

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Eva Eiglová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko – technologická

Analýza piva

Eva Eiglová

Bakalářská práce
2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva Eiglová**
Osobní číslo: **C11227**
Studijní program: **B3912 Speciální chemicko-biologické obory**
Studijní obor: **Klinická biologie a chemie**
Název tématu: **Analýza piva**
Zadávající katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

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

1. Provedte literární rešerši zabývající se stanovením látek obsažených v pivu, popř. surovinách sloužících k jeho výrobě.
2. V praktické části proměřte základní charakteristiky piva na různých vzorcích.
3. Závěry kriticky zhodnoťte.

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 7.7.2017

.....
Eva Eiglová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Alešovi Eisnerovi, Ph.D., za cenné rady, vstřícnost při konzultacích a zpracování této práce. Dále vedoucímu laboratoře panu Ing. Procházkovi z jihlavského pivovaru Ježek a.s. za ochotu a trpělivost. V neposlední řadě své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na analýzu piva. Nejprve je popsána historie piva, poté suroviny sloužící k výrobě piva a jeho samotná výroba. Dále jsou popsány druhy piv a látky, které jsou v pivu obsažené. Experimentální část je věnována chemické analýze piva.

Klíčová slova: analýza, pivo, suroviny

Title

Analysis of beer

Annotation

Bachelor thesis focuses on analyzing beer. First, the history of beer is described, then the raw material that are used to make beer and producing. Then there are described different types of beers which are used in the process. The experimental part is dedicated to chemical analysis of beers.

Keyword: analysis, beer, raw materials

1 Obsah

Úvod.....	11
Historie výroby piva	11
Co je to pivo?.....	11
1 Teoretická část	13
1.1 Suroviny pro výrobu piva.....	13
1.1.1 Slad	13
1.1.2 Chmel.....	16
1.1.3 Voda.....	16
1.2 Mikrobiologie pivovarské výroby.....	17
1.2.1 Kvasinky	17
1.2.2 Bakterie	19
1.3 Pomocné suroviny.....	19
1.4 Druhy piv	20
1.4.1 Nízkokalorické pivo.....	20
1.4.2 Kvasnicové pivo	20
1.4.3 Světlé pivo	20
1.4.4 Ležák.....	20
1.4.5 Tmavé pivo	20
1.4.6 Porter.....	20
1.4.7 Řezané pivo.....	20
1.4.8 Lehké pivo	20
1.4.9 Výčepní pivo.....	21
1.4.10 Speciální pivo	21
1.4.11 Pivo se sníženým obsahem alkoholu	21
1.4.12 Pšeničné pivo	21
1.4.13 Nealkoholické pivo	21
1.4.14 Ochucené pivo	21
1.5 Látky obsažené v pivu.....	21
1.5.1 Vitamíny	21
1.5.2 Polyfenoly.....	21
1.5.3 Oxid uhličitý	22
1.5.4 Organické kyseliny	22

1.5.5	Bílkoviny	22
1.5.6	Hořké chmelové látky	22
1.5.7	Sacharidy	22
1.5.8	Vláknina.....	23
1.5.9	Křemík	23
1.5.10	Voda.....	23
1.5.11	Nukleové kyseliny a jejich deriváty.....	23
1.6	Chemická analýza piva	23
1.6.1	Měření pH	23
1.6.2	Stanovování hořkých látek.....	24
1.6.3	Barva.....	24
1.6.4	Zákal	24
1.6.5	Pěnivost piva.....	25
1.6.6	Stanovení alkoholu, zdánlivého a skutečného extraktu	25
2	Experimentální část.....	26
2.1	Použité přístroje a pomůcky.....	26
2.2	pH.....	26
2.2.1	Pracovní postup měření pH.....	26
2.3	Hořkost piva	27
2.3.1	Pracovní postup měření hořkosti mladiny	27
2.4	Barva	27
2.4.1	Pracovní postup.....	27
2.5	Zákal.....	27
2.5.1	Pracovní postup.....	27
2.6	Pěnivost piva	28
2.6.1	Pracovní postup.....	28
2.7	Stanovení alkoholu.....	28
2.7.1	Pracovní postup.....	28
3	Výsledky a diskuze	29
4	Závěr	33
	Použitá literatura	34

Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1 klíčení ječmene.....	14
Obrázek 2 naklíčený ječmen.....	14
Obrázek 3 hotový slad	15
Obrázek 4 pH metr HI 99161	26
Tabulka 1 Složení buněčné stěny pivovarských kvasinek v % sušiny	18
Tabulka 2 hodnoty zákalu.....	25
Tabulka 3 přehled výsledků mladiny.....	29
Tabulka 4 naměřené hodnoty vzorku piva DEEP.....	30
Tabulka 5 přehled výsledků vzorku piva Rychtář	31
Tabulka 6 přehled výsledků piva Ježek	32
Rovnice 1 vývoj kvasinek bez přístupu vzduchu.....	19
Rovnice 2 vývoj kvasinek s přístupem vzduchu.....	19
Rovnice 3 Vyjádření pH pomocí aktivity oxoniových iontů.	23
Rovnice 4 vzorec na výpočet směrodatné odchylky.....	29

SEZNAM ZKRATEK

CKT	cylindrokónický tank
°L	stupeň Lovibonda
IBU	International Bitterness Units
EBC	European Brewing Convention
NIR	near – infrared spectroscopy

Úvod

Historie výroby piva

Podle současných představ se doba vzniku výroby piva klade do období, kdy naši předkové přestali vést kočovný život, začali se usazovat a cíleně pěstovat obilí pro svoji obživu, což by odpovídalo přibližně době 10 000 až 15 000 let před Kristem.

Existují různé teorie vysvětlující tehdejší vznik piva. Podle první teorie pivo vzniklo tak, že někdo nechal nádobu s obilnou kaší mimo obydlí. Při dešti se do kaše dostala voda a na sluníčku samovolně vykvasila. [1]

Jiná teorie vysvětluje vznik piva tím, že někdo rozkousal pro nemocného chleba, dal ho do vody a tento pokrm zůstal v teple a vykvasil. [1]

Třetí teorie předpokládá, že v pekárně zůstal kousek těsta rozmíchaný ve vodě, které samovolně zkvasilo. [1]

V období kolem 6000 let před Kristem byla Mezopotámie osídlena nejstarší lidskou civilizací, Sumery, kteří objevili výrobu piva. Zde se věřilo v léčebné schopnosti piva. Pivo bylo v prvních lékárnách z medu, mléka, koření, soli, bylin a olejů. v pivě se rozpouštěly léky pro lepší vstřebávání nebo se pomocí něho dokonce léčilo štípnutí škorpiónem. [2]

V Egyptě bylo vaření piva nejdříve privilegiem faraonů, až poté se rozšířilo i mezi vysoké kněze a šlechtu. Podle dochovaných zpráv dostávali při stavbě pyramid i otroci až dva džbánky denně. Pivo se stalo i platebním nástrojem. Armáda, faraonovi úředníci a další státní zaměstnanci měli část výplat nahrazených pivem. v Egyptě se pivo například používalo jako antikoncepční přípravek a sladké pivo na léčbu zácpy. [1, 2]

Co je to pivo?

