohol. Obsah jednotlivých látek se mění v závislosti na složení mladiny, stupni prokvašení a celkové kvalitě výchozích surovin. Správná kombinace uvedených složek dává vzniknout fyziologicky vyrovnanému roztoku. Pivo má izotonický charakter, občas může být lehce hypertonický. Energetická hodnota piva je soustředěna hlavně v sacharidech a alkoholu. 10° světlé pivo obsahuje přibližně 1510 kJ/l, 12° pivo kolem 1850 kJ/l. Minerální látky a stopové prvky v pivu pocházejí převážně ze sladu a vody. Ve fyziologicky využitelném stavu jsou přítomny: draslík, sodík, chloridy, vápník, fosfor, hořčík a křemík. Z vitamínů je nejvýznamnější B komplex (pyridoxin, thiamin, riboflavin, niacin a kyselina listová). Polyfenoly v pivu pocházející hlavně ze sladu (katechin, epikatechin, xanthohumol), svými antioxidačními vlastnostmi chrání před působením volných radikálů v těle. Hořké chmelové látky podporují trávení^{8,9}.

2.3.1 Senzorické vlastnosti piva

Dominantní chutí piva je slad a chmel, přípustná je slabá chuť pasterizace, kvasnic nebo esterů. Nepřípustné jsou cizí vůně a příchutě. Nižší intenzita celkového aroma je způsobena relativně nízkým obsahem nežádoucích vedlejších produktů kvašení. Pivo má střední až silný říz s pomalým uvolňováním oxidu uhličitého. Plnost je střední až vysoká. Tato vlastnost se dosáhne díky nezkašeným zbytkům extraktu. Nižším prokvašením se dosáhne nižšího obsahu alkoholu. Další důležitou vlastností piva je hořkost.

2.3.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti

Fyzikální a chemické vlastnosti piva závisí na druhu piva. Základní dělení piv dle obsahu původního extraktu mladiny je na „ležáky“, dříve označované jako „dvanáctka“ a „výčepní piva“ dříve označované jako „desítka“. Dále se rozdělují piva dle barvy a použitého sladu na světlá a tmavá. Množství extraktu v původní mladině, obsah alkoholu, barva a další důležité vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 1.

TABULKA 1: FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI PIV¹⁰

Ukazatel	Druh piva			
	Ležák		Výčepní pivo	
	světlý	tmavý	světlé	tmavé
extrakt v původní mladině v hmotnostních %	11,00 - 12,99		8,00 - 10,99	
Alkohol ¹⁾ v objemových %	3,8 - 6,0	3,6 - 5,7	2,8 - 5,0	2,6 - 4,8
barva (j. EBC)	8 - 16	50 - 120	7 - 16	50 - 120
hořkost (j. EBC)	20 - 45		16 - 28	
prokvašení skutečné v %, nejméně	50	45	50	45
rozdíl prokvašení v %	1 - 9	2 - 9	1 - 11	2 - 11
polyfenoly mg/l	130 - 230	-	-	-
oxid uhličitý ²⁾ v hmotnostních %	0,30			
pH	4,1 - 4,8			

1) U piv s obsahem alkoholu nad 1,2% až do 5,5% objemových včetně se připouští absolutní hodnota kladné i záporné odchylky 0,5% objemových od deklarované hodnoty a u piv s obsahem alkoholu nad 5,5 % objemových se připouští absolutní hodnota kladné i záporné odchylky 1% objemových od deklarované hodnoty, přičemž musí být dodrženy minimální a maximální stanovené hodnoty

2) Kromě piv skladovaných pod atmosférou jiných balících plynů nebo propellantů

2.3.1.2 Vliv chemického složení piva na konzumenta

V pivu se nachází široká škála polyfenolů a fenolických kyselin pocházejících ze sladu a chmele. Významné jsou katechiny a epikatechiny, nejvýznamnější je xanthohumol. Xanthohumol je silně antikarcinogenní, jeho obsah se pohybuje v rozmezí 0,2 až 1,1 % v pivu. Další antikarcinogenní látky v pivu jsou některé α - a β -hořké kyseliny (kolupulon a humulon). Humulon s aktivní formou vitamínu D vykazuje vyšší účinnost v organismu, než samotný vitamín D. Fytoestrogeny snižují výskyt rakoviny prsu, dělohy, tlustého střeva a prostaty. V našich zeměpisných polohách se v potravě přijímá až 100krát méně fytoestrogenů, než jinde na světě. Pro příjem fytoestrogenů je z výživového hlediska přípustné 1 litr piva za den, tím je možno příjem zvýšit o 10 %.

Pivo lze nazvat „vitamínovým koktejlem“, protože obsahuje významná množství vitamínů. V první řadě jsou to vitamíny skupiny B – pyridoxin, riboflavin, kobalamin, kyselina panthothenová, kyselina folová, thiamin a biotin, niacin. Při konzumaci 1 litru piva denně je ze 17 % kryta dávka riboflavinu a pyridoxinu, 17 % biotinu i 8 % niacinu denního příjmu.

Obsah makromolekul v pivu – bílkovin, nukleových kyselin, sacharidů a lipidů závisí na obsahu extraktu původní mladiny a stupni prokvašení. V pivu se nachází 2-6 % extraktivních látek. Hlavní složkou extraktu jsou sacharidy – dextriny, mono- a oligosacharidy, maltóza, maltotrióza a pentóza. Obsah dusíkatých látek je v rozmezí 6–9 %, polyfenoly 100-180 mg/l, hořké látky z chmele 15-40 mg/l, glycerol, lipidy a heterocyklické látky¹¹.

2.4 Analytický rozbor pív

Chemické složení jednotlivých druhů pív je částečně rozdílné. Rozdílnost ve složení je dána použitými surovinami a jednotlivými technologickými postupy. Ovšem všechna piva obsahují většinu stejných sloučenin. Tyto sloučeniny jsou zastoupeny v různých koncentracích. Analyticky důležitým údajem pro piva je obsah extraktu a alkoholu v závislosti na hustotě vzorku. Z uvedených hodnot se pomocí Ballingova vzorce zjistí základní parametry týkající se původního extraktu a stupně prokvašení. Hlavní

analytickou vlastností je obsah původního extraktu v hmotnostních procentech, nebo obsah alkoholu v hmotnostních či objemových procentech.

2.4.1 Stanovení hustoty

Hustota je veličina, která udává podíl hmotnosti vzorku k jeho objemu. Obvykleji se označuje řeckým písmenem ρ , její jednotkou nejčastěji používanou v analytických rozborech piva je ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Relativní hustota je veličina, která udává poměr hustoty vzorku k hustotě referenční látky. Tento poměr je označován za měrnou specifickou hmotnost (SG – specific gravity). Označuje se písmenem h a je bezrozměrná. Jako referenční látka se nejčastěji užívá destilovaná voda. Uvádí-li se SG, je nutno uvést teploty vzorků a referenční kapaliny. V pivovarství se standardně udává SG20/20, což znamená, že se vzorek i referenční kapalina měří při 20°C.

• Pyknometrické stanovení hustoty

U pyknometrického měření se musí započítávat korekce na roztažnost skla pyknometru a obsah plynů ve vodě. Vodní hodnota pyknometru je hmotnost odplyněné vody zaujímající stejný objem jako měřený vzorek. Pyknometr a postup měření jsou naznačeny na obrázku 6.



