

Praktické stanovení hořkých látek v pivu a jejich kolísání během výroby

Bc. Světlana Vasilová

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Světlana VASILOVÁ**
Osobní číslo: **T09676**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Praktické stanovení hořkých látek v pivu a jejich kolísání během výroby**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Historie piva, sladu a chmele.
2. Pivovarské suroviny a jejich chemické složení.
3. Technologie výroby piva.
4. Analytické metody stanovení hořkých látek.

II. Praktická část

1. Stanovení hořkých látek v pivu v různých stádiích výroby.
2. Shrnutí a závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] **BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I.** České pivo, NUGA, Pacov 1999.

[2] **STANĚK, J. BLAHOSLAVENÝ SLÁDEK**, Kapitoly z dějin piva, Paseka, Praha/Litomyšl 1998.

[3] **SLÁDEK, J.** Kde se pivo vaří, SEZAM, Praha 1992.

[4] **BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., BASAŘ, P., LEJSEK, T.**, Pivovarství, VŠCHT, Praha 2010.

[5] **KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S.** a kolektiv autorů. Technologie výroby sladu a piva, VÚPS, a.s., Praha 2000.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jitka Gálová, Ph.D.**
Bzenec

Datum zadání diplomové práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2011**

Ve Zlíně dne 21. března 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18. 5. 2011



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k větší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo vypracovat literární rešerši, která stručně nastiňuje historii pivovarství, popisuje suroviny potřebné k výrobě piva a to vodu, slad a chmel, a zmiňuje výrobu piva samotnou. Praktická část je zaměřena na stanovení celkové hořkosti piva a sledování úbytku hořkých látek během výroby od mladiny až po finální výrobek, kterým je filtrované pivo.

Klíčová slova: voda, pivo, slad, chmel, hořké látky, mladina.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis was to develop a literature search, which briefly outlines the history of the brewing industry, describing raw materials needed to produce beer and water, malt and hops, and mentions the beer itself. The practical part is focused on the overall bitterness of beer and watching the loss of bitter substances during the production of wort to the finished product, which is filtered beer.

Keywords: water, beer, malt, hops, bitter, beer wort.

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Ing. Jitce Gálové, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce.

Děkuji managementu a laborantkám pivovaru Janáček za možnost přístupu a měření vzorků mladiny a piva v laboratoři ve večerních hodinách. Děkuji mému manželovi Bc. Janu Vasilovi za nabírání vzorků pro experiment.

Místo poděkování patří i mé rodině za podporu a čas věnovaný studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE PIVA, SLADU A CHMELE	12
1.1 HISTORIE PIVA	12
1.2 HISTORIE SLADU	15
1.3 HISTORIE CHMELE	16
2 PIVOVARSKÉ SUROVINY A JEJICH CHEMICKÉ SLOŽENÍ	17
2.1 VODA	17
2.1.1 Obsah látek v přirozených vodách	18
2.1.2 Úprava přírodních vod	18
2.1.3 Tvrdost vody	18
2.2 SLAD	20
2.2.1 Máčení ječmene.....	20
2.2.2 Klíčení ječmene.....	21
2.2.3 Hvozďení zeleného sladu.....	22
2.3 CHMEL	23
2.3.1 Chmelové pryskyřice.....	24
2.3.2 Chmelové silice	27
2.3.3 Polyfenoly chmele (třísloviny)	27
2.3.4 Hlavní skupiny chmelových odrůd.....	28
2.3.5 České chmelové odrůdy	30
2.3.6 Chmelové výrobky	34
2.3.7 Sortimentní spotřeba chmele v tuzemských pivovarech	36
2.4 PIVOVARSKÉ KVASINKY	39
3 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA	40
3.1 VARNA	41
3.2 SPILKA	44
3.3 LEŽÁCKÝ SKLEP	45
3.4 FILTRACE PIVA	45
3.5 STÁČENÍ PIVA	46
4 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ HOŘKÝCH LÁTEK	47
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
5 STANOVENÍ HOŘKÝCH LÁTEK V PIVU V RŮZNÝCH STÁDIÍCH VÝROBY	49
5.1 CHMELOVAR V PIVOVARU JANÁČEK	50
5.1.1 Použité chmelové výrobky	50
5.1.2 Chmelení měřených vzorků.....	51

5.2	VLASTNÍ STANOVENÍ HOŘKÝCH LÁTEK.....	54
5.2.1	Výsledky stanovení hořkosti	56
5.2.2	Diskuze k výsledkům měření	61
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Pivo patří mezi nejoblíbenější nápoje českého konzumenta. I když jeho dlouhodobá průměrná spotřeba klesla ze 160 l na osobu a rok na 150 l, stále se s touto spotřebou řadíme na první místo ve světě [1].

Pivo lze charakterizovat jako nápoj kvašený pivovarskými kvasinkami, vyrobený ze tří základních surovin: vody, sladu a chmele, s malým obsahem alkoholu. Svými sensorickými vlastnostmi, jako je barva, chuť, vůně, plnost, říz a hořkost, je považováno české pivo za nejlepší na světě. Má jednu skrytou vlastnost, tzv. pitelnost, to znamená, že vybízí konzumenta k dalšímu napití [2].

Diplomová práce pojednává o pivu a hořkých látkách v něm obsažených. Popisuje suroviny a jejich chemické složení, které mají vliv na výslednou hořkost piva. Je to voda působící jako rozpouštědlo extraktivních látek, mezi něž se řadí slad a chmel, který dodává pivu hořkost i aroma a podílí se na stabilitě pěny. Jeho dávkování je závislé na obsahu hořkých látek v chmelu a požadované hořkosti výrobku. Důležitá je také technologie výroby piva a dávkování surovin, které ovlivňují finální výrobek a jeho sensorické vlastnosti.

V praktické části byla sledována hořkost piva v pěti stádiích jeho výroby. Byl pozorován úbytek a ztráta hořkých látek během celého technologického procesu. Hořkost byla měřena pomocí přístrojového vybavení v pivovarské laboratoři. Vzorky pro stanovení celkové hořkosti byly odebírány a měřeny v tomto pořadí - u mladiny po varu, první den ve spilce, dále před sudováním, během ležení ve sklepě a po filtraci. V závěru jsou diskutovány výsledky stanovení, které byly zaznamenány do přehledných tabulek a je vyjádřena procentuální a grafická ztráta hořkých látek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PIVA, SLADU A CHMELE

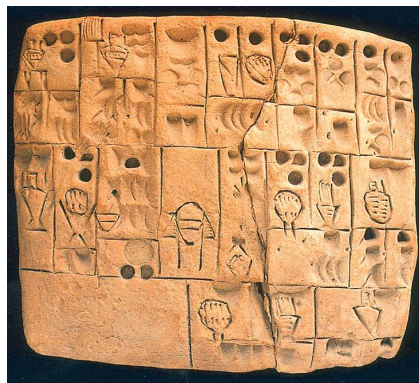
Pivovarství je jedno z nejstarších řemesel sahajících hluboko do historie. Přesné datum výroby piva a surovin potřebných k jeho výrobě neexistuje. Váže se až k jejich prvním písemným zmínkám [3].

Slovo „pivo“ náleží k nejstarším ve staročeské slovní zásobě a je zřejmě původu praslovanského. A pít znamená žít. Pivo a suroviny, z nichž se vyrábělo, byly hojně opěvovány. Např. „Sláva sladu, sláva chmeli, kéž bychom je stále měli!“, nebo „Bud' nám vždycky svato, že chmel je naše zlato, vivat!“ [4].

1.1 Historie piva

Za kolébku piva je ve většině literárních zdrojů považována Mezopotámie. Zde se již v 7. tisíciletí př. n. l. pěstovalo obilí, především ječmen, pšenice a proso. Tyto obilniny sloužily nejen na výrobu chleba, ale zřejmě i k přípravě kvašených nápojů. Pivo vzniklo náhodou vniknutím vody do nádoby se sebranými zrny divoce rostoucího obilí, které zkvasilo a dalo světu nápoj s příjemnou omamnou chutí, který objevili a ocenili obyvatelé Mezopotámie, Babylónské říše a Asýrie [5, 6].

Nejstarší písemné záznamy o pivu jsou z počátku 3. tisíciletí před naším letopočtem. Jde o sumerské hliněné tabulky, na kterých můžeme nalézt texty věnující se výrobě piva, zvaného sumersky Kaš. Na (Obr. 1) je na archaické tabulce záznam o rozdělování piva a chlebových placek pracovníkům v chrámovém hospodářství boha nebes Ana. Na základě doložených zpráv je za kolébku piva pokládána Mezopotámie, neboť zde byly příznivé podmínky pro pěstování obilovin, základní suroviny pro výrobu piva [7, 8].



Obr. 1 Sumerská hliněná tabulka [9]

Na výrobu piva se používal nejen ječmen, ale i různé druhy pšenice a prosa. K jeho vaření se používal nejen slad, ale i rozemletý pivní chléb a různé směsi obilí, např. pšenice a ječmene. Některá piva byla tak hustá, že se pro vysoký obsah zrna a plev, aby neuvízla v krku, pila z hliněných nádob stébly [6].

O něco později, než Summerové, vyrobili obilný kvašený nápoj, zvaný Šikarum, i Babyloňané. Ti znali tři druhy piva: černé, červené a husté. Základem byl rozlámaný, vodou zalitý a zkvašený chléb. Aby se zvýšila kvalita piva, topili staří Babyloňané špatné pivovarníky přímo v jejich pivu pochybné kvality.

Podle Egyptů pivo vynalezli bohové. Zvláštní zásluhy byly přičítány bohu slunce a stvořiteli bohů i lidí, nazývanému Re. Později byly zásluhy přisuzovány bohu Osirisovi a bohyním Menuet a Tenemit. Za vlády Ptolemaiovců, která je nazývána zlatým věkem pivovarství, se stal monopolním výrobcem stát a do jeho pokladny plynuly značné zisky z daně z piva. Tato ekonomika se udržela i za vlády Římanů.

Řekové a Římané dávali přednost vínu. Jejich stanovisko k pivu bylo velmi negativní. Pivo považovali za nápoj nejen nechutný, ale i zdraví škodlivý, který pijí jen barbaři a chudina. Přesto jeden z nejslavnějších Římanů Gaius Julius Caesar nazval pivo „váženým a mocným nápojem“.

Za největší milovníky piva byli považováni Germáni. I u nich bylo pivo vynálezem bohů a jejich darem lidstvu. Chmel se pěstoval po celé německé říši a velkého rozkvětu dosáhlo sladařství a pivovarnictví ve středověkých kláštorech. Údajnou autorkou prvního, takřka moderního receptu na přípravu piva, byla abatyše kláštera benediktínek na hoře Rupertsbergu, svatá Hildegarda. V Německu se vařila piva pšeničná i ječná, tmavá i světlá, ležácká, bílá, speciální a kořeněná [7].

První zpráva o výrobě piva u nás se váže k Břevnovskému klášteru. Uvádí se, že v roce 993, kdy byl vysvěcen druhým českým biskupem Vojtěchem, vyráběli tamní benediktíni pivo i víno. Ať již z obavy z nadměrného požívání alkoholických nápojů služebníky Páně, či ze strachu o „ovečky“ patřící do diecéze, pravděpodobněji však z nedostatku obilovin pro běžnou výživu, zakázal Vojtěch vaření piva pod trestem exkomunikace. Zákaz vaření piva se podařilo zrušit až po dvou stoletích rozhodnutím papeže Inocence IV., které vyprosil pro své „bohobojné a pivo milující poddané Čechy“ král Václav I.



Obr. 2 Dobové znázornění pivovarníka [11]

První doloženou zprávou o pivovarnictví v Čechách, pocházející z počátku 11. století, je nadační listina kolegiátního kostela na Vyšehradě z roku 1088, kde je kanovníkům vyšehradské kapituly vymezen také desátek chmele pro potřebu vaření piva. Výsadu vaření piva měly nejprve pouze kláštery a královská města. Poddanská města dostávala později podle královských měst právo várečné od vrchností, pod jejichž panství příslušela [7].