Pivo (latinsky *bibere*) může být definováno jako mírně alkoholický nápoj, který je vyráběný fermentací (kvašením) vodných roztoků zkvasitelných cukrů z obilovin. Obiloviny obsahují sacharidy, především ve formě škrobu, který pivovarské kvasinky nemohou fermentovat a proto je členění škrobu na fermentovaný cukr hlavním rysem procesu výroby piva. Opakem toho jsou vína, ve kterých je cukr, který lze fermentovat, předem vytvořen v syrovém materiálu (v plodech jako např. hrozny). Tedy například saké, běžně nazývané jako rýžové víno, je ve skutečnosti vlastně pivem.

Přednostně používané obiloviny pro výrobu piva jsou: ječmen s rýží a kukuřicí jako přídavkem a některá piva jsou vyráběná částečně ze sladové pšenice. Mohou být také použity ostatní obiloviny jako třeba čirok, především v ručních výroбах tradičního piva nebo oves pro výrobu některých druhů piva typu stout.

Výroba piva zahrnuje 5 hlavních kroků: sladování, vaření, kvašení, konečné úpravy, balení. [3]

Pivo obsahuje vodu (92%), sacharidy (zdroj energie), bílkoviny, vitamíny (všechny vitamíny skupiny B), biogenní prvky, ionty a další látky působící pozitivně na lidský organismus. Neobsahuje tuky ani cholesterol. Pro české pivo jsou typické vyšší hodnoty polyfenolů a vyšší hodnoty pH. [3, 4]

1 Teoretická část

1.1 Suroviny pro výrobu piva

1.1.1 Slad

Slad je název pro naklíčené, usušené a odklíčené obilné zrna. Zařízení na výrobu sladu se nazývá sladovna. Slad je jedna ze čtyř základních surovin pro výrobu piva, která určuje většinu chuti a také je substrátem, ze kterého se v průběhu výroby tvoří cukry obsažené v pivu. Barva sladu se popisuje stupni Lovibonda ($^{\circ}$ L). Čím vyšší $^{\circ}$ L, tím je tmavší slad. [6]

1.1.1.1 Výroba sladu

Pro výrobu sladu a sladových výtažků se na našem území pěstují vybrané odrůdy jarního a dvouřadého ječmene, které patří k nejkvalitnějším odrůdám na světě.

Cílem sladování je vyrobit z ječmene řízeným procesem klíčení a hvozdění slad, obsahující potřebné enzymy a látky nezbytné pro výrobu určitého druhu piva (aromatické látky, látky dodávající barvu). Výroba se skládá z několika kroků; příjem a uskladnění ječmene, máčení ječmene, klíčení ječmene, hvozdění sladu, odkličování sladu, uskladnění sladu a jeho expedice. [6, 7, 8]

- **Příjem a uskladnění ječmene**

Příjem ječmene se provádí na přijímací rampě sladovny z vagonů, aut, cisteren a v místech lodní přepravy i z lodí. z každé dodávky se odebírají vzorky k analýze. Limitujícími ukazateli jsou obsah vody, bílkovin, klíčivost, podíl zrna nad sítím o velikosti 2,5 mm, podíl zlomků, nečistot, napadení škůdci, případně mikrobiální kontaminace. [7]

- **Máčení ječmene**

Cílem je zvýšit řízeným způsobem obsah vody v ječmeném zrna pro zahájení enzymových reakcí a klíčení zrna. Máčení je třídenní proces probíhající v náduvnících (provzdušňování a odsávání CO_2), odstraní se splavky a lehké nečistoty, zrna se umyje a vyluhují se z něj nežádoucí látky. Samotné máčení trvá 8 hodin a po každém následuje vzdušná přestávka trvající 1 hodinu. Teplota máčecí vody a vzduchu je obvykle 12 $^{\circ}\text{C}$. Máčecí voda se několikrát mění. Během tohoto procesu ječmen nabobtná a obsah vody v ječmeni vzroste na 44 %. Máčení dnes považujeme za nejdůležitější úsek výroby sladu, který rozhoduje o jeho budoucí kvalitě. [8]

- **Klíčení ječmene**

V průběhu klíčení se část škrobu přemění na cukry, zatímco další část se mění na jiné škroby a ostatní enzymy. Cílem je aktivace a syntéza enzymů a docílení požadovaného

rozluštění (vnitřní přeměny) zrna při minimálních nákladech a únosných sladovacích ztrátách. v průběhu klíčení rozlišujeme tvorbu enzymů a přeměnu látek. s výjimkou α -amylasy, která není v ječmeni obsažena, jsou ostatní enzymy v malém množství již v ječmeni přítomny. Klíčení obvykle trvá 4 dny při teplotě asi 12 °C ve velkých místnostech (humna), obvykle pod náduvníky. Naklíčený ječmen nazýváme zelený slad, který se pak suší na hvozdě. [6, 7, 8]



Obrázek 1 klíčení ječmene [9]



Obrázek 2 naklíčený ječmen [9]

- **Hvozdění sladu**

Cílem hvozdění (sušení) je snížení obsahu vody v zeleném sladu až pod 2 %, inaktivace enzymů, zastavení všech vegetativních procesů (zejména klíčení) při zachování požadované enzymové aktivity a vytvoření chuťových, barevných a redox. látek, které tvoří charakter sladu.

Probíhá v tzv. liskách vytápěných párou. Na konci hvozdění se teplota pohybuje kolem 80 °C. Hvozdění trvá 24 hodin. Při tomto kroku se ovlivní barva, chuť a vůně sladu. Typ hvozdě volíme podle druhu připravovaného sladu. [7, 9]

- **Odkličování sladu**

Odkličování probíhá na tzv. odkličovačkách. Sladový „květ“ je odsáván pomocí ventilátoru. Obsahuje velké množství proteinů a je využíván jako krmivo.



Obrázek 3 hotový slad [10]

- **Uskladnění sladu a jeho expedice**

Hotový slad může být uskladňován na sladových půdách, ve skříních a v dnešní době převážně v silech s automatickou regulací teploty a vlhkosti vzduchu. Při skladování je třeba vytvořit takové podmínky, aby slad přijal menší množství vody, které je potřebné k technologickému odležení. [9, 11, 12]

1.1.1.2 Druhy sladů

Jednotlivé druhy sladů s typickými vlastnostmi se získají úpravami technologie máčení a klíčení ječmene, kterými lze regulovat biosyntézu a aktivitu sladových enzymů působících na určité složky extraktu. Míru tvorby barevných a aromatických sloučenin lze regulovat dalšími úpravami v postupu sušení sladu.