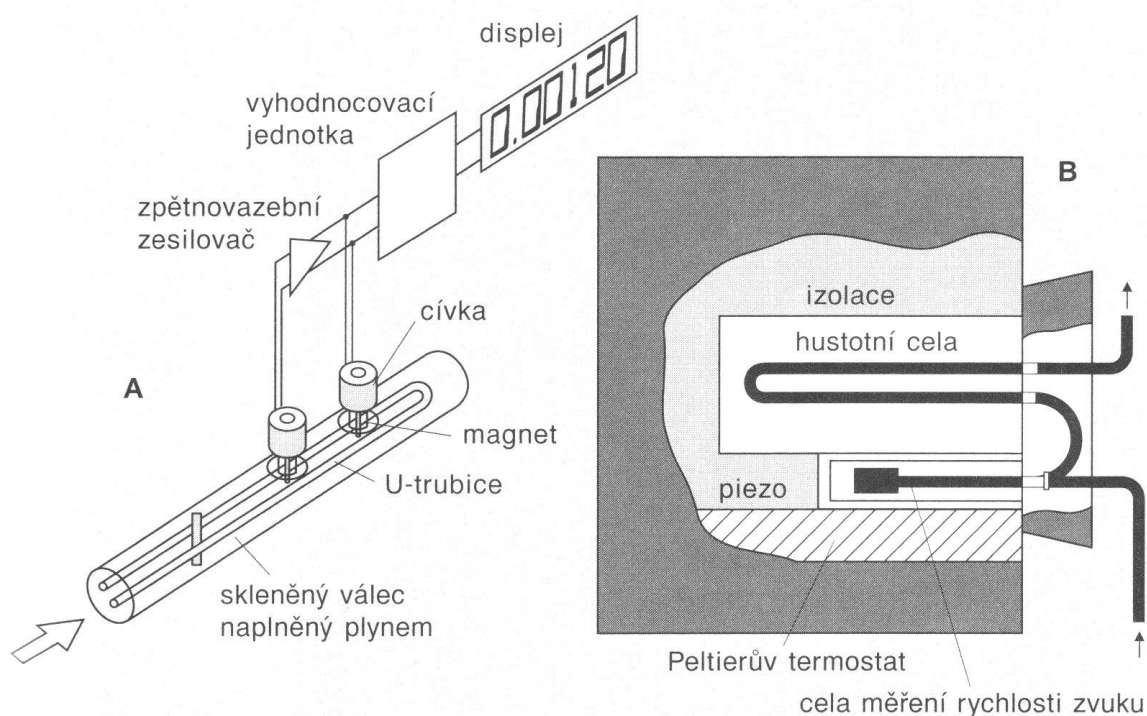
OBRAZEK 6: PYKNOMETRICKÉ STANOVENÍ HUSTOTY

Při určení hustoty kapalin se pyknometr váží v pořadí:

- Prázdny a suchý i se zátkou
- Naplněný pouze referenční kapalinou i se zátkou
- Naplněný stanovovanou látkou i se zátkou

• Denzitometrické stanovení hustoty

Denzitometry jsou přístroje pro měření hustoty, které vznikly řadou pokusů o zjednodušení měření hustoty. Nejpoužívanější denzitometr je „Číslicový denzitometr s kmitající U-trubicí“. Přístroj pracuje na principu ladičky s měřením frekvence kmitů. Trubice osciluje s charakteristickou frekvencí závislou na hustotě kapaliny uvnitř trubice. Oscilační frekvence se pak převádí na hustotu. Denzitometry jsou vyráběny jak pro analytické účely, tak i pro provozní účely. Schéma denzitometru je naznačeno na obrázku 7.



OBRÁZEK 7 SCHÉMA DENZITOMETRU (A) A KOMBINACE DENZITOMETRU A MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU (B)¹

Jedinou referenční metodou zůstává metoda klasického destilačního stanovení s pyknometry, které lze nahradit číslicovým denzitometrem.

Princip destilačního stanovení extraktu a alkoholu. Zdánlivý extrakt piva je extrakt stanovený v tomto nápoji pyknometricky po jeho zbavení oxidu uhličitého. Skutečný extrakt je nezkašený extrakt piva, který se stanoví pyknometricky po oddestilování alkoholu a doplnění destilovanou vodou na původní hmotnost vzorku. Alkohol se stanoví v destilátu pyknometricky. Mezi zdánlivým extraktem, skutečným extraktem, obsahem

alkoholu v pivu a extraktem původní mladiny jsou určité vztahy, které zpracoval Balling do nauky o attenuaci (zředění) a vymezil význam termínu prokvašení piva. Velký Ballingův vzorec pro výpočet extraktu původní mladiny p v %.

$$p = \frac{2,0665 * A + E_S}{100 + 1,0665 * A} \quad (1)$$

Kde A je obsah alkoholu v hmot.%, E_S je obsah skutečného extraktu. Z naváženého vzorku piva se vydestiluje alkohol, destilační zbytek po oddestilování alkoholu se použije ke stanovení skutečného extraktu a z obou získaných údajů se vypočte hmotnostní zlomek konvenčního extraktu^{1,15}.

2.4.2 Stanovení obsahu alkoholu

Stanovení obsahu alkoholu je další veličinou, která se měří nejčastěji. Pro stanovení alkoholu se používá mnoho způsobů.

- Destilace a měření hustoty
- Alkoholový spalovací senzor
- Rychlost ultrazvuku
- Spektrometrie v blízké infračervené oblasti (NIR)
- Spektrofotometrie po reakci s činidlem
- Refraktometrie
- Enzymová analýza
- Kryoskopie
- Ebulioskopie
- Kapalinová chromatografie

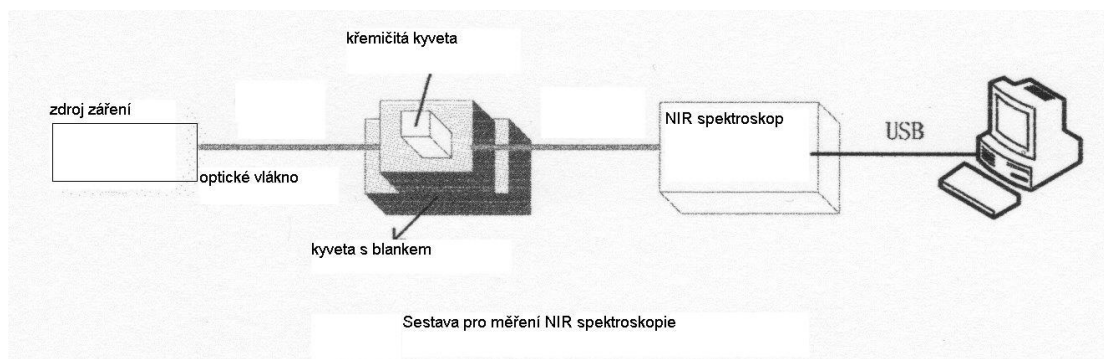
Jako jedinou referenční metodou pro stanovení alkoholu byla určena metoda klasického destilačního stanovení s pyknometry nařízením Evropské Komise (ES) 2870/2000¹². Balliangův vzorec požaduje pro výpočet dvě hodnoty. Obsah alkoholu a skutečný extrakt viz. rovnice 1. Pro časovou úsporu se metody pro naměření veličin

kombinují. Z automatických analyzátorů se nejčastěji využíval přístroj SCABA. Hustota piva byla přesně měřena denzitometrem a obsah alkoholu spalovacím vysoce citlivým senzorem. Současně byla analyzátozem změřena barva piva a pH. V současnosti se k analýzám piva používají analyzátoři firmy PAAR. V těchto přístrojích se současně měří hustota a infračervená spektroskopie. Je-li do přístroje přidáno přetlakové plnění kmitající trubice, je možno pracovat bez odplynění. Současně je změřen obsah kyslíku a oxidu uhličitého.