K významným městským právům náleželo také tzv. mílové právo, to znamená, že se pivovarnictví s dalšími živnostmi nesmělo provádět v okruhu míle od města pod trestem velkých pokut. Rovněž krčmy v okolí měst musely čepovat výhradně pivo z určitého města. Do měst se rovněž nesměla přivážet cizí piva, to bylo přísně trestáno. Tzv. právovárečné domy měly uděleny výsadu vaření piva – právo várečné. Právovárečník byl měšťan královského města mající dům uvnitř hradeb, který mohl na základě tohoto práva, udělovaného od 14. století, vařit a čepovat pivo [7, 10].

Pivo se stalo denním nápojem i těch nejchudších vrstev obyvatelstva. Pilo se k snídani, obědu i k večeři. Kolem roku 1554 bylo v českých zemích napočítáno kolem 3000 pivovarů. Výnos z výroby byl značný, pivovary přinášely vrchnosti více než 40 % zisku jejich panství [7].

Staré, středověké městské pivovarnictví se postupně přeměňovalo a ztrácelo své výsadní postavení. Stagnace a úpadek vedl k potřebě přeměny organizace pivovarnictví, soustředění výroby do menšího počtu pivovarů a vzniku podniků modernějšího a průmyslového charakteru [7].

Českým pivovarským reformátorem se stal František Ondřej Poupě (1753-1805), který položil základy moderní výroby piva. Je zaváděna výroba na principu spodního kvašení, sládky začínají používat teploměr a váhy. Poupě zavedl řadu nových technologických postupů, mimo jiné odkličování sladu, zlepšil výkon hvozdu, vypracoval nový postup chmelení, navrhoval uspořádání staveb a zařízení pivovarů. Jeho práce byly vydány roku 1794 v Praze, 1797 v Brně a roku 1801 v Olomouci [4, 6, 12].

Významný vědecký objev učinil francouzský biolog Louis Pasteur, který zjistil, že kvašení, neboli fermentaci, vyvolávají živé organismy – kvasinky. Dále francouzští chemici Payers a Persos vyrobili ječný slad, a dánský botanik Emil Hansen z Carlsbergu zavedl do pivovarské výroby kvasnice. Na počest Hansenova díla se kvasnice užívané pro spodní fermentaci nazývají *Saccharomyces carlsbergensis Hansen*. Těmito objevy způsobili vědci přelom v mikrobiologii a v potravinářském průmyslu [5, 13, 14].

1.2 Historie sladu

V minulosti se připravovalo pivo ze sladů různých obilovin. Ječmen pronikl do Evropy asi 7000 – 4000 let př. n. l. pravděpodobně z oblasti mezi Egyptem a Iránem. Rozvoj pěstování sladovnického ječmene byl zaznamenán na území dnešní České republiky i v řadě evropských a zámořských zemích od 11. století. V Čechách i na Moravě je pěstování ječmene písemně doloženo z roku 1227. Ječmen se používal jako vedlejší surovina k výrobě piva červeného proti obvyklému pivu bílému uvařeného z pšenice. Sladování ječmene se postupně začalo rozšiřovat v 17. století, což mělo za následek rozmach ve stavbě sladoven, především v 70. letech 19. století. Zpočátku se používalo ječmenů šestiřadých a čtyřřadých, později byly využívány ječmeny šestiřadé a dvouřadé, a v novověku se uplatnily pro výrobu sladu ječmeny dvouřadé nící (*Hordeum distichum* var. *nutans*). Od 40. let 19. stol. je používán pro kvalitní jarní ječmen termín sladovnický ječmen. O sladařství se na vysokých školách přednáší od roku 1835 (prof. K. N. Balling) [3, 15, 16].

1.3 Historie chmele

Kvašené nápoje typu piva se původně ochucovaly různými bylinami a kořením dováženým z Východu, takže pivo stále nemělo charakter takový jaký známe v současné době. U nás je pěstování chmele doloženo od 11.století, a to zejména v kláštorech, které prosluly dobrými pivy. Až teprve ve 12. století začali sládci běžně používat chmel a můžeme také hovořit o skutečných narozeninách piva. Do tohoto století se chmel získával sběrem planě rostoucího chmele v přírodě. Systematické pěstování samičích rostlin se začalo šířit od 12. století na „chmelištích“. Název chmelnice se začal používat od roku 1306 a teprve v 19. stol. se začaly zakládat chmelnice dnešních konstrukcí.

Uplatnění chmele v pivovarství podstatně zlepšilo kvalitu a jakost nápoje, dodalo mu jasnosti a průzračnosti a také svou nahořklou chutí dokázalo pivo dokonale uhasit žízeň. Nejstarší vyobrazení chmele je znázorněno na (Obr. 3) [3, 4, 5].



I. Černý 1517

Obr. 3 Nejstarší vyobrazení chmele [17]

Žatecký chmel byl od 15. století považován za světový standard kvality pro svou jemnou hořkost a aroma, které pivu dodával. Záhry se začaly na našem území pěstovat výhradně polorané červeňáky – rostliny jsou načervenalé a pěstování zeleňáků se rozšířilo v Anglii, v zámoří, v Austrálii a v USA [3].

2 PIVOVARSKÉ SUROVINY A JEJICH CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Hlavními surovinami pro výrobu piva jsou: voda, slad a sladové náhražky (surogáty), chmel, chmelové výrobky a pivovarské kvasnice.

2.1 Voda

Pivovarský průmysl je jedním z největších spotřebitelů vody v potravinářském průmyslu. Na výrobu 100 kg sladu se spotřebuje 10 až 15 hl vody a na výrobu 1 hl piva se spotřebuje 12 až 15 hl vody [18].

Voda je jednou z nejdůležitějších surovin, která má vliv na charakter a kvalitu piva. Působí jako rozpouštědlo pro extraktivní látky. Kromě toho je důležitou pomocnou látkou k máčení ječmene, ve spilce, sklepě, při chlazení a je v celém provozu mycím prostředkem [18, 19].

Varní voda musí splňovat požadavky na vodu pitnou, především z hlediska zdravotní a hygienické nezávadnosti. Z přírodních vod mají pivovary k dispozici spodní vody a povrchové vody. Všechny přírodní vody jsou zředěnými roztoky pevných látek a plynů a často obsahují mikroby, suspendované organické a anorganické látky a před použitím je nutné tyto vody upravit [3, 18, 20].

Spodní vody pocházejí z vrtů kumulovaných infiltrátů z povrchových vod, ze studní nebo z pramenů. Tyto vody mají nízký obsah organických látek, vyšší obsah iontů, rozpuštěné plyny, nižší obsah mikroorganismů [3, 16].

Povrchové vody je možné získat z říčních toků, z údolních přehrad, rybníků a jezer. Obsahují zákaly tvořené částicemi nerozpustných zemin, rozpuštěné a koloidní látky organického a anorganického původu, řasy, vyšší obsah mikroorganismů, rozpuštěné plyny. Z hlediska čistoty jsou podstatně horší než vody spodní, pokud je pivovar používá a sám upravuje, vyžaduje větší nároky než úprava vod spodních [3, 16].

2.1.1 Obsah látek v přirozených vodách

Obsah látek v přirozených vodách lze rozdělit následovně:

1. Látky rozpuštěné

- soli vápníku a hořčíku (převážně hydrogenuhličitanů, uhličitanů, sírany, chloridy)
- soli sodíku a draslíku (hydrogenuhličitanů, uhličitanů, sírany, chloridy, křemičitanů, dusičnanů, dusitanů, fluoridy)
- soli železa, manganu, hliníku (hydrogenuhličitanů, sírany, humáty)
- rostlinná barviva a ostatní organické látky
- plyny (kyslík, dusík, oxid uhličitý, sirouhlik, amoniak, methan, oxid siřičitý)

2. Látky suspendované

- řasy a zlomky rostlinných organismů (způsobují zbarvení a zápach vody)
- protozoa (způsobují zbarvení a zákal vody)
- mikroorganismy (patogenní a nepatogenní)
- anorganický a organický kal (způsobuje zakalení vody) [18].

2.1.2 Úprava přírodních vod

Převážná část přírodních vod, hlavně z povrchových zdrojů neodpovídá platným kvalitativním normám. Proto se získaná varní voda musí před použitím upravovat. Cílem úprav je zajištění požadavků na kvalitu vody vhodné pro výrobu piva. Mezi tradiční úpravné procesy patří mechanické předčištění, chemické čerění, filtrace přes pískové filtry, dekarbonizace, odsolování, odstranění iontů železa či odstranění dusičnanů a dusitanů. Posledním krokem je dezinfekce, např. chlorováním, ozonizací, ozařováním UV-zářením která zabezpečuje bakteriální nezávadnost vody [3, 18].

2.1.3 Tvrdost vody

Tvrdost vody je dána celkovým obsahem vápenatých, hořečnatých a z nepatrného hlediska i barnatých a strontnatých solí. Obsah rozpuštěných solí je v praxi důležitým kritériem pro posouzení vhodnosti vody k určitým technologickým aplikacím [3, 19].

Rozlišujeme dva druhy tvrdosti vody a to tvrdost stálou a tvrdost přechodnou.

1. Tvrdost stálá nekarbonátová je tvořena vápenatými a hořečnatými solemi silných anorganických kyselin sírové, chlorovodíkové, dusičné, které za varu nereagují a nemění se.

2. Tvrdost přechodná karbonátová je dána obsahem hydrogenuhličitanů vápníku a hořčíku, které za varu reagují a probíhají následující reakce:



Během chmelovaru se hydrogenuhličitaný mění odštěpením oxidu uhličitého na rozpustné uhličitany. Uhličitan hořečnatý je nestálý, při delším varu se rozkládá a může být z roztoku zcela odstraněn. Celková tvrdost vody je součtem obou tvrdostí, stálé a přechodné [3, 12, 19, 21, 22].

Podle hodnoty celkové tvrdosti se rozeznává voda od měkké až po velmi tvrdou. Hodnoty pro jednotlivé vody jsou uvedeny v (Tab. 1) v mmol.l^{-1} a stupních německých °n. 1 °n odpovídá 10 mg CaO nebo 7,14 mg MgO v 1 l vody a 5,6 °n tvrdosti odpovídá 1 mmol.l^{-1} .

Tab. 1 Celková tvrdost vody [18]

voda	mmol.l^{-1}	°n
velmi měkká	0 – 0,7	0 – 4
měkká	0,7 – 1,4	4 – 8
středně tvrdá	1,4 – 2,1	8 – 12
mírně tvrdá	2,1 – 3,2	12 – 18
tvrdá	3,2 – 5,3	18 - 30
velmi tvrdá	nad 5,3	nad 30

Pro každý druh piva je vhodná jiná voda.

Plzeňská voda – velmi měkká s převahou karbonátové tvrdosti, vhodná pro výrobu světlých, středně prokvašených charakteristicky hořkých piv s plnou a říznou chutí.

Mnichovská voda – mírně tvrdá s větší převahou karbonátové tvrdosti a nízkým obsahem síranů, vhodná k výrobě tmavých, málo chmelených a nasládlých piv bavorského typu.

Dortmundská voda – velmi tvrdá voda s převahou nekarbonátové tvrdosti, používá se k výrobě silných světlých piv, hluboko prokvašených a středně hořkých [18, 21].

2.2 Slad

Cílem sladování je vyrobit z ječmene vhodným způsobem máčení, řízeného procesu klíčení a pak regulovaným sušením a hvozďením, popř. pražením požadovaný typ sladu. Dle vyhlášky 335/1997 sb. Mze se sladem rozumí obilná zrna ječmene nebo pšenice, u nichž sladováním došlo k enzymatickým přeměnám endospermu a k vytvoření typických chuťových a aromatických látek [15, 23].