Výsledný chuťový efekt sladu závisí také na druhu použitého ječmene. Ječmen pro pivovarské účely se nazývá sladový ječmen a na rozdíl od běžného ječmene se dělí na dva základní druhy; 2 - řádkový a 6 - řádkový, (z angl. 2 - row, 6 - row). Nejzřetelnějším rozdílem mezi klasem 2 - řádkového a 6 - řádkového ječmene je uspořádání zrn (když se díváme na klas zdola k jeho ose). Někdy se ne příliš kouká na odlišnost podle uspořádání klasu, ovšem podstatné rozdíly se objeví až při hlubším prozkoumání. Všeobecně lze říct, že 6 - řádkový ječmen obsahuje více proteinů a enzymů než 2 - řádkový, je tenčí než 2 - řádkový. Rozdíly jsou také v chuti; 2 - řádkový dává plnější a více sladovou chuť výsledného piva, kdežto 6 - řádkový více obilnou chuť. Zajímavostí také je, že 6 - řádkový ječmen se pěstuje pouze v Severní Americe a evropští pivovarníci ho vůbec nepoužívají a považují 2 - řádkový za

nejkvalitnější. Tento postoj ovšem nesouvisí ani tak s kvalitou jednotlivých druhů sladu, ale spíš s místní tradicí jeho použití a především jeho chuťovou stránkou.

Celosvětově se vyrábějí především světlé slady plzeňského typu pro světlá piva a tmavé slady mnichovského typu pro tmavá piva. Dále speciální slady, mezi které patří karamelové slady, barvicí slady, nakuřované slady, melanoidinové slady, proteolytické slady aj. [7, 13]

1.1.2 Chmel

Chmel je stěžejní součást piva, ačkoli je použito pouze 120-240 gramů chmele na hektolitr piva. Jeho primární úlohou je dávat pivu hořkost. I když člověk obvykle nemá rád hořkou chuť, pro vyhovující produkt je vyvážená hořkost nezbytná. Schopnost sládka ovládat kvalitu hořkosti chmelu je velmi důležitá pro odlišení jednoho piva od jiných a také pro uspokojení potřeb cílových spotřebitelů. Chmel také může přispívat delikátními vůněmi v pivu tak, aby ve spojení s chutěmi pocházejícími z droždí a sladu, vytvářel celkový dojem piva. Chmel je používán v (kettle-boiling) procesu v pivovaru. Klíčovou chemickou reakcí chmelovaru je konverze relativně nerozpustných α -kyselin přítomných ve chmelu na zcela rozpustné iso- α -kyseliny.

Jeho složky působí jako srážecí prostředek vysokomolekulárních složek mladiny, ovlivňující pěnivost a čírost, působí baktericidně a podílí se významnou měrou na koloidní stabilitě piva. Rostlina je velmi náročná na světlo, vláhu a teplotu. k pivovarským účelům se pěstují pouze rostliny samičí.

Chmel se pěstuje v oblastech s mírným severním klimatem. Oregon, Washington a Idaho ve Spojených státech, ale ve srovnatelných zeměpisných šířkách také ve Velké Británii, Německu a ve střední Evropě (především v ČR), Číně a na jižní polokouli na Novém Zélandu a v Tasmánii. [3, 7, 12]

1.1.2.1 Chemické složení chmele

Je závislé na odrůdě, ročníku a způsobu posklizňové úpravy. Průměrně obsahuje 10 % vody, 15 % celkových pryskyřic, 4 % polyfenolických látek, 0,5 % silic, 3 % vosků, lipidů, 15 % dusíkatých látek, 44,5 % sacharidů a 8 % minerálních látek. [5]

1.1.3 Voda

Voda je ve sladařském a pivovarském průmyslu jednou z nejdůležitějších surovin, neboť přímo ovlivňuje kvalitu sladu a piva a také se objemově spotřebuje ze všech surovin nejvíce. Velmi důležitá pro kvalitu piva je tzv. tvrdost vody. Pod pojmem tvrdost vody

rozumíme určitým způsobem vyjádřený obsah iontů kovů alkalických zemin Ca^{2+} , Mg^{2+} , případně Sr^{2+} a Ba^{2+} . v praxi jde pouze o obsah Ca^{2+} a Mg^{2+} . Tvrdost vody se vyjadřuje v milimolech na litr (mmol/l), případně i v tzv. „německých stupních“ ($^{\circ}\text{N}$). Přitom $1 \text{ mmol/l} = 5,6 \text{ }^{\circ}\text{N}$. Dělíme ji podle účelu do čtyř skupin:

- varní voda
- mycí voda
- sterilační voda

provozní voda. [7, 12]

1.2 Mikrobiologie pivovarské výroby

Za mikroorganismy se považují organismy viditelné pouze mikroskopem, tj. viry, bakterie, sinice, prvoci, některé houby a eukaryotické řasy neschopné tvořit funkčně diferencované tkáně nebo pletiva.

O rozvoji určitých mikroorganismů rozhodují nároky na živiny, růstové faktory a kyslík, podle nichž se mikroorganismy dělí na druhy aerobní, vyžadující vzdušný kyslík (např. aerobní kvasinky, plísně), anaerobní, které vyžadují prostředí bez přístupu kyslíku (např. pediokoky), mikroaerofilní, které mají anaerobní metabolismus, ale nízké koncentrace kyslíku přesto podporují jejich růst a fakultativně anaerobní, které mohou růst za přístupu i nepřístupu kyslíku.

Pivovarská mikrobiologie využívá poznatky z různých oblastí mikrobiologie a zabývá se studiem mikroorganismů vyskytujících se v pivovarské výrobě. Zajímá se nejen o správné zásady pěstování pivovarských kvasinek, ale také o škody způsobené ve výrobě mikroorganismů, které mohou být v jiném odvětví potravinářského odvětví užitečné. [2]

1.2.1 Kvasinky

Kvasinky jsou vejcovité nebo kulové jednobuněčné mikroskopické houby. Potřebují vzduch k rozmnožování. Rozmnožují se vegetativně multilaterálním pučením.

Jedná se o jednobuněčné eukaryotní organismy, jejichž jádro obsahuje 16 lineárních chromozomů. Jejich velikost se pohybuje mezi 6-8 μm .

Mezi základní strukturní komponenty patří buněčná stěna, cytoplazmatická membrána, cytoplazma, jádro + jaderná membrána, mitochondrie a jizva zrodu.