Rychlá metoda stanovení alkoholu pro sériové analýzy je metoda refraktometrická. Princip metody je založen na lomu paprsku při přechodu z opticky řidšího prostředí (vzorek piva) do opticky hustšího prostředí (prisma). Lom paprsku je funkcí koncentrace alkoholu a extraktu, teploty a vlnové délky. Z naměřených hodnot refrakce a relativní hustoty piva lze sestavit pomocí počítačového programu rovnici regrese, z níž lze vypočítat hodnotu skutečného extraktu, alkoholu a původní mladiny.

Obsah ethanolu a glycerolu lze též stanovit pomocí účinné vysokotlaké kapalinové chromatografie. Principem stanovení je rozdělení ethanolu a glycerolu na sloupci iontoměnič v kyselém vodíkovém cyklu v koloně od ostatních složek piva a po detekci na univerzálním refraktometru se vyhodnocuje jejich koncentrace z grafického záznamu chromatogramu.

Spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR) je využívána pro stanovení alkoholu v přístrojích například Anton Paar Alcoalyzer Plus Beer. NIR spektroskopie je rychlá, nedestruktivní metoda, která nevyžaduje speciální úpravu vzorku před měřením. Principem je měření absorpce záření molekulou v oblasti vlnových délek 780 – 2500 nm. Schéma provedení NIR spektroskopie je naznačeno na obrázku 8^{1,13,14}.



OBRÁZEK 8 SCHEMA NIR SPEKTROSKOPIE¹³

2.4.2.1 Stanovení ethanolu v nealkoholických a nízkoalkoholických pivech dle EBC

Vzorky, které se touto metodou analyzují, musí mít koncentraci ethanolu v rozsahu 0,005 až 0,006 g/l (0,00063 až 0,0078 % obj.) Vzorky s vyšší koncentrací je nutno zředit. Při tomto stanovení interferují další alkoholy, ale jejich koncentrace je vůči ethanolu zanedbatelná. Ethanol se nejdříve oxiduje na acetaldehyd nikotinamidnukleotidem (NAD⁺) na acetát v přítomnosti aldehyddehydrogenasy. NAD⁺ je v obou reakcích redukován na NADH, který se stanoví na základě vzestupu hodnot absorbance měření při 340 nm. Koncentrace ethanolu se vypočte s použitím konstanty absorbance NADH při 340 nm¹⁵.

2.4.3 Stanovení dalších ukazatelů v pivu

Další ukazatelé jsou důležitými znaky pro spotřebitele i výrobce. Udávají charakteristické organoleptické vlastnosti piva.

2.4.3.1 Hořkost piva

Za hořké látky bývají především považovány iso- α -hořké kyseliny. Stanovují se spektrofotometrickou metodou. Pro uvedené stanovení je nutné hořké látky extrahovat z okyselené mladiny v izooktanu. Po extrakci vytřepáním se vzorek měří spektrofotometricky při vlnové délce 275nm. Obsah hořkých látek se vyjadřuje v jednotkách hořkost JH¹.

2.4.3.2 Stanovení oxidu uhličitého

Oxid uhličitý výrazně ovlivňuje říz a pěnivost piva. Říz piva znamená, jak je pivo sensoricky a fyziologicky vnímáno. Dochází-li ke kvašení pod přetlakem, nebo za vysokého hydrostatického tlaku je potlačena fyziologická činnost kvasinek vlivem rostoucího obsahu alkoholu. Též je potlačena tvorba nežádoucích těkavých látek, hlavně vyšších alkoholů. Efektem společného vlivu oxidu uhličitého a ethanolu je výrazně omezen rozvoj kvasničné a bakteriální kontaminace. Oxid uhličitý se v pivu nachází v různých rovnovážných formách. Odstraněním oxidu uhličitého klesá jeho pH.

Při základním rozboru piva je oxid uhličitý nutno odstranit, této operaci se říká dekarbonizace vzorku. Tvorba bublinek ovlivňuje stanovení hustoty. Provádí-li se refraktometrický rozbor piva, změřená hodnota refrakce je minimálně ovlivněná přítomností oxidu uhličitého. Uvedené skutečnosti se využívá v některých provozních analyzátoch. Při odstraňování oxidu uhličitého ze vzorku piva klesá obsah alkoholu a těkavých látek, proto je tato úprava problematická. Dekarbonizace se provádí následnými technikami:

- Třepání (ruční, mechanické – třepačka)
- Probublávání (dusík, vzduch)
- Var
- Ultrazvuk
- Membránové odplynění
- Rotační třepačka
- Míchání mixerem

• Chemické metody stanovení oxidu uhličitého v pivu

Ke stanovení oxidu uhličitého se nejčastěji užívají následné chemické metody:

- * Desorpce – plyn je uvolněn varem následně pohlcen v alkalickém hydroxidu
- * Přímá titrace – reakce s alkalickým hydroxidem a převedení na uhličitán vápenatý nebo barnatý
- * Nepřímá titrace – reakce s alkalickým hydroxidem, uvolnění minerální kyselinou a po pohlcení hydroxidem barnatým retitrace
- * Kolorimetrie – difuze uvolněného plynu membránou, pohlcení v roztoku s barevným indikátorem

• Fyzikální metody stanovení oxidu uhličitého v pivu

- * Měření tepelné vodivosti plynu uvolněného přidavkem kyseliny z uhličitanu vzniklého reakcí piva s alkalickým hydroxidem
- * Přímá spektrometrie v infračervené oblasti
- * Infračervená spektrometrie pro oddělení plynu z piva membránou
- * Manometrické metody

V současné době se nejčastěji využívají manometrické metody, měření tepelné vodivosti a spektrometrie v infračervené oblasti. Při užití posledních dvou uvedených metod je nutné separovat plyn membránou. Manometrické metody využívají platnosti Henryho zákona. Uvedený zákon říká, že váhové množství plynu rozpuštěné za dané teploty v kapalině je přímo úměrné tlaku plynu nad kapalinou. Při měření se počítá s předpokladem lineární závislosti mezi parciálním tlakem oxidu uhličitého a jeho obsahem v pivu. K dosažení rovnovážného tlaku oxidu uhličitého se využívá třepání, míchání, působení ultrazvuku a elektrolyza. Uvolnění oxidu uhličitého ultrazvukem využívá přístroj firmy Haffmans. Analyzátor PAAR využívá uvolnění oxidu uhličitého mícháním z piva přetlačeného do měrné komůrky. Vyskytuje-li se doprovázející plyn, dochází ke snížení tlaku o parciální tlak doprovázeného plynu. Rovnovážný tlak oxidu uhličitého je vypočítán dle klasického Haffmansova vzorce, (viz. rovnice 2). Vzorec uvádí závislost koncentrace oxidu uhličitého v pivu s původním extraktem 12% a stupněm zdánlivého prokvašení 80%.