Hlavní skupinou sladovnických ječmenů pro výrobu sladu jsou ječmeny dvouřadé níčí *Hordeum distichum var. nutans*. Při nedostatku jarních odrůd lze použít i kvalitních odrůd ozimého ječmene.

Výrobu sladu lze rozdělit do tří základních kroků:

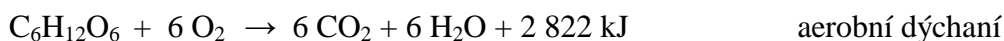
1. máčení ječmene,
2. klíčení ječmene,
3. sušení a hvozďení zeleného sladu [15, 24].

2.2.1 Máčení ječmene

Ječmen po sklizni musí dozrát několikátýdenním odležením, neboť se nachází ve stavu dormance. To je stav, kdy obilky klíčí pomalu a nejednotně. Pro kvalitu sladu je důležité, aby zrna klíčila rychle a jednotně.

Cílem máčení je zvýšit obsah vody v zrně z 12 – 15 % na 42 – 48 %. To závisí na druhu vyráběného sladu, kdy u světlého sladu se volí stupeň domočení na 42 – 45 % a u tmavých sladů se tento stupeň volí na 45 – 48 %. Zvýšeným obsahem vody v obilce se aktivují enzymatické reakce a zahájí se klíčení.

Máčení probíhá v náduvnících a doba máčení může trvat 48 – 72 hodin v závislosti na teplotě vody, velikosti zrna a jeho struktuře. Se zvyšujícím se obsahem vody začíná zrno dýchat a je nutné provzdušňování namočeného zrna. Pokud není zaručen přívod kyslíku, dochází k intramolekulárnímu dýchání a může vést k poškození, nebo až k umrtvení embrya zrna. Dýchání zrna lze vyjádřit následujícími rovnicemi:



Vznikající ethanol je pro embryo toxický [16, 18].

2.2.2 Klíčení ječmene

Hlavním úkolem klíčení je aktivace a syntéza enzymů, a docílení požadovaného rozluštění zrna. To znamená, že rezervní vysokomolekulární látky se za pomoci enzymů přemění na rozpustné nízkomolekulární produkty [16].

Klíčení probíhá klasicky na humnech pět až sedm dní. Jsou to větrané prostory s hladkou podlahou, teplota během roku by měla být 10 – 15 °C a vlhkost vzduchu v rozmezí 85 – 95 %. Moderní sladování se provádí v pneumatických systémech a to bubnových, skříňových a věžových. Klasické klíčení na humnech probíhá v sedmi stádiích:

- 1. Mokrý hromada** - vymáčený ječmen se nastírá v hromadách vysokých 15 – 40 cm při teplotě 8 °C a vyšší, nebo při nízkých teplotách do výšky 60 – 80 cm, kdy se hromada po 6 – 8 hod. předělá a při zvýšení teploty na 10 °C se hromada povolí – sníží se výška. Povrch hromady je vlhký.
- 2. Suchá neboli oschlá hromada** – stadium po 24 až 36 hod. Zrno intenzivně dýchá, teplota začíná stoupat a pod povrchem se objevují kapičky vody – hromada má dílo, musí se povolit a provětrat. Hromada špičkuje nebo prejtuje – objevují se první očka – špičky kořínků.
- 3. Stadium pukavky** – teplota hromady se reguluje do 14 °C vzdušným větráním, hromada se potí a má příjemnou okurkovou vůni. Musí se povolovat a podle potu po 8 hodinách vidrovat. Třetí až čtvrtý den vyrůstá na zrnu druhý kořínek.

4. **Stadium mladíka** – fáze nejintenzivnějšího dýchání a enzymatických přeměn, teplota v hromadě se udržuje do 16 °C, vzdušné vidrování se střídá s převrácením hromady, aby nedocházelo ke ztrátám hmoty zrna jeho intenzivním dýcháním.
5. **Vyrovnaná hromada** – přibližně pátý den klíčení. Dýchání se zpomaluje, zrno se dále dolušťuje, délka kořínků je vyrovnaná a střelka do půlky zrna. Hromada se předělává přibližně každých 12 hod.
6. **Stárnutí hromady** – střelka dorůstá do 2/3. Hromada mírně zavadá, asi po 12 hodinách se zvolna kypří a tím se zachovává určitá koncentrace CO₂, který tlumí dýchání.
7. **Stará zavadlá hromada** – konečná fáze v sedmém dni klíčení. Produktem je zelený slad a následuje valečkování nebo hvozďení [15, 18, 19].

2.2.3 Hvozďení zeleného sladu

Hvozďení je závěrečná fáze výroby sladu. Jeho cílem je snížit obsah vody na 4 – 1,5%, zastavit životní a luštěcí pochody v zrně a vytvořit aromatické a barevné látky, které jsou charakteristické pro jednotlivé druhy sladů a piv. Zelený slad je na hvozdech nejdříve předsušen sušícím vzduchem regulovaným pomocí ventilátorů při teplotách do 60 °C, poté nahřát a dotahen při teplotách od 80 do 105 °C. U barevných a karamelových sladů se používají bubnové pražiče.

Existují různé druhy hvozďů: jednolískové, dvoulískové, třílískové, skříňové, kruhové a kontinuální [16, 18].

Plzeňský slad – hlavní zásadou při výrobě tohoto sladu je omezení nadměrného vzniku barevných a aromatických sloučenin a maximální uchování enzymové aktivity a křehkosti sladu. Hvozďí se 2 x 12 hodin. Předsoušecí teplota je do 55 °C a teplota dotahovací maximálně 85 °C. Slad je vhodný pro výrobu světlých piv typu ležáků, konzumních piv a speciálních piv s různou koncentrací původní mladiny [3, 16].

Vídeňský slad – má 2x vyšší hodnotu barvy než světlý plzeňský slad a je přechodem mezi světlými a tmavými slady. Hvozďí se 2 x 12 hod. a dotahovací teplota je 85 – 95 °C [3, 19].

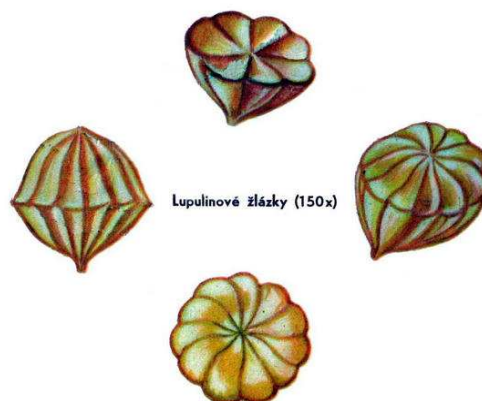
Bavorský slad – dotahovací teplota je 100 – 105 °C. Používá se pro výrobu tmavých piv [3].

2.3 Chmel

Chmel otáčivý *Humulus lupulus*, patřící do čeledi konopovitých, patří k nejzákladnějším surovinám pro výrobu piva. Pro pivovarské účely se na chmelnicích (ukázka v příloze P I – vlastní foto) pěstují výhradně samičí rostliny. Květenství samičích rostlin musí zůstat neopyleno, neboť opylením vznikají pecičky, roste váhový výnos, ale klesá pivovarská hodnota chmele. Na řezu chmelové hlávky, která je složena ze stopky, vřeténka a pravých a krycích listenů, je patrný žlutý prášek lupulin (Obr. 4, 5), který obsahuje pivovarsky cenné látky jako jsou chmelové pryskyřice, chmelové silice a chmelové polyfenoly.



Obr. 4 Detail chmelové hlávky s vřeténkem a lupulinem [25]



Obr. 5 Zvětšené lupulinové žlázky [25]

Chmelové pryskyřice jsou zdrojem hořké chuti piva a pozitivně ovlivňují trávení, silice dávají pivu chmelové aroma a polyfenoly (třísloviny) mají antioxidační účinky, chrání

α -hořké kyseliny před oxidací a tvorbou komplexů, podporují srážení bílkovin a výrazně ovlivňují senzoryckou stabilitu piva. Průměrné chemické složení chmele je shrnuto v Tab. 2 [2, 3, 16, 19, 20].

Tab. 2 Průměrné složení chmele [16]

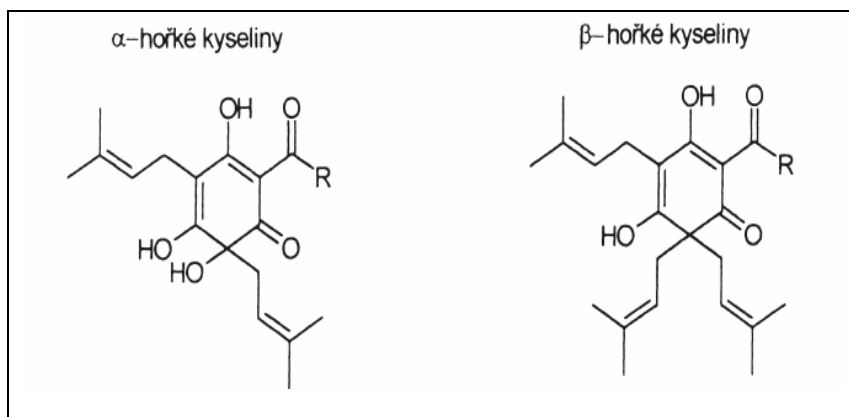
Látka	Obsah [%]
voda	8 – 12
celkové pryskyřice	15 – 20
polyfenolové látky	2 – 6
silice	0,2 – 2,5
vosky a lipidy	1 – 3
dusíkaté látky	12 – 15
sacharidické látky (celulosa)	40 – 50
minerální látky	6 – 8

V České republice se chmel pěstuje ve třech oblastech a to v oblasti Žatecké, Ústěcké a Tršické. Vhodné klimatické a půdní podmínky těchto oblastí přispívají k výjimečnému aromatickému charakteru českých chmelů. Z hlediska pěstování se chmel dělí na červeňáky a zeleňáky. Vzhledem k požadavkům pivovarů, dle tržních hledisek, se chmel dělí podle hořkosti na jemné aromatické, aromatické, hořké a vysokoobsažné. Z výrobního hlediska pivovarů se používá chmel sušený, granulovaný a chmelové výrobky [26, 27].

2.3.1 Chmelové pryskyřice

Z pivovarského hlediska patří chmelové pryskyřice k nejdůležitějším složkám chmele a chmelových výrobků. Ve varném procesu izomerují a v závislosti na vydatnosti a dávce chmelení dávají pivu intenzivní a charakteristickou hořkost. Tato hořkost je ovlivněna obsahem dvou nejvýznamnějších látek měkkých chmelových pryskyřic, kterými jsou α -hořké kyseliny a β -hořké kyseliny. Piva obsahující pouze nebo převážně α -hořké kyseliny (Obr. 6) a jejich deriváty iso- α -hořké kyseliny vykazují silnou a drsnou

organoleptickou hořkost, zatímco piva vařená z chmelů a chmelových výrobků s vyšším obsahem β -hořkých kyselin (Obr. 6) vykazují obvykle jemnější a méně hořkou drsnost.