Kvasinek je několik druhů; nejznámější je kmen *Saccharomyces cerevisiae*, etymologicky z latiny: *saccharo*-cukr, *myces*-houba, *cerevisiae*-pivovar. Proto se tento kmen běžně označuje jako pivovarské kvasinky. Také se označují jako pekařské droždí nebo

„pučící“ kvasinky (z angl. budding yeast) a to kvůli způsobu jejich reprodukce. [7, 14, 15, 16, 17]

Špatná kvalita piva je nejčastěji způsobena non-mikrobiálními účinky. Jedním z nejdůležitějších faktorů je zachovat aktivní a zdravé kvasinky, které ovlivňují finální produkt. Pivo může být ovlivněno různými druhy divokých kvasinek, které mohou způsobit zákal, vadu chuti a tvorbu pelikula. Takzvaný „zabiják kvasinek“ kmen *S. cerevisiae* může zničit žádoucí kvasinky, podle sekrece polypeptidu zymocinu a stávají se tak hlavními fermentory; nežádoucí koncové produkty fermentace způsobující pachut' a zákal. [17]

Tabulka 1 Složení buněčné stěny pivovarských kvasinek v % sušiny. [7]

glukany	30-45
mannany	30-45
bílkoviny	10-25
chitin	0,5-2,0
fosforečnany	0,1-0,3
lipidy	3-10

1.2.1.1 Aktivní a neaktivní kvasinky

Ať už se jedná o žijící (aktivní) nebo mrtvé (neaktivní) jsou kvasinky používány odlišnými způsoby. Různé procesy zahrnují použití čerstvých nebo suchých pekařských kvasinek, pivovarských kvasinek nebo ve formě vloček.

- pekařské kvasinky jsou živé a aktivní
- pivovarské kvasinky (nebo nutriční kvasinky) jsou používány jako doplňky stravy - jsou vysušené při vysoké nebo nízké teplotě

v případě mrtvých nebo neaktivních kvasinek - tyto kvasinky si uchovávají svoje minerály a vitamíny, ale nemohou se použít ke kynutí [16]

1.2.1.2 Svrchní a spodní pivovarské kvasinky

Spodní pivovarské kvasinky *Saccharomyces carlsbergensis* se používají při výrobě piva plzeňského typu v teplotním rozmezí 7 až 15 °C se sedimentací kvasnic na dně kvasné nádoby.

Svrchní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* se používají při výrobě svrchně kvašených piv typu „porter“. Po ukončení kvašení jsou vynášeny na hladinu vznikajícím CO₂. Tyto kvasinky jsou používány pro s teplotním rozmezím 18 až 22 °C.

Mezi základními rozdíly mezi spodními a svrchními pivovarskými kvasinkami patří složení genetického materiálu, rozdílné složení buněčných stěn, růst na specifických půdách, vyšší

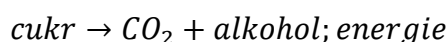
tepelná odolnost svrchních kvasinek, vyšší maximální teplota růstu u svrchních kvasinek aj. [1, 7]

1.2.1.3 Vývoj kvasinek

Bez přístupu vzduchu: cukr je z většiny přeměňován na alkohol při současném uvolňování energie. Toto probíhá v případě výroby chleba. Kvasinky nemají přístup ke kyslíku. Cukr získaný z mouky je přeměňován na alkohol (během pečení se vypaří) a CO₂ (způsobuje kynutí těsta). Dochází opět k uvolňování energie, ale v malém množství, které stačí pro život kvasinek.

Rovnice 1 vývoj kvasinek bez přístupu vzduchu

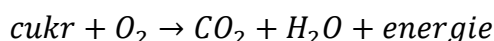
(1)



S přístupem vzduchu: kvasinky dýchají a hojně se rozmnožují bez tvorby alkoholu. Cukr, který slouží jako jejich potrava, přeměňují na CO₂ a H₂O. Tento jev je doprovázen uvolněním obrovského množství energie, která kvasinkám umožňuje růst a rozmnožování pučením. Když dvě buňky dosáhnou podobné velikosti, oddělí se a pučení dále pokračuje. Tento metabolický proces se nazývá buněčné dýchání. Využívá se toho ve výrobě kvasinek k rozmnožování buněk. [17]

Rovnice 2 vývoj kvasinek s přístupem vzduchu

(2)



1.2.2 Bakterie

V pivovarství se uplatňují tyčinkové i kokovité bakterie, které se vyskytují jednotlivě, v párech, řetězcích nebo shlucích, z mnoha bakterií vyskytujících se v přírodě mají v pivovarské výrobě význam především octové bakterie (rody *Acetobacter*, *Gluconobacter*), mléčné bakterie (*Lactobacillus*, *Pediococcus*), mladinové bakterie (čeleď *Enterobacteriaceae*), dále rody *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Pectinatus*, *Bacillus*, *Micrococcus* a v zahraničních pivech *Zymomonas*. [7]

1.3 Pomocné suroviny

Kromě základních surovin se při přípravě používá řada dalších pomocných surovin, mezi které patří enzymové a barvicí prostředky, přípravky snižující či zvyšující pěnivost piva, sladidla, filtrační materiály a stabilizační přípravky. [7]

1.4 Druhy pív

Pivo se dělí podle barvy na čtyři skupiny (světlé, tmavé, polotmavé a řezané) a podle extraktu původní mladiny před zkvašením, obsahu alkoholu nebo způsobu konečné úpravy na 11 podskupin (výčepní, ležáky, speciální, portery, se sníženým obsahem alkoholu, se sníženým obsahem cukrů, pšeničná, kvasnicová, nealkoholická, bylinná a lehká). [18]

1.4.1 Nízkokalorické pivo

Jedná se o hluboce prokvašené pivo s obsahem alkoholu do 0,75 g/100 ml a bílkovin do 0,4 g/100 ml. Tato piva vyžadují vyšší stupeň zcukernatění na nižší koncentraci škrobu k redukci alkoholu a celkového pevného obsahu piva. Výroba kaloricky redukováných pív je umožněna díky použitím speciálních enzymů v procesu vaření. I pro tato piva jsou hlavními přísadami ječmen, rýže a ostatní obiloviny. Tato piva jsou vhodná pro diabetiky. [15, 18]

1.4.2 Kvasnicové pivo

Připravuje se zpravidla z ležáků tak, že se před plněním do transportních sudů přidá 0,5-3 % mladého piva z hlavního kvašení ve stadiu tzv. bílých kroužků. Pivo dokvašuje asi 14 dní ve sklepě výčepníka. Je bohatě syceno CO₂ a vyniká silnou pěnivostí. [7, 11]

1.4.3 Světlé pivo

Piva převážně ze světlých sladů s extraktem původní mladiny 8-10 % hmotnostních. [16, 18]

1.4.4 Ležák

Piva z ječných sladů s extraktem původní mladiny 11-12 % hmotnostních. [16]

1.4.5 Tmavé pivo

Minimálně 18 % extraktu původní mladiny. Bývá vyrobeno z tmavého nebo karamelového sladu. [7, 16]

1.4.6 Porter

Tmavé pivo s extraktem původní mladiny 18 % hmotnostních a více. [16]

1.4.7 Řezané pivo

Piva vyrobená při stáčení smíšením světlých a tmavých pív stejné skupiny. [18]

1.4.8 Lehké pivo

Piva vyrobená převážně z ječných sladů s extraktem původní mladiny do 7 % hmotnostních. [18]

1.4.9 Výčepní pivo

Piva vyrobená převážně z ječných sladů, s extraktem původní mladiny 8-10 % hmotnostních. [18]

1.4.10 Speciální pivo

Piva vyrobená převážně z ječných sladů, s extraktem původní mladiny 13 % hmotnostních a více. [18]