Haffmansova rovnice

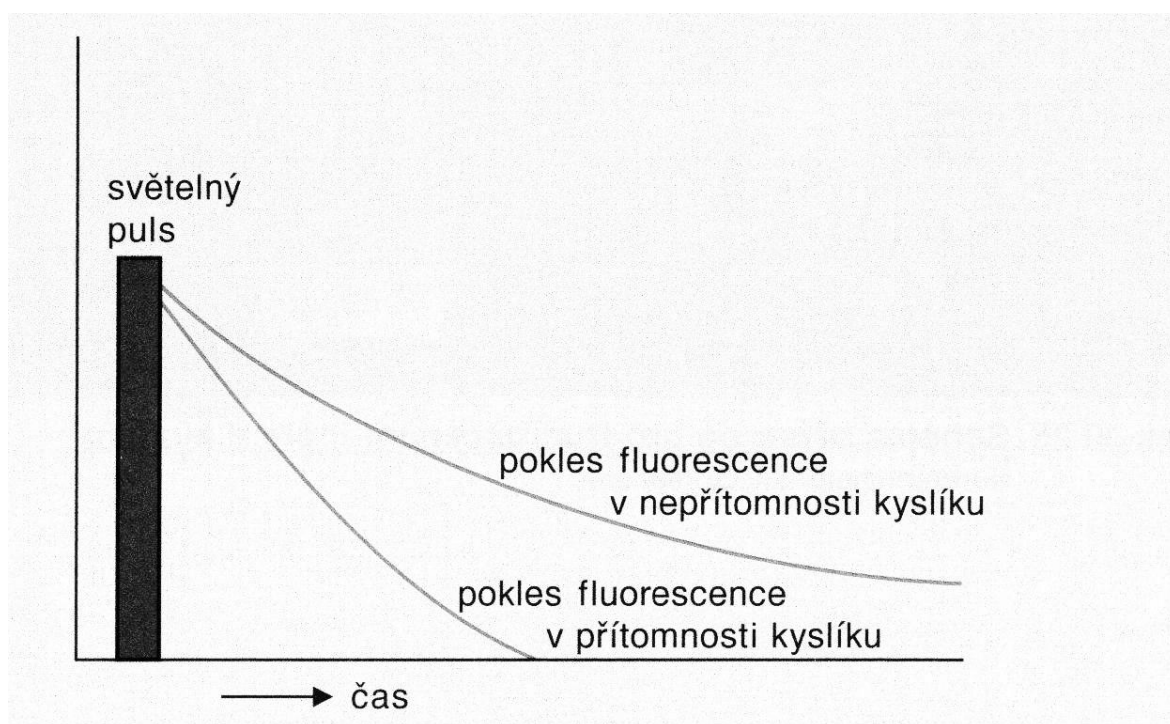
$$c_{CO_2} = \left(\frac{p_{CO_2} + 101,3}{100} \right) \exp \left[-10,73797 + \frac{2671,25}{t + 273,15} \right] \quad (2)$$

Kde c_{CO_2} obsah oxidu uhličitého v hmot.%, p_{CO_2} přetlak oxidu uhličitého v kPa a t teplota oxidu uhličitého. Oxid uhličitý nebo rozpuštěný dusík lze přímo stanovit měřením tepelné vodivosti, nebo infračervenou spektroskopií po oddělení plynu z piva membránou¹.

2.4.3.3 Obsah kyslíku

U kyslíku se stanovuje jeho celkový obsah. V pivu a v obalu se totiž nachází v plynné i kapalně fázi. V současné době se pro stanovení kyslíku využívají elektrochemické metody, které jsou založeny na voltametrickém principu. Rozpuštěný kyslík v pivu je oddělen membránou. Je redukován na platinové nebo zlaté elektrodě. Difúzní proud při stanovení je úměrný obsahu kyslíku v pivu. V současnosti se užívá analyzátorů s elektrodami, které nejsou kryté membránou.

Analyzátor kyslíku je přístroj využívající fluorescenčního principu. Je využita emise červeného světla po ozáření fluorochromu zařízením s kratší vlnovou délkou. Je-li přítomen kyslík, dochází k rychlému zhášení vyzařování, jak je naznačeno na (Obrázek 9)¹.



OBRÁZEK 9 ZHÁŠENÍ FLUORESCENCE KYSÍKEM¹

2.4.3.4 Obsah ostatních látek

U analýzy obsahu ostatních látek často záleží na použitém analytickém postupu. Z hodnot uváděných v literatuře lze porovnat obsah hlavních složek pív. Rámcové hodnoty pro německý ležák jsou uvedeny v tabulkách 2, 3 a 4. Hodnoty u německého ležáku jsou podobné českému pivu. Původní extrakt 11,80 %, alkohol 3,93 %

hmot. Při analýze piva se rozlišují znaky pro výrobce (filtrovatelnost, obsah aminodusíku) a znaky významné pro uživatele (azosloučeniny a oxid uhličitý). Někdy se uvedené znaky kombinují (stupeň prokvašení a biacetyl). Stabilitu piva nejvíce ovlivňuje obsah kyslíku a antioxidační kapacita. O koloidní stabilitě rozhoduje obsah bílkovin i polyfenolových látek, o stabilitě pěny rozhoduje obsah hořkých látek, lipidů a pH piva.

Kromě výše uvedených základních složek piva o chuti a vůni rozhodují další těkavé látky. Tyto látky vznikají při sladování, výrobě mladiny, kvašení a dokvašování. Patří sem vyšší alkoholy, aldehydy, ketony, estery a sírné sloučeniny. Koncentrace těkavých látek se pohybuje v řádech pikko až nano gramů na litr piva. Tyto sloučeniny se v běžné kontrole nestanovují¹.

TABULKA 2: CUKRY, DUSÍKATÉ LÁTKY A ANORGANICKÉ LÁTKY V 11,8% LEŽÁKU ¹

Cukry (mg l ⁻¹)		Dusíkaté látky (mg l ⁻¹)		Anorganické látky (mg l ⁻¹)	
glukosa	150	bílkoviny	5 000	draslík	493
fruktosa	30	nízkomolekulární	185	sodík	30
sacharosa	5	středněmolekulární	83	vápník	34
maltosa	1 430	vysokomolekulární	26	hořčík	107
maltotriosa	1 930	histidin	36	fosfor (celkový)	308
maltotetrosa	3 360	isoleucin	34	měď	0,07
maltopentosa	1 330	leucin	55	železo	0,09
maltohexosa	1 150	lysin	16	mangan	0,17
maltoheptosa	1 090	methionin	2	zinek	0,06
maltooktosa	1 220	fenylalanin	77	sírany	176
maltononosa	1 590	threonin	5	chloridy	179
maltodekosa	1 750	tryptofan	20	křemík	107
maltoundekosa	920	valin	73	dusičnany	23
maltododekosa	640	arginin	72	oxid uhličitý	5 000
maltotridekosa	760	prolin	357	oxid siřičitý	3,7
maltotetradekosa	1 020	asparagová kys.	28		
maltopentadekosa	880	glutamová kys.	40		
maltohexadekosa	950	glycin	31		
maltoheptadekosa	8 000	alanin	103		
maltooktadekosa	11 300	tyrosin	76		
vyšší dextriny	5 490	cystein	12		
celkové pentosany	60	cystin	6		
glukany	350	amonné soli	21		

Cukry v pivu lze stanovit účinnou vysokotlakou kapalinovou chromatografií označovanou HPLC. Vzorek je nutno před analýzou nechat odpěnit v ultrazvukové lázni. Následně se ředí acetonitrilem 1:2, filtruje se přes organický filtr umístěný na stříčce. Póry filtru jsou 2.10⁻³ mm velké. Používá se chromatografická kolona o vnitřním průměru

250 mm x 4,6 mm. Kapalnou fází je roztok acetonitrilu, sorbentem je např. Spherisorb NH₂. Jako detektor byl použit LSD (light scattering detector) detektor vhodný na sacharidy^{9,16}.