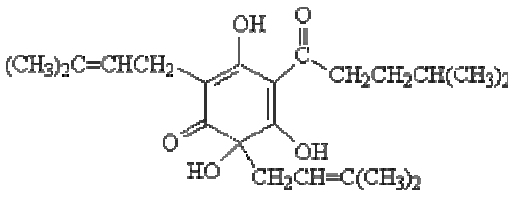
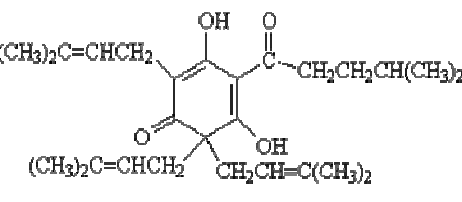
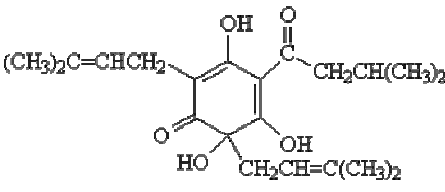
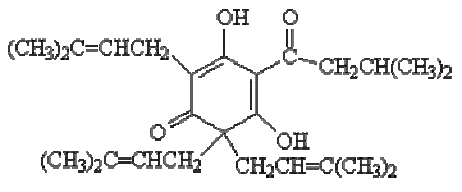
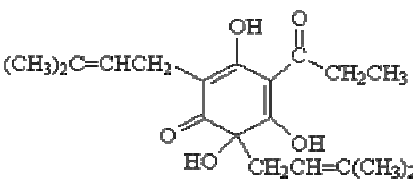
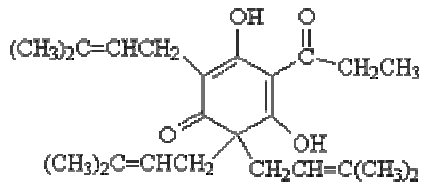
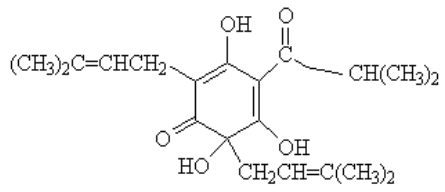
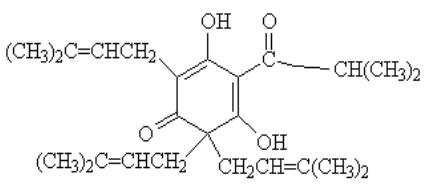
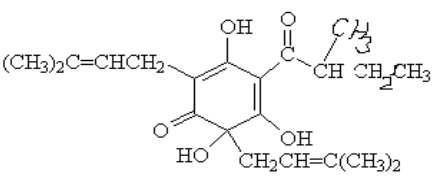
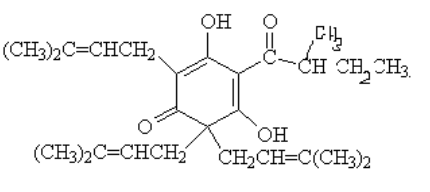


Obr. 6 Strukturní vzorce α -hořkých a β -hořkých kyselin [16]

α -Hořké kyseliny jsou tvořeny směsí známých analogů humulon (35-70%), kohumulon (20-55%), adhumulon (10-15 %), prehumulon (1-10 %) a posthumulon (1-5 %) na (Obr. 8). Analogy se liší acylovým zbytkem. β -Hořké kyseliny jsou směsí analogů nazývaných lupulon (30-55 %), kolupulon (20-55 %), adlupulon (5-10 %), prelupulon (1-3 %) a postupulon na (Obr. 8). Postranní řetězce analogů příslušných hořkých kyselin jsou uvedeny na (Obr. 7). Množství a složení α - a β -hořkých kyselin a jejich analogů je značně závislé na řadě faktorů, a to na odrůdě, pěstebním místě, ročníku, počasí, podmínkách sklizně a skladování. V dobře uskladněném chmelu je 2 – 9 % α -hořkých kyselin a 6 – 8 % β -podílu [1, 16, 18, 20].

Postranní řetězec	Příslušná α -hořká kyselina	Příslušná β -hořká kyselina
$-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	humulon	lupulon
$-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	kohumulon	kolupulon
$-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3$	adhumulon	adlupulon
$-\text{CH}_2\text{CH}_3$	posthumulon	postlupulon
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	prehumulon	prelupulon
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$	dosud	dosud
	nepojmenován	nepojmenován

Obr. 7 Analogy hořkých kyselin [16]

α-hořké kyseliny	β-hořké kyseliny
<p style="text-align: center;">prehumulon</p> 	<p style="text-align: center;">prelupulon</p> 
<p style="text-align: center;">humulon</p> 	<p style="text-align: center;">lupulon</p> 
<p style="text-align: center;">posthumulon</p> 	<p style="text-align: center;">postlupulon</p> 
<p style="text-align: center;">kohumulon</p> 	<p style="text-align: center;">kolupulon</p> 
<p style="text-align: center;">adhumulon</p> 	<p style="text-align: center;">adlupulon</p> 

Obr. 8 Vzorce analogů α -hořkých kyselin a β -hořkých kyselin [28]

Tvrdé chmelové pryskyřice (γ -pryskyřice) mají výrazně nižší pivovarský význam. Jsou obsaženy v čerstvém chmelu v nepatrném množství (1 – 2 %) a jejich podíl se zvyšuje ve skladovaném hlávkovém chmelu za přístupu vzduchu a při vyšší teplotě [3, 20].

2.3.2 Chmelové silice

Chmelová silice je směs uhlovodíků, kyslíkatých sloučenin a v nepatrném množství sirných sloučenin terpenové řady. Uděluje chmelu charakteristickou vůni, a tvoří se v konečných fázích zrání rostliny. Chmelové silice se uplatňují převážně při obchodním posouzení kvality hlávek (čichem). Chmel obsahuje 0,5 – 3 % hmotn. silic. Při chmelovaru větší část silic vytěká a do piva přechází pouze mizivé množství. Proto je dávkování aromatických chmelů zařazeno před koncem chmelovaru. Hlavní součástí evropských odrůd chmele, tvořících až 90 % chmelové silice, jsou čtyři složky: myrcen, karyofylen, humulen a farnesen [3, 16, 19].

2.3.3 Polyfenoly chmele (třísloviny)

Třísloviny chmele tvoří směs s převažujícím podílem flavonových glykosidů, antokyanogenů, katechinů a volných fenolových kyselin. Mají redukční schopnosti, kterými chrání chmelové pryskyřice před oxidací. Podporují tvorbu lomu při chmelovaru a v průběhu chlazení mladiny reakcemi s dusíkatými látkami se hlavně podílejí na čiření piva vylučováním kalů. Dále se účastní při řadě oxidačně-redukčních reakcí uplatňujících se při vytváření barvy a koloidní stability piva [3, 16, 20].

2.3.4 Hlavní skupiny chmelových odrůd

Tab. 3 Specifikace hlavních chmelových odrůd [29]

Skupina I	Jemné aromatické chmele s dlouhodobým obsahem α-hořkých kyselin do 4,5 %: např.: Žatecký poloraný červeňák, Hallertauer, Mittelfrüher, Spät, Klon 18, Lubliner, Saphir, SA-1, Spalter, Steirer Golding, Strisselspalter, Tettninger
Skupina II	Aromatické chmele s dlouhodobým obsahem α-hořkých kyselin nad 4,5 %: např.: Sládek, Bor, Aurora, Cascade, First Gold, Fuggles, Golding, Hallertauer Tradition, Horizon, Mount Hood, NZ Hallertauer, Perle, Spalter Select, Sterling, Willamette
Skupina III	Hořké a vysokoobsažné chmele: např.: Agnus, Admiral, Chelan, Chinook, Cluster, Colubus/Tomahawk/Zeus (CTZ), Galena, Hallertauer Magnum, Hallertauer Taurus, Herkules, Kirin Flower, Marco Polo, Marynka, Millennium, Northern Brewer, Nugget, NZ Pacific, Gem, Phoenix, Pride of Ringwood, Super Pride, Target, Tsingdao Flower, Victoria, Warrior

Tab. 4 Světová produkce chmele a α -hořkých kyselin podle skupin v roce 2007 [29]

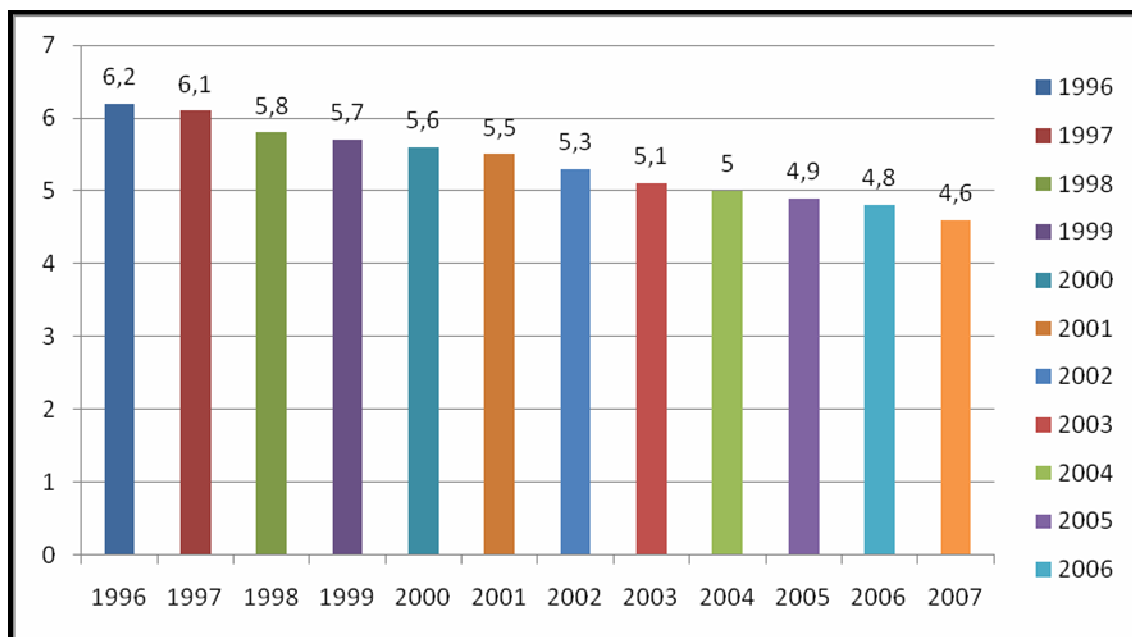
Skupina	Sklizeň chmele [t]	Podíl sklizně [%]	Průměrný obsah [%]	Produkce α -hořkých kyselin	
				celkem [t]	podíl [%]
I.	13 774	15,0	3,0	419	5,5
II.	26 664	29,1	5,9	1 563	20,5
III.	51 146	55,9	11,0	5 628	74,0
Celkem	91 584	100,0	8,3	7 610	100,0

Tab. 5 Podíl hlavních produkčních zemí podle podílu produkce jednotlivých skupin [29]

I.	Německo	43,7 %
	Česko	29,4 %
II.	Německo	55,7 %
	USA	21,9 %
III.	USA	45,3 %
	Německo	30,4 %

Tab. 6 Vývoj chmelení podle průměrné dávky α -hořkých kyselin v g/hl [29]

Rok	g/hl	Rok	g/hl	Rok	g/hl
1996	6,2	2000	5,6	2004	5,0
1997	6,1	2001	5,5	2005	4,9
1998	5,8	2002	5,3	2006	4,8
1999	5,7	2003	5,1	2007	4,6

Obr. 9 Graf vývoje chmelení piva podle průměrné dávky α -hořkých kyselin v g/hl [29]

2.3.5 České chmelové odrůdy

Žatecký poloraný červeňák svým obsahem hořkých látek a chmelových silic (Tab. 7) patří do skupiny jemných aromatických odrůd chmele. Vzhledem k vyšší cenové relaci vede pivovary k diferencovanému dávkování. Kombinací dávky hořkého chmele na začátku chmelovaru a dávky žateckého chmele ke konci chmelovaru je možné dosáhnout jak požadované hořkosti, tak jemného chmelového aroma [29, 30].

Tab. 7 Obsah hořkých látek a silic v ŽPČ [30]

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	11-14 % w.
	α -hořké látky	3-5 % w.
	β -hořké látky	5-7 % w.
	Kohumulon	23-26 % w.
	Kolupulon	39-43 % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	0,4-0,8 g/100 g
	Myrcen	25-40 % rel.
	2-undekanon	1,0-1,5 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-2,0 % rel.
	Karyofylen	5-8 % rel.
	Humulen	15-25 % rel.
	Farnesen	13-20 % rel.
	Selenin	1-2 % rel.