1.4.11 Pivo se sníženým obsahem alkoholu

Piva s obsahem alkoholu nejvýše s extraktem původní mladiny 1 % hmotnostních. [18]

1.4.12 Pšeničné pivo

Piva vyrobená s podílem extraktu z použitého pšeničného sladu vyšším než je 1/3 hmotnosti celkově dodaného extraktu. [18]

1.4.13 Nealkoholické pivo

Piva s obsahem alkoholu nejvýše 0,4 % hmotnostních. [18]

1.4.14 Ochucené pivo

Pivo s přidavkem látek určených k aromatizaci, potravních doplňků nebo lihovin či jiných alkoholických nápojů (jejich podíl nesmí překročit 10 % objemových). [18]

1.5 Látky obsažené v pivu

1.5.1 Vitamíny

Pivo obsahuje především vitamíny typu B. Tyto vitamíny získáváme ze sladu a částečně z kvasinek během fermentace. v lidském organismu se vitamíny B účastní látkové přeměny sacharidů, nukleových kyselin, bílkovin, tuků a cholesterolu. Dále jsou nezbytné pro tvorbu a vývoj červených krvinek, ovlivňují stav lidské pokožky, vlasů a nehtů, jsou zásadní pro správnou činnost nervového a imunitního systému, podporují spánek a ovlivňují paměť. [19]

1.5.2 Polyfenoly

Pocházejí ze sladu, nesladových obilovin, chmele a chmelových přípravků. Vzhledem ke své reaktivitě mají hlavní význam v tvorbě koloidních zákalů. Polyfenolům v pivu jsou přisuzovány účinky antioxidační, antimutagenní, antikarcinogenní, antimikrobiální, regulují krevní tlak a krevní glukosu. Dále mají příznivý vliv na činnost srdce, trávicího traktu

a zlepšují zrak. Polyfenolové antioxidanty chrání před aterosklerózou, mají vazorelaxační a antikoagulační účinek. [1, 19]

1.5.3 Oxid uhličitý

Jeho obsah významně ovlivňuje fyziologické a sensorické vnímání nápoje a jeho pěnivost. Při kvašení pod přetlakem nebo při vysokém hydrostatickém tlaku potlačuje spolu s rostoucím obsahem alkoholu fyziologickou činnost kvasinek a snižuje tvorbu nežádoucích těkavých látek, zejména vyšších alkoholů. Oxid uhličitý (CO₂) prokrvuje ústní sliznici, zvyšuje tvorbu slin, povzbuzuje tvorbu kyseliny chlorovodíkové (HCl) v žaludku a podporuje vylučování látek odváděných močí ledvinami. Po jeho odstranění z piva klesá pH. Při základním rozboru piva se CO₂ musí z piva odstranit, aby tvorbou bublinek neovlivňoval stanovení. Ke stanovení CO₂ se používají klasické chemické metody jako desorpce (uvolnění plynu varem s následným pohlcením v alkalickém hydroxidu), přímá titrace (reakce s alkalickým hydroxidem a převedení na uhličitán), nepřímá titrace (reakce s alkalickým hydroxidem, uvolnění minerální kyselinou a po pohlcení hydroxidem barnatým retitrace) a kolorimetrie (difúze uvolněného plynu membránou, pohlcení v roztoku s barevným indikátorem). [1, 19]

1.5.4 Organické kyseliny

Pivo obsahuje přibližně 300-500 mg/l organických kyselin [23]

1.5.5 Bílkoviny

Pivo obsahuje 3-5 g/l čistých bílkovin, přičemž 85 % y těchto bílkovin pochází ze sladu a 15 % z pivovarských kvasinek. [23]

1.5.6 Hořké chmelové látky

Tyto látky podporují chuť k jídlu a sekreci žluči, čímž příznivě podporují trávení. Hořkost lze ovlivnit druhem a dávkou chmele nebo chmelových preparátů. Nově se používají izomerizované nebo hydrogenované hořké látky přidávané do piv za studena. [1, 19]

1.5.7 Sacharidy

Sacharidy jsou jednou z hlavních složek fermentačních médií. Jelikož v tomto případě jde o skupinu látek velmi různorodých, je jejich stanovení poměrně složité. Starší metody stanovení cukrů spočívaly v měření jejich redukční síly a optické otáčivosti. Novější stanovení sacharidů je založeno na měření absorbance barevných komplexů sacharidů s vybranými detekčními činidly. Za nejvhodnější metodu je považována kapalinová chromatografie. [19]

1.5.8 Vlákna

Jejich přítomnost napomáhá snižovat hladinu cholesterolu v krvi a snižuje riziko vzniku rakoviny tlustého střeva. [23]

1.5.9 Křemík

V pivu se vyskytuje ve formě kyseliny křemičité. Křemík má vliv na kosti, působí proti ateroskleróze a osteoartritidě. [19]

1.5.10 Voda

Pivo je z 92 % tvořeno z vody. Tento vyšší obsah vody v pivu zabraňuje dehydrataci organismu, k níž vlivem alkoholu dochází. [19]

1.5.11 Nukleové kyseliny a jejich deriváty

Přibližný obsah se pohybuje v rozmezí 0-1,8 mg/l. Nukleové kyseliny a jejich deriváty mají vliv na krevní tlak a srdeční aktivitu. [23]

1.6 Chemická analýza piva

Cílem chemické analýzy piva je ověření splnění požadavků, které jsou kladené na vyrobený finální produkt.

1.6.1 Měření pH

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů.

Kyselost nebo zásaditost roztoků je vyjadřována pomocí pH (*pondus Hydrogenii*). Je způsobena rozdílnou koncentrací oxoniových kationtů a hydroxyových aniontů. Roztoky ve kterých je vyšší koncentrace H_3O^+ jsou kyselé, roztoky ve kterých je vyšší koncentrace OH^- jsou zásadité. [20, 21]

Rovnice 3 Vyjádření pH pomocí aktivity oxoniových iontů.

(3)

$$pH = -\log a_{H_3O^+}$$

1.6.1.1 Acidobazické indikátory

Organické látky, které v prostředí o určitém pH mění svou barvu. Příkladem může být fenolftalein, který svou barvu mění při $pH = 8 - 9,8$ a přechází z kyselé bezbarvé formy na zásaditou fialovou, dále methyloranž, která svou barvu mění při $pH 3,1 - 4,5$ a přechází

z kyselé oranžové formy na zásaditou žlutou nebo bromthymolová modř mění svou barvu při pH 6 – 7,6 a přechází z kyselé žluté formy na zásaditou modrou. [20, 21]

K přibližnému určení pH slouží indikátorový papírek (pH papírek) a srovnání barev se vzorkovníkem. [21]

1.6.1.2 Potenciometrické měření pH

Potenciometrie je metoda založená na měření elektromotorického napětí galvanického článku tvořeného dvěma elektrodami ponořenými do měřeného roztoku. Jedna elektroda je srovnávací (nejčastěji kalomelová) a druhá indikační (měrná). [25]