Bílkoviny v pivu jsou zodpovědné za stabilitu piva a pěny a částečně za výživovou hodnotu. Jejich stanovení je možno více způsoby. Například změřením fluorescence, iontově výměnnou chromatografií, elektroforetickou separací¹⁷.

TABULKA 3: HOŘKÉ LÁTKY, POLYFENOLY A ORGANICKÉ KYSELINY V 11,8% LEŽÁKU¹

Hořké látky (mg l ⁻¹)		Polyfenoly (mg l ⁻¹)		Organické kyseliny (mg l ⁻¹)	
humulony	0–4	celkové	172	pyrohroznová	62
humulinová kys.	stopy	anthokyanogeny	46	citronová	190
hulupon	1–5	katechin	5–55	octová	129
hupulinová kys.	stopy	epikatechin	9–24	glukonová	47
humuladienon	0,70	rutin	1–6	šťavelová	12
isohumulony (ISO)	10–40	kvercetin	5–125	jantarová	16
tricyklodehydro- isohumulony (TCDI)	1–4	kvercitrin	1	malonová	85
hydratované ISO	2	chlorogenová kys.	2–20	L–mléčná	40
<i>allo</i> -isohumulony	1–5	kávová kys.	2–20	D–mléčná	50
<i>anti</i> -isohumulony	stopy	quinová kys.	1–5	fumarová	10
<i>abeo</i> -isohumulony	6–160	<i>p</i> -kumarová kys.	1–7	glykolová	19
oxidační produkty ISO	100–200	ferulová kys.	2–21	α -ketoglutarová	5
		sinapová kys.	1–20	galakturonová	5
		kamferol	5–20		
		myricetin	1		
		gallová kys.	5–29		
		<i>p</i> -hydroxybenzoová kys.	5–20		

Hořké látky se v pivu stanovují též HPLC jako sacharidy. Jako detektor se používá UV detektor, nebo hmotnostní detektor. Při otevření lahve piva lze sledovat úbytek hořkých látek během 7 dní^{9,18}.

Polyfenoly lze stanovit skupinově, nebo jednotlivě. Skupinové stanovení využívá společných vlastností polyfenolů. Využívá se vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) s UV-VIS detektorem nebo hmotnostním detektorem. Stanovení jednotlivých polyfenolů je založeno na metodě EBC, kdy polyfenol reaguje s trojmocným železem

v alkalickém prostředí za vzniku červeného komplexu, který se měří při vlnové délce 600nm. Pro stanovení polyfenolů je nutná jejich extrakce a zkoncentrování¹⁹.

TABULKA 4: PRODUKTY KVAŠENÍ, SLOŽKY NUKLEOVÝCH KYSELIN A VITAMÍNY V 11,8% LEŽÁKU¹

Produkty kvašení (mg l ⁻¹)		Nukleové kyseliny (mg l ⁻¹)		Vitaminy (µg l ⁻¹)	
glycerol	1417	adenin	9	thiamin	33
propan-1-ol	11	guanin	9	riboflavin	410
isobutanol	9	hypoxanthin	6	pyridoxin	650
isopentylalkohol	57	xanthin	8	pantothenová kys.	1632
2-fenylethanol	19	adenosin	11	niacin	7875
tyrosol	6	guanosin	87	biotin	13
methanol	3	cytosin	2	vitamin B ₁₂	0,1
ethylacetát	16	uracil	3	listová kyselina	82
isoamylacetát	1	cytidin	52	myo-inositol	10100
acetaldehyd	7	uridin	68	cholin	18100

Plynová chromatografie (GC) se často využívá pro rozборы v pivovarství pro širokou škálu látek. Současný trend je rychlá plynová chromatografie, která slouží k zrychlení analýz. Pro GC se v současnosti používají kolony o průměru 0,18mm. Mezi vnitřním průměrem kolony a šířkou píku platí přímá úměrnost. V kapilární plynové chromatografii se nejčastěji používá helium, dusík, vodík nebo argon. Nesporná výhoda helia spočívá v tom, že se dá použít v kombinaci se všemi typy detektorů, včetně hmotnostních. Z tohoto důvodu jde o nejpoužívanější nosný plyn. Helium a dusík jsou netoxické, nehořlavé a i proto velmi bezpečné. V plynové chromatografii se k detekci používá plamenoionizační detektor s přídavným plynem eliminujícím ztrátu citlivosti v důsledku rozmytí píků nebo mikro-ECD detektor^{20,21}.

2.5 Popis přístroje k měření vzorků

Alcolyzer Plus Beer je založen na principu vysoce přesného, patentovaného NIR spektrometru, pomocí kterého se měří obsah alkoholu v pivu v koncentračním rozmezí 0-12obj %. Volitelně může být Alcolyzer Plus Beer vybaven rovněž příslušenstvím pro měření barvy a pH. Hodnota barvy (EBC nebo ASBC) se stanovuje na principu absorpce světla. Pro stanovení pH se používá elektroda Hamilton (Polilyte Lab) nebo elektroda

Orion (model 91-63). V kombinaci s hustoměrem Anton Paar DMA 4500/5000 a autosamplerm SP-1m lze veškeré parametry pro analytické hodnocení výroby piva stanovit automaticky. Přístroj nevyužívá měření pH, ani měření barvy. Pro měření vzorků byla použita metoda „BEER“, což je standardní metoda pro analýzu piv. Tato metoda je použitelná pro téměř všechny druhy vzorků²². Přístroj je zobrazen na obrázku 10.



OBRÁZEK 10 ALCOLYZER PLUS BEER – ANTON PAAR GMBH²³

3. Experimentální část

3.1 Přístroje a zařízení

Pro odstranění oxidu uhličitého ze vzorků pív byla použita běžná laboratorní třepačka umístěná v laboratoři. Pro změření hodnot vzorků byl použit přístroj Alcoalyzer Beer plus Anton Paar.

3.2 Vzorky

Vzorky piva byly zakoupeny v běžném supermarketu. Výběr vzorků byl proveden tak, aby byla zastoupena co nejširší škála druhů pív. Dle barvy - světlá, tmavá, piva výčepní, ležáky, nízkoalkoholické, nealkoholické. Přehled vzorků uvádí tabulce 5.

TABULKA 5 PŘEHLED VZORKŮ POUŽITÝCH K ANALÝZE

Vzorek č.	Název	Výrobce		
1	Staropramen nealko	Pivovary Staropramen a.s, Praha	nealko	Světlé
2	Erdinger alkoholfrei, pšeničné filtrované	Privat brauerei ERDINGER WEISSBRÄU Werner Brombach GmbH, SRN	nealko	světlé pšeničné filtrované
3	Birell Radegast nealko	Plzeňský prazdroj, Plzeň	nealko	Světlé
4	Platan nealko	K.Brewery Trade a.s, Praha	nealko	Světlé
5	Fríí nealko	Heineken Česká republika, Krušovice	nealko	Světlé
6	Budweiser Budvar světlé výčepní	Budějovický Budvar, České Budějovice	výčepní	Světlé
7	Světlý Staropramen výčepní	Pivovary Staropramen a.s, Praha	výčepní	Světlé
8	Staropramen COOL Lemon	Pivovary Staropramen a.s, Praha	výčepní	Světlé
9	Holba Classic výčepní světlé	Pivovar Holba AS, Hanušovice	výčepní	Světlé
10	Holba Šerák výčepní světlé	Pivovar Holba AS, Hanušovice	výčepní	Světlé
11	Hostan pivo výčepní světlé	Heineken Česká republika, Krušovice	výčepní	Světlé
12	Zubr classic - Prémium Quality tmavé výčepní	Pivoval Litovel A.S.	výčepní	Tmavé
13	Litovel dark tmavé výčepní pivo	Pivovar Litovel a.s., Litovel	výčepní	Tmavé
14	PAULANER Hefe-Weissbier NATURTRÜB	Paulaner Brauerei GmbH, München	ležák 12,5°	Světlé
15	Zlatopramen 11° Ležák	Heineken Česká republika, Krušovice	ležák 11°	Světlé
16	Merlin černý, tmavý ležák	K.Brewery Trade a.s, Praha	ležák	Tmavé