Další odrůda Sládek vznikl křížením a je charakteristický vysokým podílem β -hořkých kyselin a vysokým výnosovým potenciálem. Sládek se používá pro druhé chmelení ležáckých piv. U piv typu klasik je používán pro třetí chmelení místo Žateckého poloraného červeňáku. Dalšími odrůdami jsou Bor, Premiant, Agnus, Harmonie, Rubín. Jejich specifické zařazení do chmelových odrůd bylo uvedeno v podkapitole 2.3.4. Obsah hořkých látek a chmelových silic je uveden v následujících tabulkách [29, 30].

Tab. 8 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Sládek [30]*

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	20-23 % w.
	α -hořké látky	5-7 % w.
	β -hořké látky	6-9 % w.
	Kohumulon	25-30 % w.
	Kolupulon	45-50 % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	1,5-2,0 g/100 g
	Myrcen	40-50 % rel.
	2-undekanon	1,5-2,0 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-1,5 % rel.
	Karyofylen	7-11 % rel.
	Humulen	20-30 % rel.
	Farnesen	< 0,1 % rel.
	Selinen	< 0,1 % rel.

Tab. 9 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Bor [30]*

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	20-23 % w.
	α -hořké látky	7-9 % w.
	β -hořké látky	4-6 % w.
	Kohumulon	22-25 % w.
	Kolupulon	44-48 % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	1,0-1,5 g/100 g
	Myrcen	35-50 % rel.
	2-undekanon	0,7-1,2 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	0,9-1,5 % rel.
	Karyofylen	7-12 % rel.
	Humulen	25-35 % rel.
	Farnesen	< 0,1 % rel.
	Selinen	N/A % rel.

Tab. 10 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Premiant [30]*

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	21-25 % w.
	α -hořké látky	7-9 % w.
	β -hořké látky	3-6 % w.
	Kohumulon	19-23 % w.
	Kolupulon	40-45 % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	1,0-2,0 g/100 g
	Myrcen	35-50 % rel.
	2-undekanon	1,0-1,5 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-2,0 % rel.
	Karyofylen	7-11 % rel.
	Humulen	25-35 % rel.
	Farnesen	0,5-3,0 % rel.
	Selinen	0,5-1,5 % rel.

Tab. 11 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Agnus [30]*

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	27-31 % w.
	α -hořké látky	12-16 % w.
	β -hořké látky	6-9 % w.
	Kohumulon	32-38 % w.
	Kolupulon	N/A % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	2,5-3,0 g/100 g
	Myrcen	N/A % rel.
	2-undekanon	N/A % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	N/A % rel.
	Karyofylen	N/A % rel.
	Humulen	N/A % rel.
	Farnesen	N/A % rel.
	Selinen	N/A % rel.

Tab. 12 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Harmonie* [30]

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	22-26 % w.
	α -hořké látky	4-8 % w.
	β -hořké látky	4-8 % w.
	Podíl α/β	0,80-1,20
	Kohumulon	19-22 % rel.
	Kolupulon	36-40 % rel.
Chmelové silice	Hmotnost silic	1,0-2,0 % w.
	Myrcen	30-40 % rel.
	Linalol	0,9-1,4 % rel.
	2-undekanon	1,0-2,0 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-1,8 % rel.
	Karyofylen	6-11 % rel.
	Humulen	10-20 % rel.
	Farnesen	<0,2 % rel.
	Selinen	10-19 % rel.
Chmelové polyfenoly	Veškeré polyfenoly	2,7-3,5 % w.
	Xanthohumul	0,4-0,7 % w.

Tab. 13 *Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Rubín* [30]

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	22-27 % w.
	α -hořké látky	10-14 % w.
	β -hořké látky	4-6 % w.
	Podíl α/β	2,4-3,4
	Kohumulon	25-33 % rel.
	Kolupulon	45-52 % rel.
Chmelové silice	Hmotnost silic	1,0-2,0 % w.
	Myrcen	35-45 % rel.
	Linalol	0,4-0,7 % rel.
	2-undekanon	0,4-0,8 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	0,9-1,6 % rel.
	Karyofylen	7-10 % rel.
	Humulen	13-20 % rel.
	Farnesen	<0,5 % rel.
	Selinen	10-16 % rel.
Chmelové polyfenoly	Veškeré polyfenoly	2,5-3,0 % w.
	Xanthohumul	0,45-0,75 % w.

2.3.6 Chmelové výrobky

Vzhledem k malému využití pivovarsky cenných látek hlávkového chmele, jeho nízké chemické trvanlivosti, velkému objemu sušeného chmele a jeho vysoké ceně se ve většině pivovarů přistupuje ke chmelení piva chmelovými výrobky (Obr. 10), které jsou koncentráty hořkých látek a manipulace s nimi je jednodušší. Další předností chmelových preparátů je snížení skladovacích prostorů, dlouhodobá stabilita chemického složení, účinnější přechod hořkých látek do mladiny a snížení ztrát, snadnější manipulace a možnost automatického dávkování, možnost dávkování různých frakcí chmelových pryskyřic a dalších složek chmele s technologickým cílem ovlivnění hořkosti piva [3, 18, 20,].

Chmelové výrobky lze podle způsobu výroby rozdělit do pěti hlavních skupin:

1. chmelové preparáty připravené mechanickou úpravou chmele,
2. chmelové preparáty připravené fyzikálními úpravami chmele,
3. chmelové preparáty připravené chemickými postupy,
4. kombinované chmelové preparáty,
5. syntetické chmelové preparáty [18].

Do první skupiny chmelových preparátů připravených mechanickou úpravou hlávkového chmele patří chmelové prášky a pelety. Rozemletý chmel s vlhkostí 4 – 5 % i z něho vyrobené granule se plní do inertních obalů a skladují se při teplotě do 4 °C.

Granulovaný chmel – pelety 100 jsou vyrobeny pouze z usušeného chmele bez úprav lisováním do granulí.

Chmelové granule – pelety 90 o téměř stejném složení jako původní chmel jsou vyrobeny granulací. Ze 100 kg chmele se získá 90 kg pelet.

Obohacené chmelové granule – pelety 45 se vyrábí rozemletím dosušeného chmele po odstranění nečistot a homogenizací a koncentrací lupulinu flotací v plynné fázi při silném podchlazení na -30 až -35 °C. Ze 100 kg chmele se získá 45 kg granulí s dvojnásobným obsahem hořkých kyselin.

Obohacené chmelové granule – pelety 30 se vyrábí obdobným způsobem jako pelety 45 s tím rozdílem, že flotací se zvýší koncentrace hořkých kyselin až na trojnásobek než bylo v původním chmelu a ze 100 kg chmele se vyrobí 30 kg granulí [3].

Mezi chmelové preparáty připravené fyzikálními úpravami chmele patří především chmelové extrakty vyrobené z hlávkového sušeného chmele extrakcí organickými rozpouštědly (methylenchlorid, hexan, trichlorethylen, methanol, ethanol, CO₂). Vyextrahovaný materiál se zbavuje rozpouštědla v odparkách. Vyrábí se **jednosložkový extrakt** obsahující pouze hořké látky a **dvousložkový extrakt** obsahující hořké látky a polyfenoly [18].

K výrobkům připraveným chemickými úpravami patří izoextrakt, redukované hydrogenované iso- α -hořké kyseliny, izopelety, huluponové extrakty. Výchozí surovinou je sušený chmel i chmelový extrakt. Principem je přeměna základních složek chmelových pryskyřic, α -hořkých a β -hořkých kyselin na izomerační produkty v alkalickém prostředí v přítomnosti katalyzátorů [3, 18].

U kombinovaných chmelových preparátů se jedná zpravidla o vhodné spojení předností různých preparátů do jednoho výrobku [18].

Syntetické hořké látky se v praxi neuplatnily vzhledem k vysoké ceně výchozí suroviny floroglucinolu a odlišnému sensorickému charakteru [16].



Obr. 10 Chmelové produkty [31]

2.3.7 Sortimentní spotřeba chmele v tuzemských pivovarech

Jednou z dlouhodobých statistických činností VÚPS v oblasti pivovarských surovin a piva je i sledování sortimentní spotřeby chmele v tuzemských průmyslových pivovarech. Data jsou informací o vývoji chmelení českého piva z hlediska zastoupení různých forem chmelových surovin, podílu českého chmele a vývoji měrné spotřeby chmele. V roce 2008 bylo Evropským společenstvím registrováno Chráněné zeměpisné označení „České pivo“. V požadavcích na výrobu českého piva je mimo jiné deklarován i minimální podíl doporučených českých odrůd chmele v celkovém chmelení (30 % pro ležáky, 15 % pro výčepní pivo).

Celková roční spotřeba chmele a chmelových výrobků v ČR výrazně klesala od roku 1996 (128,4 tun α -hořkých kyselin) do roku 1998 (118,0 tun α -hořkých kyselin), pokles tedy činil 7,9 %. Od roku 1999 byl s oživením výroby piva zaznamenán stoupající trend na 149,5 tun α -hořkých kyselin v roce 2007. Produkce piva od roku 2001 (17 881 000 hl) do roku 2007 (19 897 000 hl) nepřetržitě stoupala, v roce 2008 mírně poklesla.

Spotřeba lisovaného chmele měla v hodnoceném období klesající trend od roku 1995 (13,34 % z celkové spotřeby chmele a chmelových výrobků) do roku 1998 (8,45 %), v dalším období se spotřeba ustálila na zhruba 6 %. Vzhledem k lepší trvanlivosti, snadnějšímu dávkování i menšímu objemu v případě pelet typu P60 dávají pivovary přednost granulovanému chmelu s ochranou před oxidací (vakuové balení, inertní plyn).

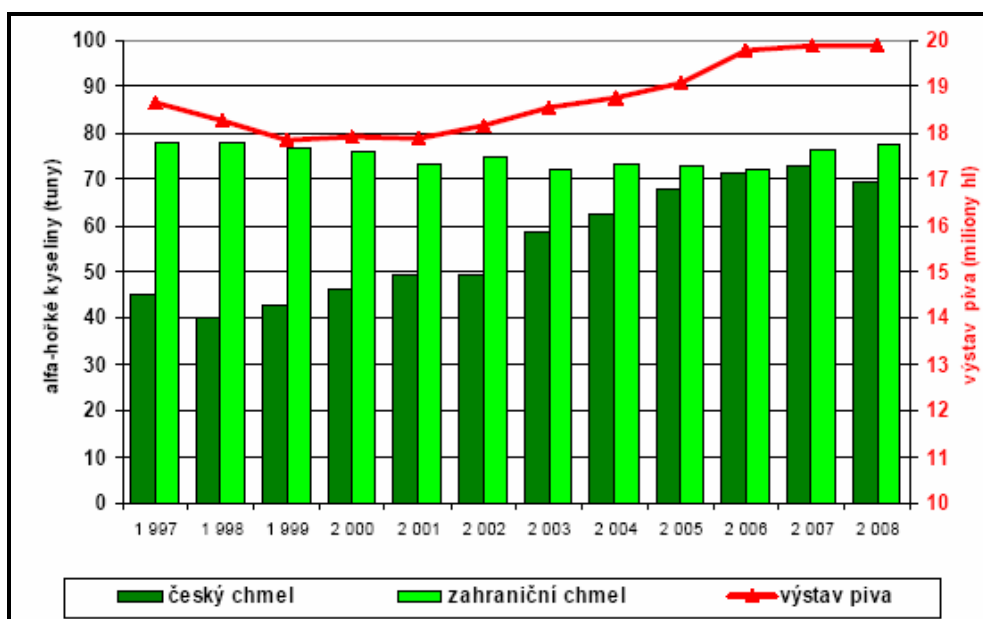
Zastoupení chmelových pelet od roku 1998 (32,85 %) pravidelně stoupalo, v roce 2007 činil podíl této suroviny 49,10 %. Zastoupení chmelového extraktu mělo od roku 1998 klesající trend, z podílu 58,83 % v roce 1998 se zastoupení této suroviny snížilo na 46,2 % v roce 2007.