1.6.2 Stanovování hořkých látek

Hořkost piva se obvykle stanovuje klasickou spektrofotometrickou metodou po vytřepání hořkých látek do izooktanu a měřením absorpance extraktu při vlnové délce 275 nm. Extrakce se provádí po okyselení piva kyselinou chlorovodíkovou na výslednou koncentraci 0,3 mol/l. Udává se v mezinárodních jednotkách hořkosti IBU (International Bitterness Units), která je rovna 1 miligramu izo-alfa-hořkých kyselin na jeden litr piva. [1]

1.6.3 Barva

Barva se udává v jednotkách EBC. v současnosti se barva hodnotí podle hodnot absorpance při vlnové délce 430 nm. Měří se v kyvetách o tloušťce 1 cm proti destilované vodě. Další možností může být vizuální srovnání s roztoky jodu (Brandova stupnice). [1]

Světlá piva	8-12 EBC
Polotmavá piva	20-40 EBC
Tmavá piva	60-120 EBC

1.6.4 Zákal

Nefiltrované pivo obsahuje různorodé částice, které tvoří jeho zákal. Jsou to hlavně pivovarské kvasinky a bakterie. Filtrací se z piva odstraní větší kalící částičky, především mikroorganismy a vysrážené koloidy. Zákal se udává v jednotkách EBC.

Zákal se určuje buď vizuálně nebo nefelometrickým stanovením, kdy měříme intenzitu rozptýleného světla na částicích pod různými úhly. [1]

Tabulka 2 hodnoty zákalu

popis	zákal [EBC]
velmi kalné	8-10
kalné	4-8
slabě zakalené	2-4
slabá opalescence	1-2
čiré	0,5-1
jiskrné	0-0,5

1.6.5 Pěnivost piva

Je schopnost piva vytvářet pěnu po nalití do konzumní sklenice. Zkušební sklenky mají výšku 105-110 mm, průměr 57-62 mm a musí být dokonalé odmaštěné.

Pozitivně ovlivňují pěnivost piva především hydrofobní bílkoviny ze sladu a chmele, naopak negativní vliv mají lipidy. Hořké chmelové látky ovlivňují pěnivost tím, že snižují povrchové napětí a vážou se na polypeptidy a bílkoviny piva.

Při měření pěnivosti piva se uplatňují principy: vizuálního posouzení (popis pěny), měření rychlosti poklesu povrchu pěny, měření nárůstu objemu piva během rozpadu pěny, měření dalších fyzikálních vlastností pěny (elektrická vodivost) a měření pěnivé schopnosti matrice. [1]

1.6.6 Stanovení alkoholu, zdánlivého a skutečného extraktu

Hlavním analytickým znakem je obsah původního extraktu mladiny v hmotnostních procentech. Pro analýzu piva se využívá závislosti extraktu a alkoholu na hustotě vzorků. Kromě hustot je další častou měřenou veličinou obsah alkoholu, který se stanovuje různými způsoby, např. kryoskopie, ebulioskopie, plynová chromatografie nebo pomocí spektrometrie v blízké infračervené oblasti (NIR).

Spektrometrie v blízké infračervené oblasti je metodou molekulové spektrometrie, která využívá spektrální oblast blízkého infračerveného záření, tj. oblast vlnových délek 800–2500 nm, v rozsahu vlnočtů 1250–4000 cm⁻¹. NIR oblast tak navazuje jednou stranou na viditelnou, druhou na střední infračervenou. [1, 23]

2 Experimentální část

Na vybraných vzorcích bylo změřeno pH, hořkost, barva, alkohol v hmotnostních a objemových procentech, zákal a pěnivost.

Každý vzorek se před analýzou vytemperoval na teplotu místnosti, poté se odstranil CO₂ třepáním v kónické baňce po dobu 30 minut a nakonec se vzorek piva přefiltroval přes skládaný filtr, aby se zbavil pěny.

2.1 Použité přístroje a pomůcky

pH metr HI 99161 (Hanna instruments, USA), třepačka 3005 (GFL, Německo), spektrofotometr BioMate 3 s (Thermo Scientific USA), nefelometr Colorturb MZN (1-Cube, Česká republika), Alcolyzer Plus Beer (Anton Paar GmbH, Rakousko), stopky, zábrusová baňka, kádinky, filtrační papír, nálevka, pipeta, centrifugační kyveta s uzávěrem, sklenice, skleněná tyčinka, stojan, kyveta, zásobní roztok HCl 32 hm % p.a. (Sigma-Aldrich), izooktan

2.2 pH

2.2.1 Pracovní postup měření pH

Vzorek piva musel být nejdříve vytemperován ve vodní lázni ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), aby se obsažený oxid uhličitý uvolnil rychleji. Do 500 ml zábrusové baňky bylo převedeno přibližně 200 ml vzorku piva a baňka byla vložena do třepačky. Vzorek byl třepán 40 minut při frekvenci 220 Hz. Po vytřepání byl vzorek přefiltrován. Část filtrátu byla převedena do kyvety a pomocí pH metru bylo změřeno pH.



Obrázek 4 pH metr HI 99161 [22]

2.3 Hořkost piva

2.3.1 Pracovní postup měření hořkosti mladiny

Nejdříve bylo odpipetováno 10 ml vzorku mladiny a přidány skleněné kuličky do 50 ml centrifugační kyvety s uzávěrem, kam bylo přidáno 0,5 ml odměrného roztoku HCl o $c = 6 \text{ mol/l}$ a 20 ml izooktanu. Poté byla kyveta třepána 15 minut na třepačce. Následně byla směs odstředěna v centrifuze při 3000 ot/min po dobu 3 minut. Po odstředění byla změřena absorbance izooktanového extraktu v 1 cm kyvetě při 275 nm proti čistému izooktanu. Pro výpočet hodnoty hořkosti byla absorbance vynásobena (50krát). Tento vzorec má v sobě spektrofotometr uložený.

2.4 Barva

2.4.1 Pracovní postup

Nejdříve bylo odpipetováno 10 ml vzorku mladiny do 50 ml centrifugační kyvety s uzávěrem, kam bylo přidáno 0,5 ml odměrného roztoku HCl o $c = 6 \text{ mol/l}$ a 20 ml izooktanu. Poté byla kyveta třepána 15 minut na třepačce při frekvenci 270 Hz. Následně byla směs odstředěna v centrifuze při 3000 ot/min po dobu 3 minut. Po odstředění byla změřena absorbance izooktanového extraktu v 1 cm kyvetě při 430 nm proti čistému izooktanu. Pro výpočet hodnoty barvy byla absorbance vynásobena (20krát). Tento vzorec má v sobě spektrofotometr uložený.