3.3 Příprava a měření vzorku

Vzorky piva byly nechány po dobu 1 hodiny vytemperovat na teplotu laboratoře. Po vytemperování byly vzorky piva přelity do plastových lahví určených ke třepání. Vzorky byly 25 min. třepány na třepačce, aby došlo k vypuzení oxidu uhličitého, který by rušil stanovení. Po vytřepání byly vzorky filtrovány přes skládaný filtr s křemelinou. Filtrace vzorku se provádí, aby nedošlo k zanesení přístroje případnými kvasinkami, nebo jinými tuhými částicemi. Přefiltrované vzorky byly nality do kyvet určených k měření na přístroji Alcolyzer Plus Beer od společnosti Anton Paar GmbH. obrázek 10. Měření bylo provedeno v analytické zkušební laboratoři Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského, a.s. v Praze.

Přístrojem byly naměřeny u vzorků hodnoty skutečného obsahu alkoholu v obj. %, hmot. %, hustota piva v g/cm^3 , zdánlivý extrakt relativní, zdánlivý extrakt hmot. %, skutečný extrakt hmot. %, stupňovitost, skutečné a zdánlivé prokvašení v % a kalorická hodnota v kJ/100ml . Tyto hodnoty jsou uvedeny ve vlastní diskusi.

4. Výsledky a diskuse

4.1 Porovnání obsahu alkoholu

Jednou z významných složek piva je alkohol. Znalost obsahu alkoholu je důležitá jak pro konzumenta z hlediska ovlivnění smyslového vnímání, tak pro výrobce vzhledem k odvodu daní z alkoholu. Obsah alkoholu se liší jedná-li se o nealkoholické pivo, nízkoalkoholické pivo, výčepní pivo („desítka“) nebo ležák („dvanáctka“). Obsah alkoholu byl zjišťován u 16 vzorků, z čehož bylo 5 vzorků světlých nealkoholických piv, jedno nízkoalkoholické na bázi výčepního piva, 6 vzorků světlých výčepních piv, 2 vzorky tmavé výčepní, 2 vzorky světlé ležáky a jeden vzorek tmavý ležák. Obsah alkoholu byl měřen na přístroji Alcolyzer Plus Beer – Anton Paar GmbH. Naměřené hodnoty obsahu alkoholu u různých vzorků piv jsou uvedeny v tabulce 6.

TABULKA 6 OBSAH ALKOHOLU VE VZORCÍCH PIVA

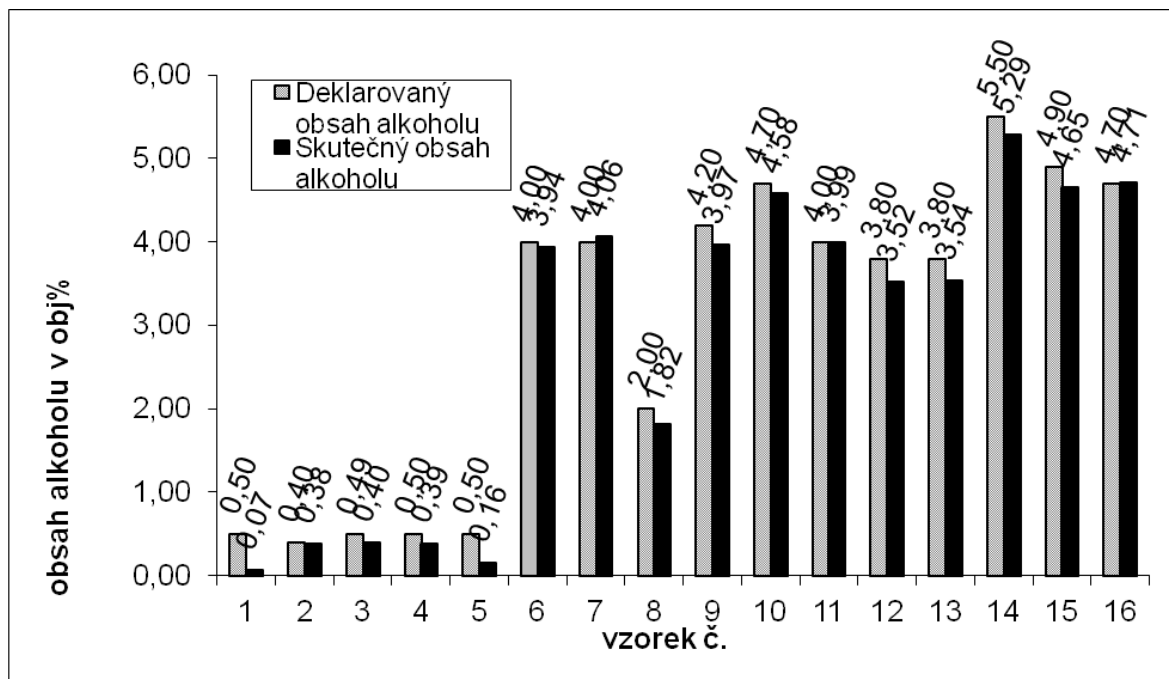
Vzorek č.	Druh piva	Barva piva	Deklarovaný obsah alkoholu obj (%)	Skutečný obsah alkoholu obj. (%)
1	nealko	světlé	0,50	0,07
2 ¹⁾	nealko	světlé	0,40	0,38
3	nealko	světlé	max. 0,49	0,40
4	nealko	světlé	0,50	0,39
5	nealko	světlé	max. 0,50	0,16
6	výčepní	světlé	4,00	3,94
7	výčepní	světlé	4,00	4,06
8 ²⁾	výčepní	světlé	2,00	1,82
9	výčepní	světlé	4,20	3,97
10	výčepní	světlé	4,70	4,58
11	výčepní	světlé	4,00	3,99
12	výčepní	tmavé	3,80	3,52
13	výčepní	tmavé	3,80	3,54
14	ležák	světlé	5,50	5,29
15	ležák	světlé	4,90	4,65
16	ležák	tmavé	4,70	4,71

1) Vzorek č.2 je německé nealkoholické světlé pšeničné filtrované pivo

2) Vzorek č.8 je nízkoalkoholické pivo na bázi výčepního světlého piva

Dle normy se pro nealkoholické pivo se udává obsah alkoholu do 0,5 obj. %. Pro nízkoalkoholické do 2 obj. %. Pro alkoholická piva do 6% obj. Na obrázku 11 jsou porovnány obsahy alkoholu v jednotlivých druzích piv a rozdíl mezi deklarovaným a laboratorně změřeným obsahem alkoholu v pivu.

OBRAZEK 11 POROVNÁNÍ OBSAHU ALKOHOLU DEKLAROVANÉHO A SKUTEČNÉHO VE VZORCÍCH PIV



Vzorky č. 1 – 5 jsou piva nealkoholická světlá. Vzorek č.8 je pivo nízkoalkoholické světlé. Vzorky 6, 7, 9-11 jsou piva alkoholická světlá výčepní. Vzorky 12 a 13 jsou piva alkoholická výčepní tmavá. Vzorky 14 a 15 jsou světlé ležáky alkoholické. Vzorek č.16 je tmavý ležák alkoholický.