Chmelový extrakt byl dříve prakticky výhradně zahraničního původu, od roku 2005 je již zpracováváno i významné množství extraktu především z české odrůdy Agnus (rok 2005 - 8 %, rok 2006 - 9,6 %, rok 2007 - 10,7 % spotřeby extraktu).

Snižování podílu extraktu na chmelení v letech 2001 až 2005 souviselo především s nárůstem produkce a spotřeby chmele z českých hybridních odrůd Sládek a Premiant, cenově dostupnějších nežli tradiční Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ). Od roku 2001 spotřeba pelet z českých hybridních odrůd meziročně stoupala z 17,8 tun α -hořkých kyselin na 25,2 tun α -hořkých kyselin v roce 2005 (30,5 tun α -hořkých kyselin včetně extraktu).

V roce 2007 celkové množství výrazně stoupl (36,0 tun α -hořkých kyselin včetně extraktu). Surovina z hybridních odrůd činila do roku 2004 zhruba 37 % spotřeby českého chmele, v letech 2005 a 2006 byla přibližně 43 %, v roce 2007 49,3 %. Spotřeba českého chmele po poklesu v letech 1996 (49,6 tun α -hořkých kyselin) až 1998 (40 tun α -hořkých kyselin) stoupala, v roce 2007 činila 73,0 tun α -hořkých kyselin. Podíl českého chmele z celkové spotřeby mírně poklesl, souvisí to se slabými sklizněmi v ČR v letech 2006 a 2007. Spotřeba zahraničních pelet poklesla ze 14 tun α -hořkých kyselin (17,59 % z dovozu chmele a chmelových surovin) v roce 1995 na 5,5 tun α -hořkých kyselin v roce 2005, v letech 2006 (8,0 tun α -hořkých kyselin) a 2007 (14,6 tun α -hořkých kyselin) byl zaznamenán nárůst (Obr. 11, Tab. 14).

Měrná spotřeba chmele na výrobu 1 hl piva klesala v letech 1995 až 1998. Tento pokles byl markantní, spotřeba na jednotku produkce klesla ze 7,18 g/hl v roce 1995 na 6,45 g/hl v roce 1998. Od roku 1998 měrná spotřeba chmele stoupala, v roce 2007 byla 7,51 g/hl. Tento trend byl paralelou zvyšování podílu pelet českého chmele a dále se zde promítá zvyšování podílu exportu piva z 10,9 % výstavu 2002 na 18,1 % výstavu v roce 2007. Exportní česká piva jsou chmelená vyšším podílem pelet zejména českého chmele. Meziroční nárůst výstavu byl tvořen především více chmelenými ležáky. Měrná spotřeba chmele v ČR tak zůstala vysoko nad světovým průměrem, který byl v roce 2007 4,6 g α -hořkých kyselin na 1 hl [26, 32].



Obr. 11 Vývoj spotřeby českého a zahraničního chmele v ČR [32]

Tab. 14 *Sortimentní a odrůdové členění spotřeby českého chmele 2002 – 2007 [26]*

	2002 kg alfa	2003 kg alfa	2004 kg alfa	2005 kg alfa	2006 kg alfa	2007 kg alfa
ŽPČ lisovaný	8553	8689	8639	8654	9335	7155
ŽPČ pelety	22510	28308	30539	31523	31073	29799
ŽPČ extrakt	0	0	38	85	92	69
ŽPČ celkem	30753	36997	39217	40262	40500	37023
České hybridní odrůdy, lisovaný	0	0	152	0	0	0
České hybridní odrůdy, pelety	18263	21768	22685	25232	24140	27857
České hybridní odrůdy, extrakt	0	41	248	5272	6898	8132
České hybridní odrůdy, celkem	18263	21809	23084	30503	31037	35989
Podíl českých hybridních odrůd [%]	37,26	37,09	37,05	43,12	43,39	49,29

2.4 Pivovarské kvasinky

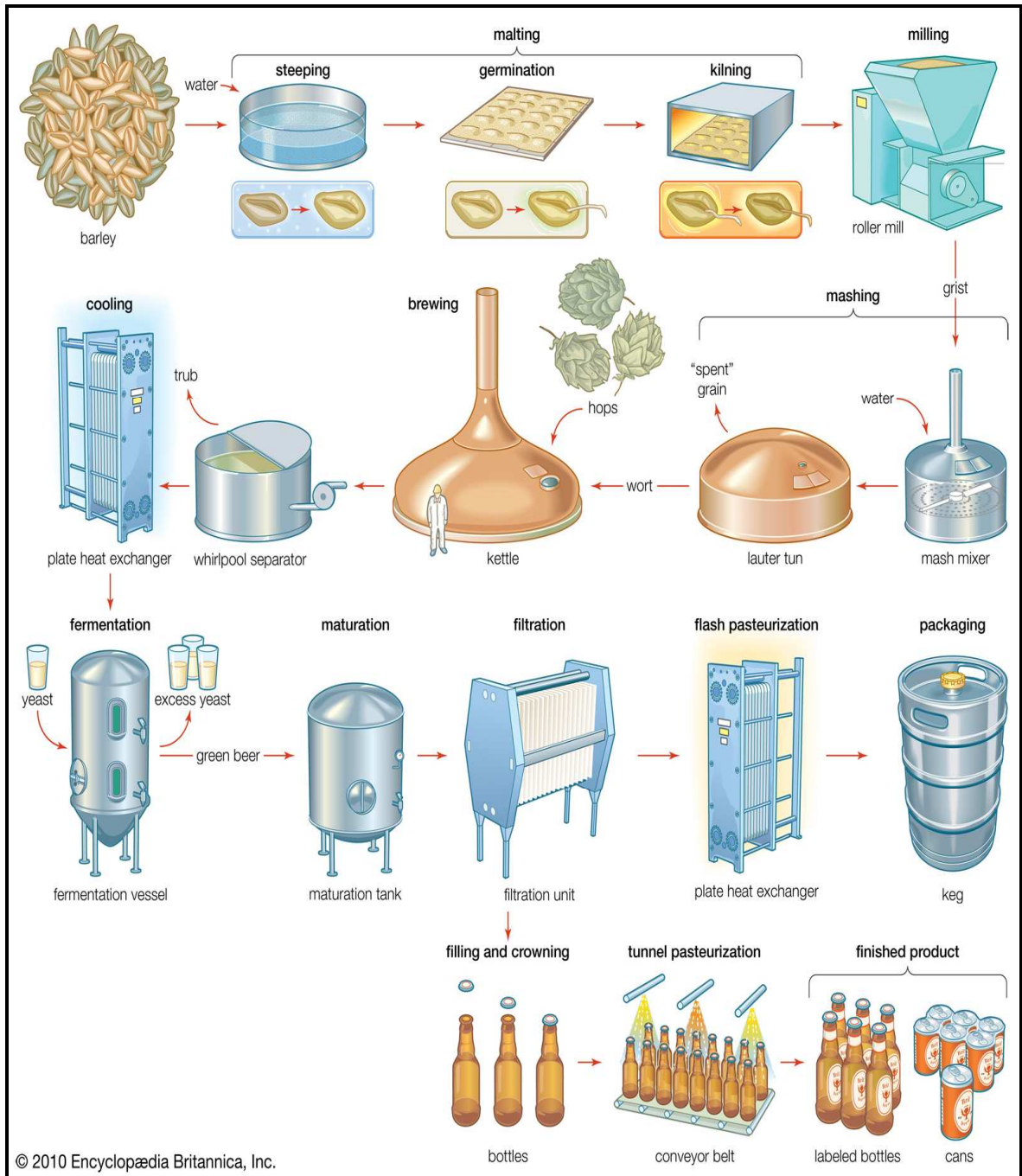
Pivovarské kvasinky jsou jednobuněčné houby (*Fungi*) bez chlorofylu, řadí se do třídy hub vřeckatých (*Ascomycetes*), čeledi *Saccharomycetaceae* (*Endomycetaceae*), rodu *Saccharomyces*. Podle schopnosti zkvašovat různé cukry, řadíme pivovarské kvasinky k druhému kvasnému typu (zkvašují maltózu i sacharózu), zahrnujícímu skupinu *Saccharomyces cerevisiae*, která zkvašuje rafinózu pouze z 1/3, a skupinu *Saccharomyces carlsbergensis*, zkvašující rafinózu úplně [7].

Kvasinky spodního kvašení *Saccharomyces carlsbergensis* se při kvašení shlukují a klesají ke dnu kvasné nádoby, kde se usazují. Proto se označují za kvasnice spodní a piva jsou spodně kvašená. Kvašení probíhá za nižších teplot 6 až 8 °C a ustává teprve při 0 °C.

Kvasinky svrchního kvašení *Saccharomyces cerevisiae* tvoří v kvasící tekutině suspenzi, téměř nevločkují a neusazují se na dně. Při kvašení jsou vynášeny k hladině kvasící mladiny a vytvářejí na ní hustou pěnu, která se musí odstraňovat. Proto se nazývají kvasnice svrchní a piva, k jejichž výrobě byly použity, se nazývají piva svrchně kvašená. Svrchní kvašení probíhá za vyšších teplot 10 až 25 °C a při teplotách nižších než 10 °C kvašení ustává [7].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

Výrobu piva lze rozdělit do pěti výrobních kroků a to přípravu mladiny na varně, hlavní kvašení ve spilce, dokvašování v ležáckém sklepě, filtraci a stáčení piva. Celá výroba je přehledně znázorněna na (Obr. 12) [33].



Obr. 12 Výroba piva [33]

3.1 Varna

Cílem přípravy mladiny (Tab. 15) je převést do roztoku extraktivní látky sladu a chmele v optimální míře a složení a zajistit tak dostatek živin pro metabolismus kvasinek a také úměrnou hořkost finálního piva. Jednotlivé technologické kroky výroby mladiny se dělí na šrotování sladu, vystírání a rmutování, scezování sladiny, chmelovar a chlazení mladiny [18].

Tab. 15 Sled výrobních operací při výrobě mladiny [16]

Název operace	Popis činnosti	Technologické zařízení	Získaný produkt
čištění sladu	oddělení mechanických nečistot včetně kovových příměsí a prachu	čistička, odkaménkovač, magnet, aspirace	vyčištěný slad, odpady
kondicionování sladu	zvlhčení pluchy sladového zrna	kondicionovací šnek + výdržník	zvlhčené sladové zrno
šrotování	rozdrcení sladu	šrotovnik	sladový šrot
vystírání	smísení šrotu s vodou	vystírací pánev	vystírka
rmutování	řízený vzestup teploty, působení enzymů	vystírací a rmutovací pánev	sladové dílo
scezování	oddělení extraktivního roztoku od nerozpustných zbytků zrna	scezovací kád' nebo sladinový filtr	předek
vyslazování	vyloužení mláta horkou vodou	scezovací kád' nebo sladinový filtr	výstřelky, mláto
chmelovar	povaření sladiny pohromadě (předek + výstřelky) s chmelem	mladinová pánev	horká mladina
odloučení hrubých kalů	oddělení hrubých kalů z mladiny	usazovací kád', vířivá kád', odstředivka	horká mladina, hrubý kal
chlazení mladiny	ochlazení mladiny na zákvasnou teplotu	deskový chladič mladiny	studená mladina
odloučení jemných kalů	částečné oddělení studených kalů z mladiny	usazovací kád', odstředivka, filtr, flotační tank	studená mladina k zakvašení, odpadní kal

Šrotování sladu, které probíhá na šrotovnicích, je mechanický a zdánlivě jednoduchý proces. Složení šrotu však zásadním způsobem ovlivňuje proces rmutování, scezování a varní výtěžek. U šrotu pro scezovací kád', která je v ČR nejvíce rozšířena, je snaha co nejméně poškodit pluchu a dobře vylítnout endosperm zrna [16].