2.5 Zákal

2.5.1 Pracovní postup

Po příjmu vzorku piva musel být vzorek nejdříve vytemperován ve vodní lázni ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$), aby se obsažený oxid uhličitý uvolnil rychleji. Dále byl převeden do větší kyvety a byl občas zamíchán kvůli odstranění zbytku oxidu uhličitého. Vzorek byl proměřen na nefelometru Colorturb MZN. v nefelometru se využívá rozptylu světla. Světlo je ze zdroje soustředěno na průchod vzorkem. Při průchodu vzorkem je část světla rozptýlena na jeho částicích. Přístroj obsahuje dva optické detektory, jenž současně měří světlo rozptýlené ve dvou úhlech 90 stupňů a 12 stupňů (tzv. nefelometrický a dopředný úhel). Dále je v přístroji umístěn detektor pro detekci světla v přímém směru (transmise). Díky tomu dokáže přístroj spočítat poměrový mód (poměr mezi přímým úhlem a úhly 90 a 12), což zajišťuje barevnou kompenzaci a dlouhodobou kalibrační stabilitu. Výsledky jsou potom odečítány ve vybraných jednotkách pro úhly 90° a 12°. [27]

Ve výsledcích měření zákalu (tabulka č. 4, č. 5, č. 6) jsou udávány dvě hodnoty. První hodnota je ta, která byla proměřena pod úhlem 90 stupňů a druhá pod úhlem 12 stupňů.

2.6 Pěnivost piva

2.6.1 Pracovní postup

Do sklenice byl převeden vzorek a po úplném naplnění byly zapnuty stopky. Byl změřen čas, za který pěna zcela opadne. Výsledek je udáván v sekundách.

2.7 Stanovení alkoholu

2.7.1 Pracovní postup

Při příjmu vzorku piva muselo být nejdříve vytemperováno ve vodní lázni ($t = 20\text{ °C}$), aby se obsažený oxid uhličitý uvolnil rychleji. Do 500 ml zábrusové baňky bylo převedeno přibližně 200 ml vzorku a baňka byla vložena do třepačky na 40 minut. Po vytřepání byl vzorek přefiltrován. Část filtrátu byla převedena do kyvety a vložena do přístroje Alcolyzer Plus Beer, který změřil alkohol v hmotnostních a objemových procentech.

Přístroj Alcolyzer Beer – patentovaný způsob měření založený na principu NIR (near – infrared spectroscopy) což je metoda molekulové spektroskopie využívající oblast blízkého infračerveného záření (vlnové délky 800–2500 nm). Díky podstatě měření v podmínkách NIR a patentované technologii přístroje je možné provádět stanovení alkoholu ve vzorku, přičemž jsou eliminovány vlivy ostatních složek vzorku a výsledky jsou velice přesné. Tento systém je dále vybaven hustoměrem a dávkovačem a je možné s ním stanovovat množství alkoholu ve všech typech piv, směsí atd. Přístrojem je dále možné v jednom cyklu změřit zdánlivý extrakt, skutečný extrakt a stupeň prokvašení. Přesné principy fungování metody, jakožto součást výrobního know-how, výrobce neuvádí. [26, 28]

3 Výsledky a diskuze

Tabulka 3 přehled výsledků mladiny

Mladina vzorek č. 1		průměr	odchylka	Mladina vzorek č. 2		průměr	odchylka
pH	5,29	5,29	0,01	pH	5,23	5,23	0,01
	5,30				5,24		
	5,28				5,22		
Barva [EBC]	16,8	16,6	0,2	Barva [EBC]	16,2	16,2	0,1
	16,4				16,1		
	16,6				16,3		
Hořkost [IBU]	47,2	47,2	0,2	Hořkost [IBU]	46,4	46,2	0,26
	47,0				45,9		
	47,4				46,3		

U vzorků mladiny byly naměřeny hodnoty pH, barvy, hořkosti a množství alkoholu v hmotnostních a objemových procentech. Každé měření bylo provedeno 3krát, z hodnot byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

U vzorku mladiny č. 1 bylo změřeno pH 5,29, 5,30 a 5,28. Barva byla naměřena 16,8 EBC, 16,4 EBC, 16,6 EBC a hořkost 47,2 IBU, 47,0 IBU, 47,4 IBU.

U vzorku mladiny č. 2 bylo změřeno pH 5,23, 5,24 a 5,22. Barva byla naměřena 16,2 EBC, 16,1 EBC, 16,3 EBC a hořkost 46,4 IBU, 45,9 IBU, 46,3 IBU.

Aritmetické průměry měření a směrodatné odchylky vzorků mladiny jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Jednotlivé výběrové odchylky byly spočítány podle vzorce (4)

Rovnice 4 vzorec na výpočet směrodatné odchylky

(4)

$$s = \sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

Tabulka 4 naměřené hodnoty vzorku piva DEEP

DEEP výčepní světlé		průměr	odchylka
pH	4,56	4,55	0,01
	4,54		
	4,55		
Barva [EBC]	8,6	8,5	0,1
	8,4		
	8,5		
Zákal [EBC]	0,29/0,20	0,30/0,21	0,01/0,01
	0,31/0,22		
	0,30/0,21		
Alkohol obj. %	3,14	3,15	0,01
	3,15		
	3,16		
Alkohol hm %	4,00	4,00	0,01
	3,99		
	4,01		
Pěnovost [s]	330	330	1
	329		
	331		

U vzorku piva DEEP byly změřeny hodnoty pH, barvy, zákalu, alkoholu v hmotnostních a objemových procentech a nakonec pěnovosti. Každé stanovení bylo změřeno 3krát, byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Hodnota pH byla 4,56, 4,54, 4,55, barvy 8,6 EBC, 8,4 EBC, 8,5 EBC, zákalu 0,29/0,20 EBC, 0,31/0,22 EBC, 0,30/0,21 EBC, alkoholu 3,14 obj. %, 3,15 obj. %, 3,16 obj. % alkoholu 4,00 hm. %, 3,99 hm. %, 4,01 hm. % a pěnovosti 330 s, 329 s a 331 s.

Aritmetický průměr a vypočítané směrodatné odchylky vzorku piva DEEP jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka 5 přehled výsledků vzorku piva Rychtář

Rychtář premium		průměr	odchylka
pH	4,52	4,52	0,01
	4,51		
	4,53		
Barva [EBC]	15,1	15,1	0,1
	15,0		
	15,2		
Zákal [EBC]	0,23/0,07	0,23/0,07	0,01/0,01
	0,25/0,09		
	0,24/0,08		
Alkohol obj. %	3,63	3,63	0,01
	3,62		
	3,64		
Alkohol hm %	4,66	4,65	0,01
	4,64		
	4,65		
Pěnovost [s]	320	320,66	3,05
	324		
	318		

U vzorku piva Rychtář premium byly změřeny hodnoty pH, barva, zákal, alkohol v hmotnostních a objemových procentech a nakonec pěnovost. Každé stanovení bylo proměřeno 3krát, byl vypočítán aritmetický průměr a dále směrodatná odchylka.

Hodnota pH byla 4,52, 4,51 4,53, barvy 15,1 EBC, 15,0 EBC, 15,2 EBC, zákalu 0,23/0,07 EBC, 0,25/0,09 EBC, 0,24/0,08 EBC, alkoholu 3,63 obj. %, 3,62 obj. %, 3,64 obj.%, alkoholu 4,64 hm. %, 4,66 hm. %, 4,65 hm. % a pěnovosti 320 s, 320 s, 320 s.