Z tabulky 7 vyplývá, že výrobci dodržují deklarovaný obsah alkoholu. U nealkoholických piv je obsah alkoholu výrazně nižší, než je deklarovaný obsah. U nízkoalkoholického piva obsah alkoholu odpovídá deklarované hodnotě na obalu. Ležáky mají vyšší obsah alkoholu, než výčepní piva, což je způsobeno vyšším obsahem extraktu. Nejvyšší obsah alkoholu z ležáčkových piv má vzorek č.14, což je bavorské pivo.

4.2 Extrakt původní mladiny

Extrakt původní mladiny, nebo-li skutečný extrakt v hmotnostních procentech, uvádí hustotu mladiny před zkvašením, tedy kolik procent zkvasitelných cukrů mladina

obsahovala. Dříve se pro skutečný extrakt užívala stupňovitost piva, ale od ní se opustilo. Pro názornost a porovnání jsou v tabulce 7 uvedeny hodnoty extraktu původní mladiny v hmotnostních procentech a stupňovitost *P*.

TABULKA 7 EXTRAKT PŮVODNÍ MLADINY A STUPŇOVITOST

Vzorek č.	Druh piva	Barva piva	Extrakt původní mladiny m/m (%)	Stupňovitost (P)
1	nealko	světlé	3,90	4,01
2 ¹⁾	nealko	světlé	6,52	7,10
3	nealko	světlé	4,81	5,43
4	nealko	světlé	4,02	4,63
5	nealko	světlé	5,01	5,26
6	výčepní	světlé	3,51	9,58
7	výčepní	světlé	3,24	9,51
8	výčepní	světlé	5,42	8,21
9	výčepní	světlé	3,60	9,71
10	výčepní	světlé	3,82	10,82
11	výčepní	světlé	3,59	9,74
12	výčepní	tmavé	4,43	9,83
13	výčepní	tmavé	4,42	9,84
14	ležák	světlé	4,31	12,33
15	ležák	světlé	4,38	11,45
16	ležák	tmavé	5,72	12,80

1) Vzorek č.2 je německé nealkoholické světlé pšeničné filtrované pivo. Vzorky č. 1 – 5 jsou piva nealkoholická světlá. Vzorek č.8 je pivo nízkoalkoholické světlé. Vzorky 6, 7, 9-11 jsou piva alkoholická světlá výčepní. Vzorky 12 a 13 jsou piva alkoholická výčepní tmavá. Vzorky 14 a 15 jsou světlé ležáky alkoholické. Vzorek č.16 je tmavý ležák alkoholický.

Z tabulky je patrné, že extrakt původní mladiny v hmotnostních procentech od stupňovitosti *P* se u nealkoholických piv liší nepatrně v desetínách. U nízkoalkoholického piva je rozdíl větší než u piva nealkoholického, ale nižší než u piv alkoholických. U alkoholických piv je stupňovitost 2,2 – 2,8x vyšší než extrakt původní mladiny.

4.3 Energetická hodnota piva

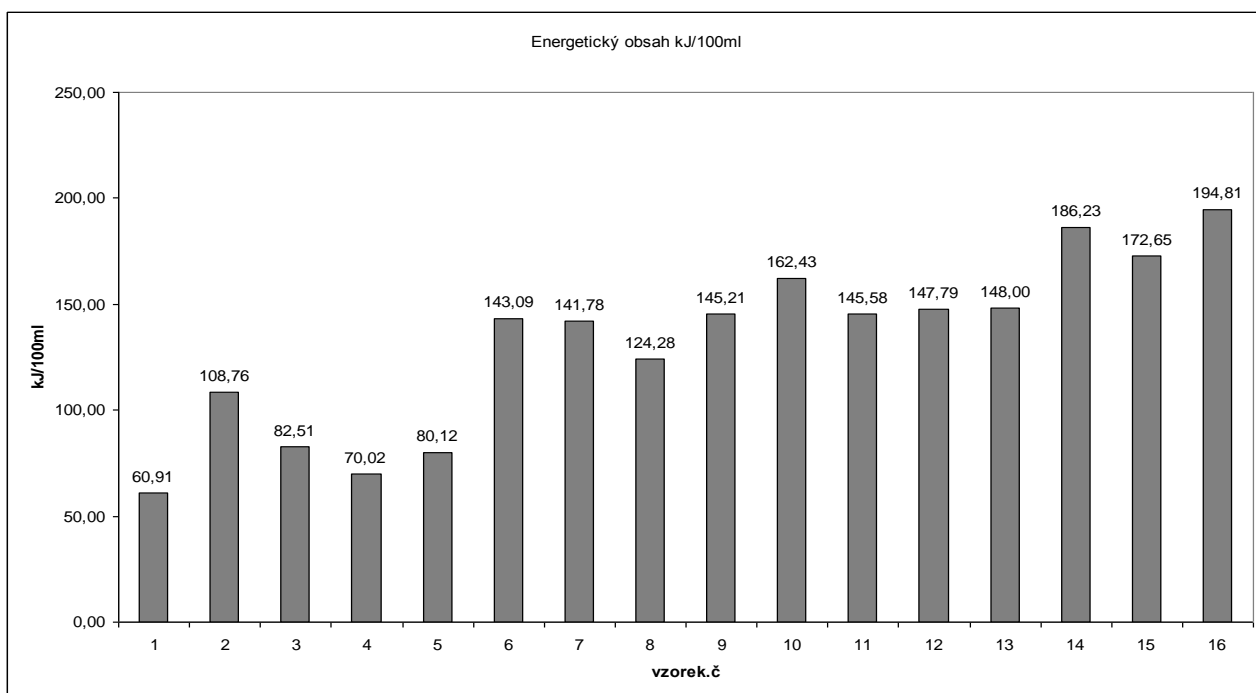
Energetickou hodnotu piva udává obsah alkoholu a cukrů. Cukry jsou obsaženy ve skutečném extraktu, tedy v sušině piva. Přehled energetické hodnoty v kJ/100ml a skutečného extraktu v hmotnostních procentech vzorků piv jsou uvedeny v tabulce 8, grafické porovnání energetické hodnoty je znázorněno na obrázku 12.

TABULKA 8 OBSAH SKUTEČNÉHO EXTRAKTU A ENERGETICKÉ HODNOTY

Vzorek č.	Druh piva	Barva piva	Skutečný extrakt m/m (%)	Energetická hodnota (kJ/100ml)
1	nealko	světlé	3,90	60,91
2 ¹⁾	nealko	světlé	6,52	108,76
3	nealko	světlé	4,81	82,51
4	nealko	světlé	4,02	70,02
5	nealko	světlé	5,01	80,12
6	výčepní	světlé	3,51	143,09
7	výčepní	světlé	3,24	141,78
8	výčepní	světlé	5,42	124,28
9	výčepní	světlé	3,60	145,21
10	výčepní	světlé	3,82	162,43
11	výčepní	světlé	3,59	145,58
12	výčepní	tmavé	4,43	147,79
13	výčepní	tmavé	4,42	148,00
14	ležák	světlé	4,31	186,23
15	ležák	světlé	4,38	172,65
16	ležák	tmavé	5,72	194,81

1) Vzorek č.2 je německé nealkoholické světlé pšeničné filtrované pivo. Vzorky č. 1 – 5 jsou piva nealkoholická světlá. Vzorek č.8 je pivo nízkoalkoholické světlé. Vzorky 6, 7, 9-11 jsou piva alkoholické světlá výčepní. Vzorky 12 a 13 jsou piva alkoholická výčepní tmavá. Vzorky 14 a 15 jsou světlé ležáky alkoholické. Vzorek č.16 je tmavý ležák alkoholický.