Při vystírání dochází k dobrému smíchání sladového šrotu s nálevem vody. Cílem rmutování je rozštěpení a převedení optimálního podílu extraktu do roztoku [18]. Pojem sypání označuje rozpis surovin, které vnášejí do várky extrakt, a určují tak její objem a koncentraci.

Základním požadavkem všech rmutovacích postupů je převést do roztoku veškerý škrob i vhodný podíl bílkovin a dalších látek. Naopak přítomnost jiných složek, jako např. polyfenolů sladových pluch, se snažíme omezit [16].

Štěpení škrobu probíhá ve třech stupních. Bobtnání a zmazovatění škrobu je fyzikálně-chemický děj, který je závislý především na rychlosti a teplotě zahřívání a na druhu ječmene použitého k výrobě sladu. Ztekucení škrobu je enzymový děj, kterým se postupně zkracují řetězce molekul amylosy a amylopektinu, až dojde ke zcukření, kdy jsou v roztoku přítomné již jen štěpné produkty škrobu, nedávající barevnou reakci s jodovým roztokem. Amylolýtické sladové enzymy štěpí škrob na maltosu buď přímo nebo přes meziprodukty α -glukany (dextriny), tj. štěpy různé molekulové hmotnosti.

Maximální množství zkvasitelných cukrů v mladině se pohybuje okolo 72 %, běžně je však hodnota nižší, v rozsahu 64 až 67 %. To odpovídá zdánlivému prokvašení přibližně 79 až 85 %. Dosažitelné prokvašení se reguluje tak, aby odpovídalo určitému typu piva [3].

Podle způsobu zvyšování teploty při rmutování rozlišujeme infuzní způsob, tj. bez povařování rmutů a dekokční způsob, tj. s povařováním rmutů [16].

Postupy rmutování se liší především v době působení důležitých technologických teplot, při kterých jsou optimálně aktivní určité enzymy sladu. Technologie se přizpůsobuje kvalitě zpracovávaných surovin a dlouhodobým poznatkům o vlivu technologického postupu na základní i specifické vlastnosti určitého druhu piva.

Kyselinotvorná teplota 35 až 38 °C, které byl přisuzován vliv na zvýšení acidity, má podle současných poznatků význam spíše v tom, že podporuje rozpouštění látek extraktu a zpřístupňuje působení sladových enzymů v další gradaci teplot při rmutování.

Peptonizační teplota mezi 45 až 50 °C se dociluje zapařováním, tj. přidáním vody teplé 80 °C k vystírce provedené při nižších teplotách. V rozsahu uvedených teplot se podporuje nejen proteolýza, ale i štěpení fosforečnanů a neškrobových polysacharidů typu β -glukanů, především obalových částí škrobových zrn.

Nižší cukrotvorná teplota 60 až 65 °C zajišťuje při působení amylolytických enzymů optimální podmínky pro aktivitu β -amylasy.

Vyšší cukrotvorná teplota 70 až 75 °C je důležitá pro optimální působení termostabilnějšího enzymu α -amylasy. V rozsahu těchto teplot se drží prodleva až do doby dosažení tzv. jednormální reakce.

Po ukončení rmutování a spojení díla u dekokčních postupů by měla být dosažena odrmutovací teplota 76 až 78 °C [3].

Cílem scezování a vyslazování je oddělit rozpuštěný extrakt sladu (sladinu) od pevných zbytků, tj. mláta a vyloužit z něj v optimální míře zbylý extrakt [18].

Při vaření sladinu s chmelem probíhá řada fyzikálních, chemických a biochemických reakcí za spolupůsobení vlivu mechanického pohybu, jejichž výsledek se promítá ve složení mladiny a ovlivňuje další průběh technologie a vlastnosti piva. Hlavním úkolem chmelovaru je:

- odpařit přebytečnou vodu a docílit obsah extraktu mladiny odpovídající typu vyráběného piva,
- odpařit těkavé látky (chmelové silice, oxidační produkty, dimethylsulfid, ...),
- inaktivovat enzymy,
- sterilizovat mladinu a inhibovat reziduální mikroflóru z vody, sladu, chmele, surogátů a zařízení,
- zajistit koagulaci výšemolekulárních dusíkatých látek působením tepla při spolupůsobení některých složek extraktu mladiny,
- vytvořit produkty Maillardovy reakce,
- vytvořit redukující látky a ustavit oxidačně-redukční potenciál mladiny,
- zajistit oxidační reakce, s nimiž souvisí řada změn složek extraktu, především sladových a chmelových polyfenolů, lipidů a jiných sloučenin,
- zvýšit aciditu, tj. snížit hodnotu pH,
- rozpustit a izomerovat hořké látky chmele, především α -hořké kyseliny za vzniku iso- α -hořkých kyselin charakteristických intenzivní hořkostí,
- rozpustit a upravit další složky chmele a chmelových produktů, především polyfenoly, dusíkaté látky, lipidy a dusičnany [3].

Mladina, na varně uvařená, se musí před zakvašením ochladit z teploty blízké bodu varu, při které se čerpá z varní pánve, na zákvasnou teplotu 5 až 6 °C pro spodní kvašení, u nás výhradně používané. Z technologického hlediska je důležité, aby se mladina při chlazení zároveň provzdušnila a vyloučily se z ní hořké kaly. K separaci a sběru hrubých kalů se dnes většinou využívá vířivá kád' (whirlpool). K rychlému jednostupňovému nebo vícecestupňovému chlazení mladiny slouží dnes prakticky výlučně deskové chladiče [16, 20].

3.2 Spilka

Hlavní kvašení probíhá ve zvlášť upravených místnostech, zvaných spilky (kvasírny). Má-li kvašení probíhat úspěšně, musí se dodržovat některá základní pravidla. Místnosti i kvasné nádoby musí být umístěny ve vhodném prostředí, musí se dát snadno čistit a větrat, musí být dostatečně chlazené. Kvasnice musí být zdravé, vyhovujícího typu a musí se zvolit správný technologický postup. Úzkostlivá čistota je další podmínkou zdárného průběhu [20].

Cílem kvašení piva je řízená přeměna sacharidů na alkohol a CO₂ a současné vytváření vhodných organoleptických vlastností piva. Při kvašení je vytvářen chuťový charakter piva, který je ovlivňován nejen hlavními produkty kvašení, ale i obsahem vyšších alkoholů, esterů, ketonů, aldehydů, sloučenin síry, aj. Průběh fermentace je závislý na složení mladiny, druhu použitých kvasnic, zákvasné dávce, teplotě kvašení, tlaku, objemu a tvaru nádob, apod. [16].

Hořké chmelové látky, speciálně α -hořké kyseliny, se během kvašení při poklesu pH k hodnotě 5,0 z roztoku téměř vysrážejí, protože klesne jejich rozpustnost. Vysráží se i velký podíl iso- α -hořkých kyselin (asi 30 %). Ztráty se zvyšují při intenzifikovaných postupech [3].

Celková doba hlavního kvašení je obvykle 6 až 10 dní. Vhodná doba pro sudování piva se stanoví vizuální kontrolou mladiny, podle obsahu alkoholu nebo zdánlivého extraktu a teploty. Před sudováním se musí odstranit vysrážené látky, zachycené v dekách. Koagulované chmelové pryskyřice, tříslobílkovinné sloučeniny a ostatní látky se částečně rozpouštějí, v případě, že klesnou ke dnu, nebo dojde ke smíchání s pivem, udělují mu natrpklou příchuť [16, 20].

3.3 Ležácký sklep

V průběhu dokvašování a zrání piva probíhá řada změn původního složení zeleného sudovaného piva, a to v závislosti na teplotě, hradicím tlaku, době dokvašování a zrání piva a v neposlední řadě na fyzikálně-chemickém stavu zeleného piva a vlastnostech použitého kmene kvasinek. Dokvašování a zrání piva probíhá při nízké teplotě a mírném přetlaku a nejdůležitějšími reakcemi jsou pozvolné zkvašování zbylého extraktu zajišťující sycení piva CO_2 , zrání chuti a vůně piva způsobené změnou složení koloidních a těkavých látek a přirozené čiření vylučováním vysokomolekulárních látek z roztoku. Složení piva se optimalizuje a pivo získává přirozenou koloidní stabilitu.

Přeměna látek, ke které dochází během dokvašování a hlavně v druhé fázi zrání, upravuje nepříjemnou hořkost a kvasničnou chuť zeleného piva a vytváří typický buket a chuť zralého piva [3, 19].

Mladé pivo dokvašuje 20 až 70 dnů v ležáckých sklepech u klasické technologie, celková výrobní doba, zahrnující hlavní kvašení i dokvašování u moderní technologie, v CKT, kolísá v rozmezí 15 až 30 dnů [16, 20].

3.4 Filtrace piva

Cílem filtrace je odstranění kalických látek a docílení požadované čirosti, zvýšení biologické i koloidní trvanlivosti [18].

V průběhu filtrace se z piva oddělují zákalotvorné částice a zbylé kvasničné buňky, snižuje se rovněž obsah bakterií, které se neoddělily sedimentací při skončení hlavního kvašení. Při filtraci protéká kapalina pórovitou přepážkou, na níž se zachycují tuhé částice a vytváří se filtrační koláč. Míra ostroty filtrace je dána velikostí pórů filtrační vrstvy, množstvím a vlastnostmi kalických částíček. Za filtrační přepážku se obvykle označuje plocha (např. síto), na kterou se nanáší vlastní filtrační materiál (např. křemelina) tvořící filtrační vrstvu neboli filtrační koláč [3, 16].

3.5 Stáčení piva

Stáčení filtrovaného piva do dopravních nádob je konečnou výrobní manipulací, kterou končí výrobní cyklus, a tím i možnost všech dalších úprav piva. Základním požadavkem je stočit pivo do dopravních sudů, lahví, apod. za co nejmenších ztrát CO₂, zabránit provzdušnění piva a biologické kontaminaci.

Stáčení piva probíhá ve stáčírnicích lahví, KEG sudů, případně ve stáčírnicích PET lahví nebo stáčírnicích plechovek [18, 20].

4 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ HOŘKÝCH LÁTEK

Celková hořkost piva je závislá na obsahu isosloučenin, které zahrnují především iso- α -hořké kyseliny a v malém množství i některé další deriváty hořkých kyselin chmele včetně jejich oxidačních produktů [34].

Hořkost piva se udává v jednotkách EBC, kdy jedna jednotka EBC odpovídá přibližně 1 mg hořkých látek v jednom litru piva. Běžné hodnoty u mladiny jsou 20 – 70 jednotek hořkosti (JH). Množství hořkých látek v mladině závisí nejen na kvalitě použitého chmele a chmelových přípravků, ale také na ostatních surovinách, na technologii a druhu vyráběného piva, pro který je mladina meziproduktem. U piva je to 10 – 40 JH. 10 % piva mívají hořkost asi 20 – 25 jednotek EBC a 12 % ležáky se pohybují mezi 25 – 40 jednotek EBC [16, 34, 35].

Hořkost se stanovuje spektrofotometricky. Principem je extrakce hořkých látek, především iso- α -hořkých kyselin z dekarbonizovaného piva, které se okyselí roztokem kyseliny chlorovodíkové, do isooktanu. Ve spektrofotometru se měří absorbance isooktanového extraktu v 1 cm kyvetě při 275 nm proti čistému isooktanu. Kyvety se vzorky jsou ve spektrofotometru uloženy v optické dráze, jimiž prochází světlo a dopadá na detektor [34].