Aritmetické průměry měření a směrodatné odchylky vzorku piva Rychtář premium jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 6 přehled výsledků piva Ježek

Ježek		průměr	odchylka
pH	4,42	4,41	0,01
	4,40		
	4,41		
Barva [EBC]	13,7	13,7	0
	13,7		
	13,7		
Zákal [EBC]	0,34/0,17	0,34/0,17	0,01/0,01
	0,33/0,16		
	0,35/0,18		
Alkohol obj. %	3,87	3,87	0,01
	3,88		
	3,86		
Alkohol hm %	4,93	4,92	0,01
	4,92		
	4,91		
Pěnovost [s]	210	210	2
	212		
	208		

U vzorku Ježek byly změřeny hodnoty pH, barva, zákal, alkohol v hmotnostních a objemových procentech a nakonec pěnovost. Každé stanovení bylo proměřeno 3krát, vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Hodnota pH byla 4,42, 4,40 4,41, barvy 13,7 EBC, 13,7 EBC, 13,7 EBC, zákalu 0,34/0,17 EBC, 0,33/0,16 EBC, 0,35/0,18 EBC alkoholu 3,87 obj. %, 3,88 obj. %, 3,86 obj. %, alkohol 4,93 hm. %, 4,92 hm. %, 4,91 hm. % a pěnovost 210 s, 212 s, 208 s.

Aritmetické průměry měření a směrodatné odchylky vzorku piva Ježek jsou uvedeny v tabulce č. 6.

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést literární rešerši zabývající se stanovením látek obsažených v pivu, uvést některé kvalitativní a analytické parametry, které se v běžných pivovarech používají pro kontrolu jakosti piva, případně meziproductů jeho výroby a doplnit o praktické příklady stanovení a jejich výsledků. v úvodu práce zde také byla uvedena stručná historie piva a jeho nejpravděpodobnějšího vzniku. Dále byly uvedeny základní suroviny pro výrobu piva i postupy jejich dalšího zpracování, jakožto i stručný výčet látek a mikroorganismů v pivu obsažených.

Byly proměřeny základní charakteristiky piva na různých vzorcích. Mezi proměřené charakteristiky piva patřilo pH, barva a hořkost piva, zákal, pěnivost a alkohol v hmotnostních a objemových procentech. Jako vzorky byly použity piva DEEP 10 °, Rychtář premium 12 °, Ježek 11 ° a dva vzorky mladiny.

Při porovnání vzorků piv můžeme říci, že naměřené hodnoty se nijak výrazně neliší, což je dané především tím, že ačkoliv se jedná o vzorky piv s různou stupňovitostí, jsou to piva ležáckého typu a k jejich výrobě je použita velice podobná technologie. To má přímý vliv na jeho výslednou barvu a zákal, který je většinou kvasničného typu a souvisí se zdánlivým stupněm prokvašení. Hodnota pH, která se u českých piv pohybuje v intervalu 4,1 – 4,9 je důležitým kvalitativním parametrem, protože jeho změna může ukazovat na nepříznivé bakteriální procesy, taktéž je závislá na pH používané vody. Rozdíl v obsahu alkoholu u jednotlivých piv je dán množstvím extraktu původní mladiny, což udává jeho výslednou stupňovitost. Jedinou výraznější změnu vidíme u vzorku piva Ježek a jeho pěnivosti, která se lišila o více než 100 s. Tento rozdíl může být způsoben sníženým obsahem CO₂.

Při porovnání vzorků mladiny jsou hodnoty taktéž velice podobné. Je to dané tím, že pivovar má technologii její výroby standardizovanou tak, aby piva jednoho typu, z různých násad mladiny vykazovala stejné chuťové i poměrové parametry.

Použitá literatura

- [1] CHLÁDEK, Ladislav. *Pivovarnictví*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 207 s., 8 s. barev. obr. příl. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-80-247-1616-9.
- [2] <http://sppkzk.webnode.cz/vse-o-pivu/> [online]
- [3] KIRK-OTHEMER *Food and feed technology: 2 volume set*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2007, 2 v. ISBN 9780470174487.
- [4] http://eagri.cz/public/web/file/353957/ceske_pivo_ENG_web.pdf [online]
- [5] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995, 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [6] <http://www.brew-monkey.com/brewschool/maltguide.php> [online]
- [7] BASAŘOVÁ, Gabriela. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [8] <http://www.ssss.cz/files/kpucebnice/p/pv/1/napoje/pivo.htm.8> [online]
- [9] <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=389> [online]
- [10] <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=106> [online]
- [11] PELIKÁN, Miloš, Drahomír MÍŠA a František DUDÁŠ. *Technologie kvasného průmyslu*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, 129 s. ISBN 80-7157-240-3.
- [12] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [13] <http://www.midwestsupplies.com/differences-2row-6row.html> [online]
- [14] www.exploreyeast.com [online]
- [15] YILDIZ, Fatih. *Advances in food biochemistry*. Boca Raton: CRC Press, c2010, xiv, 507 p. ISBN 08-493-7499-5.
- [16] <http://sppkzk.webnode.cz/vse-o-pivu/vyroba-piva/> [online]
- [17] FORSYTHE, S, P HAYES a P HAYES. *Food hygiene, microbiology, and HACCP*. 3rd ed. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, 1998, xviii, 449 p. ISBN 0751404500.
- [18] <http://www.svet-piva.cz/clanky-o-pivu/typy-a-druhy-ceskeho-piva.html> [online]
- [19] *Kvasný průmysl: odborný časopis pro výrobu nápojů a biochemické technologie*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha ve spolupř. se Sahn, s. r. o. ISSN 0023-5830. Jiná.

- [20] <http://www.wellness-trend.cz/zdravi/acidoza/kyselost-ph> [online]
- [21] <http://anl.zshk.cz/vyuka/mereni-pH.aspx> [online]
- [22] <http://www.hanna-instruments.cz/haccp-ph-metr-na-pivo-titanova-ph-elektroda-s-teplotnim-rozsahem-do--50-az-1050c> [online]
- [23] http://www.pivovarkostelec.cz/sites/default/files/Kostelec_nutri_3.pdf [online]
- [24] BROŽ, A., KOŠIN, P., ŠAVEL, J., PROKEŠ, J.: *Jak zacházet v NIR spektroskopii v pivovarské laboratoři*. Kvasný průmysl, 2008
- [25] www.fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U218/peoples/hoffman/PREDMETY/COVP/labcv/navody/covp_in11.pdf [online]
- [26] <http://old.vscht.cz/anl/lach2/NIR.pdf> [online]
- [27] <http://www.1-cube.com/laboratorni-pristroje-koloidni-stabilita-piva?tabpage=15&taboffset=0&ts=2&epc=00478acz> [online]
- [28] <http://www.anton-paar.com/cz-cs/produkty/detaily/system-alcolyzer-beer/> [online]