OBRAZEK 12 GRAFICKÉ POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝVH VZORKŮ



Vzorky č. 1 – 5 jsou piva nealkoholická světlá. Vzorek č.2 je německé nealkoholické světlé pšeničné filtrované pivo. Vzorek č.8 je pivo nízkoalkoholické světlé. Vzorky 6, 7, 9-11 jsou piva alkoholická světlá výčepní. Vzorky 12 a 13 jsou piva alkoholická výčepní tmavá. Vzorky 14 a 15 jsou světlé ležáky alkoholické. Vzorek č.16 je tmavý ležák alkoholický.

Nejnižší energetickou hodnotu na 100ml má vzorek č.1 nejvyšší má vzorek č.16. Z obrázku 12 je vidět, že tmavá piva mají obecně vyšší energetickou hodnotu na 100 ml, než piva světlá. Což je způsobeno obsahem sacharidů a alkoholu v pivu. Nízkoalkoholické pivo má vyšší energetický obsah, než piva nealkoholická. Tato skutečnost je způsobena technologií výroby nízkoalkoholického piva, kde se výčepní pivo ředí limonádou.

5. Závěr

Tato práce se zabývá s technologií výroby nealkoholických piv a porovnáním jednotlivých složek nealkoholických a alkoholických piv, hlavně obsahu alkoholu. Obsah alkoholu byl sledován u 16 vzorků nealkoholických, nízkoalkoholických a alkoholických piv různých výrobců. Z naměřených výsledků obsahu alkoholu u všech druhů piv je zřejmé, že výrobci dodržují zákony, normu a deklarovanou hodnotu obsahu alkoholu na etiketě. U vzorků nealkoholických piv se vybraným technologickým postupem snížil obsah alkoholu na max. 0,5 obj %, což je znatelné oproti alkoholickým pivům s obsahem alkoholu od 3,8 do 5,5 obj. %. Určení nejúčinnější technologie na výrobu nealkoholického piva nelze, jelikož technologie je výrobním tajemstvím daného pivovaru. Obsah alkoholu u alkoholických piv nezáleží na barvě použitého sladu, ale na tom zda-li se jedná o pivo výčepní, ležák nebo speciál.

Energetickou hodnotu piva ovlivňuje obsah alkoholu a sacharidů. Nelze jednoznačně říci, že nealkoholická a nízkoalkoholická piva jsou nekalorická, ale mají pouze nižší energetickou hodnotu (řádově kolem kJ/100 ml), díky snížené hladině alkoholu. Výčepní piva světlá i tmavá mají přibližně stejnou energetickou hodnotu. Nejvyšší energetickou hodnotu mají piva ležácká, jelikož obsahují více alkoholu než piva výčepní, Energetický rozdíl mezi výčepními pivy a ležáky není na 100ml markantní, přibližně 20kJ, ale při časté vysoké konzumaci je znatelný rozdíl.

V současné době je trendem výroba nízkoalkoholických piv, tzv. Rádlerů. Vyrábí se mícháním piva alkoholického a nealkoholického nebo s perlivou limonádou. Nápoj je určen k uhašení žízně a osvěžení s obsahem alkoholu do 2 obj. %, lze ho zařadit i do pitného režimu (neplatí pro řidiče a jiné činnosti, kde je alkohol zcela zakázán!), ovšem jeho konzumace by neměla přesáhnout 1 l za den.

6. Seznam použité literatury

- (1) Basařová G. a kol., PIVOVARSTVÍ Teorie a praxe výroby piva, Vysoká škola Chemicko- technologická v Praze Vydavatelství VŠCHT Praha, ČR, 2010, ISBN 978-80-7080-734-7.
- (2) Basařová G., Vesmír 84, 2005/4, 221.
- (3) Daněk J., Brožek K., Technologie sladu a piva pro 4 ročník SPŠ potravinářské, SNTL – Nakladatelství technické literatury n. p., Praha 1980.
- (4) Brányik T., P.Silva D., Baszczyński M., Lehnert R., B. Almedia e Silva J.: Journal of Food Engineering 108, 2012, 494-501.
- (5) Sedlecký R., Šmogrovičová D., Chem. Listy 101, 2007, 542-549.
- (6) Catarino M., Mendes A., Separation and Purification Technology 79, 2011, 342-351.
- (7) Potěšil V., Zedek V., KVASNÝ PRŮMYSL 5, 2008, 149-151.
- (8) Prof.MUDr. Zima T., DrSc, Pivo jako zajímavý chemický roztok [online]2010, 14.03.2012 , <http://www.ctpp.cz/cze/article/362-pivo-jako-zajmav-chemick-roztok.html>.
- (9) Cortacero-Ramirez S., Hernainz-Bermudez de Castro M., Segura-Carretero A., Cruces-Blanco C., Alberto Fernandez-Gutierrez G., Trends in Analytical Chemistry 22, 2003, 440-452.
- (10) ČSN 56 6635 Pivo, slad a sladařské výrobky, Praha, Český normalizační institut, 2009.
- (11) Ing. Vladimír Kellner, CSc., Pivo, vitaminy a další důležité látky pro výživu a zdraví člověka [online]2003, <http://www.beers.cz/dokumenty/7.pdf> 30.03.2012.
- (12) Lachenmaier D.W., Burri P.A., Fauser T., Frank W., Walch S.G., Analytica Chimica Acta 537, 2005, 378.
- (13) Xiaofei Wang, Yanfei Bao, Hukli Lui, Gang Li, Ling Lin, Procedia Engineering 29, 2012, 2285-2290.
- (14) Štěrba K. Dostálek P, Karabín M, Chem. Listy 105, 2011, 603-610.
- (15) Basařová G.: Pivovarsko-sladařská analytika, Merkanta 1-3, s.r.o., Praha 1993.
- (16) Luciana C. Nogueiraa, Filipe Silvab, Isabel M.P.L.V.O. Ferreirab, L.C. Trugoa, Journal of Chromatography A 1065, 2005, 207–210.

-
- (17) S. Gorinstein , M. Zemser , F. Vargas-Albores , J-L. Ochoa , O. Paredes-Lopez , Ch. Scheler , J. Salnikow , O. Martin-Belloso , S. Trakhtenberg, *Food Chemistry* 67, 1999, 71-78 .
- (18) Česlová L., Holčapek M., Fidler M., Drštičková M., Lisa M., *Journal of Chromatography A* 1216, 2009, 7249–7257.
- (19) Dvořáková M., Dostálek P., Hulín P., *KVASNÝ PRŮMYSL* 4, 2006, 111-114.
- (20) Horák T., Čulík J., Jurková M, Čejka P., Kellner V., Dvořák J, Hašková D., *KVASNÝ PRŮMYSL* 9, 2009, 250-254.
- (21) Horák T., Čulík J., Jurková M, Čejka P., Kellner V., Dvořák J, Hašková D., *KVASNÝ PRŮMYSL* 10, 2009, 268-272.
- (22) Návod k použití Alcoalyzer Plus, Systém pro Analýzu Piva; Publikováno Anton Paar GmbH. Vytlačeno v Rakousku, Překlad originálního návodu k použití (C27IB14E) 10.04.2008.
- (23) Anton Paar Alcohol Meters [online] http://www.labsource.co.uk/shop/anton-paar-%C2%99-anton-paar-alcohol-meters-c-399_784.html 15.04.2012.