Jednotlivé složky hořkých látek se stanovují různými chromatografickými metodami: metoda dělení na iontoměničích, metoda dělení isosloučenin na reverzních fázích C-18. Tímto postupem lze stanovit i jednotlivé izomery hořkých chmelových látek. Jelikož je metoda náročná na zařízení i provedení, je vhodná spíše pro výzkumné práce než pro běžnou kontrolu [34].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ HOŘKÝCH LÁTEK V PIVU V RŮZNÝCH STÁDIÍCH VÝROBY

Cílem experimentu diplomové práce v praktické části bylo stanovení celkové hořkosti piva od začátku výroby až po finální výrobek, kterým je vyzrálé filtrované pivo. Hořkost byla měřena za pomoci přístrojového vybavení v laboratoři pivovaru Janáček v Uherském Brodě (Obr. 13 – vlastní foto). Experimentální část probíhala vzhledem k dlouhému časovému úseku výroby piva v období od srpna do března. Ze sortimentu piv (v příloze P II) vyráběných pivovarem Janáček byly ke sledování hořkosti vybrány vzorky piva o stupňovitosti 10 %, 11 %, 12 % a 14 % [36]. Hořkost byla měřena v mladině, poté následující den po zakvašení ve spilce, před sudováním ze spilky do sklepa, během zrání ve sklepě a konečná fáze měření proběhla po filtraci hotového piva.

V následujících podkapitolách bude rozepsáno chmelení a vyjmenovány používané chmelové výrobky, budou zmíněny použité přístroje pro měření hořkosti a tabulkově i graficky zpracována jednotlivá měření.



Obr. 13 *Laboratoř v pivovaru Janáček*

5.1 Chmelovar v pivovaru Janáček

Důležitou částí výroby pro experiment bylo vaření sladiny s chmelem – chmelovar. Ten následuje po scezování sladiny ze scezovací kádě do mladinové pánve. Doba stékání předku je přibližně 90 min. a poté následuje vyslazování mláta vodou o teplotě 75 až 78 °C po dobu 90 až 120 min. Celková doba scezovacího procesu v pivovaru je 3 až 3,5 hod.

Předek je přečerpáván do mladinové pánve a při hladině 175 hl se sepne přihřívání. V pivovaru Janáček se chmelí na třikrát. První dávka chmelových granulí P 90 se sype do předku, druhá dávka se přidává, až jsou v mladinové pánvi předek a výstřelky pohromadě. K druhému chmelení se používají granule P 90 a extrakt se 100 %-ním obsahem α -hořkých kyselin. V době 20 min. před koncem chmelovaru se přidává třetí a to poslední dávka chmelových granulí P 90 ŽPČ. Celková doba chmelovaru od varu je přibližně 1,5 – 2 hod.

Po chmelovaru byl vždy odebírán první vzorek pro měření hořkosti a další odběry následovaly v průběhu výroby ze spilky, ležáckého sklepa a po filtraci.

5.1.1 Použité chmelové výrobky

Pro chmelení v době zpracování praktické části byly používány chmelové výrobky s určitou konduktometrickou hodnotou, která vyjadřuje procentický obsah α -hořkých kyselin v chmelových hlávkách. Podle této konduktometrické hodnoty se určovalo celkové dávkování jednotlivých chmelových výrobků, použitých pro chmelovar.

Použité chmelové výrobky:

chmelové granule P 90 odrůdy :

- Premiant
- Sládek
- Žatecký poloraný červeňák z Ústěcké oblasti

chmelový extrakt se 100%-ním obsahem α -hořkých kyselin od firmy Barth odrůda :

- Magnum.

5.1.2 Chmelení měřených vzorků

Jednotlivé chmelení vzorků použitých pro měření je uvedeno v následujících tabulkách. Přehled obsahu α -hořkých kyselin v g/hl mladiny je uveden vždy pod příslušnou tabulkou, která uvádí chmelení vyráběného piva o dané stupňovitosti.

Tab. 16 Chmelení vzorku A ze dne 11.8.2010

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení				
			Předek	Předek	Pohromadě	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH - 2,5	ŽPČ KH - 4,2
10 %	15 / 245	250	2 kg gr.	3 kg gr.	1,0 kg extr.	4 kg gr.	5 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 7,02 g / hl mladiny.

Tab. 17 Chmelení vzorku B ze dne 7.10.2010

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předek	Předek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH - 8,7	Premiant KH - 9,0	Extrakt	ŽPČ KH - 4,2
10 %	7 / 300	247	2 kg gr.	3 kg gr.	0,8 kg extr.	7 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 6,23 g / hl mladiny.

Tab. 18 *Chmelení vzorku G ze dne 20.10.2010*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předeek	Předeek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH - 8,7	Premiant KH - 9,0	Extrakt	ŽPČ KH - 4,2
14 %	9 / 302	201	2 kg gr.	5 kg gr.	1,2 kg extr.	11 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 11,37 g / hl mladiny.

Tab. 19 *Chmelení vzorku H ze dne 3.11.2010*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předeek	Předeek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH - 4,2
14 %	2 / 309	189	2 kg gr.	5 kg gr.	1,2 kg extr.	12 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 12,32 g / hl mladiny.

Tab. 20 *Chmelení vzorku E ze dne 3.11.2010*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předeek	Předeek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH - 4,2
12 %	1 / 308	226	-	5 kg gr.	1,0 kg extr.	10 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 8,27 g / hl mladiny.

Tab. 21 *Chmelení vzorku C ze dne 7.12.2010*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předek	Předek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH – 3,9
11 %	6 / 332	240	4 kg gr.	-	0,8 kg extr	15 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 7,22 g / hl mladiny.

Tab. 22 *Chmelení vzorku D ze dne 14.12.2010*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předek	Předek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH – 3,9
11 %	12 / 338	244	4 kg gr.	-	0,8 kg extr	15 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 7,10 g / hl mladiny.

Tab. 23 *Chmelení vzorku F ze dne 11.1.2011*

Druh	Várka č.	[hl]	Chmelení			
			Předek	Předek	Pohromadě	20 min. před koncem
			Sládek KH-8,7	Premiant KH-9,0	Extrakt	ŽPČ KH – 3,9
12 %	1 / 1	238	-	5 kg gr.	1,0 kg extr	12 kg gr.

Výsledný obsah α -hořkých kyselin byl 8,06 g / hl mladiny.

5.2 Vlastní stanovení hořkých látek

Pro vlastní analýzu hořkých látek u výše uvedených vzorků byly stanoveny tyto odběry v následujícím pořadí:

- mladina na varně před odstředěním hořkých kalů,
- následující den po zespílání a zakvašení pivovarskými kvasinkami,
- v den sudování ze spilky do ležáckého sklepa,
- v průběhu zrání v ležáckém sklepě,
- po filtraci piva určeného pro stáčení do sudů a lahví.

Kromě mladiny se musely vlivem vznikajícího CO_2 během kvašení všechny vzorky dekarbonizovat na třepačce, aby během třepání nevznikala ztráta hořkých látek, vždy se přidala do vzorku 1 kapka oktanolu. Mladina a vzorky ze spilky a sklepa byly před pipetováním do centrifugační kyvety zfiltrány přes filtrační papír s velmi malým množstvím křemeliny. Za filtrací se po dekarbonizaci pipetovalo rovnou. Takto připravené vzorky se okyselily roztokem kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 6 mol/l a přidal se isooktan průmyslově dodávaný (2,2,4-trimethylpentan spektrofotometricky čistý). Do kyvety byly ke směsi přidány skleněné kuličky. Poté se kyveta uzavřela a při frekvenci 270 Hz se intenzivně třepala. Následně se kyveta vložila do centrifugy (Obr. 14, 15 – vlastní foto) a odstředovala se při 3000 ot/min.



Obr. 14 Centrifuga v pivovarské laboratoři



Obr. 15 Pohled do centrifugy

Po vytažení z centrifugy bylo vidět rozhraní směsí piva ve spodní části a isooktanu s vyextrahovanými hořkými látkami v horní části kyvety. Tato horní část byla použita pro stanovení obsahu celkových hořkých látek ve spektrofotometru (Obr. 16, 17).



Obr. 16 Spektrofotometr GENESYS 10S UV-VIS



Obr. 17 Pohled do spektrofotometru na uložené kyvety se vzorky

Ve spektrofotometru byla měřena absorbance isooktanového extraktu v 1 cm^3 kyvetě při 275 nm proti čistému isooktanu téže kvality, tak jak byl použit k extrakci vzorku.

5.2.1 Výsledky stanovení hořkosti

Výsledky jednotlivých měření byly postupně zaznamenávány do připravených tabulek a jsou uváděny v jednotkách EBC. Graficky jsou porovnávány vždy vzorky o stejné stupňovitosti. Naměřené hodnoty označených vzorků (Tab. 24) jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 24 Označení vzorků

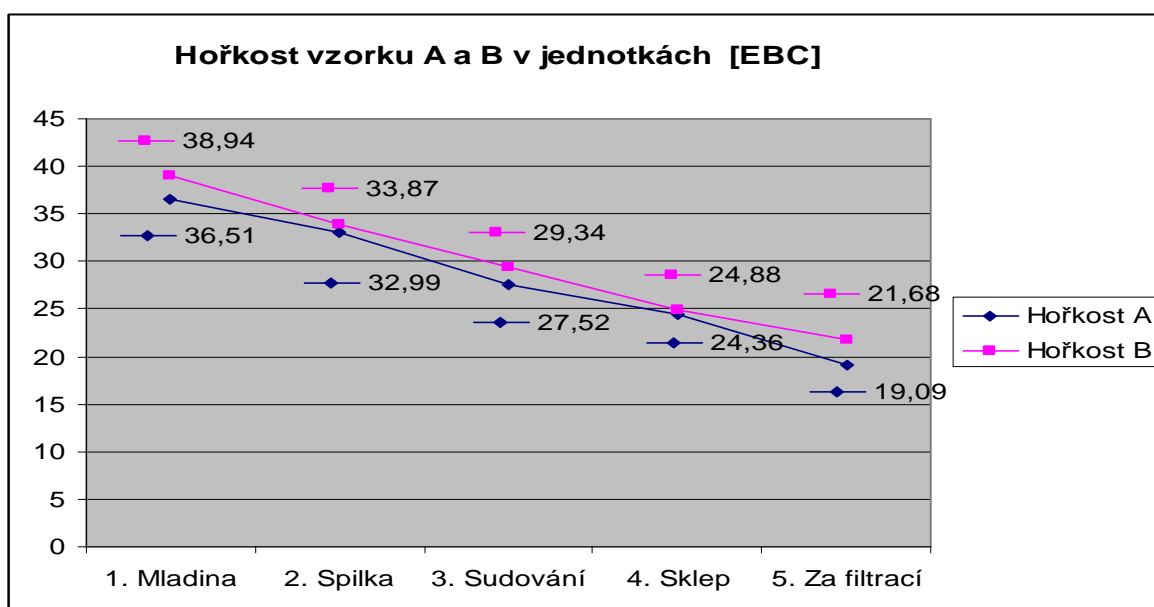
Vzorek	Stupňovitost	Várka č.
A	10%	15 / 245
B	10%	7 / 300
C	11%	6 / 332
D	11%	12 / 338
E	12%	1 / 308
F	12%	1 / 1
G	14%	9 / 302
H	14%	2 / 309

Tab. 25 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku A

Vzorek		A		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	36,51		0	0
12. 08. 2010	Spilka	32,99		9,6	9,6
17. 08. 2010	Sudování	27,52		24,6	15,0
20. 10. 2010	Sklep	24,36		33,3	8,7
26. 10. 2010	Za filtrací	19,09		47,7	14,4

Tab. 26 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku B

Vzorek		B		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	38,94		0	0
12. 08. 2010	Spilka	33,87		13,0	13
17. 08. 2010	Sudování	29,34		24,7	11,7
20. 10. 2010	Sklep	24,88		36,1	11,4
26. 10. 2010	Za filtrací	21,68		44,3	8,2



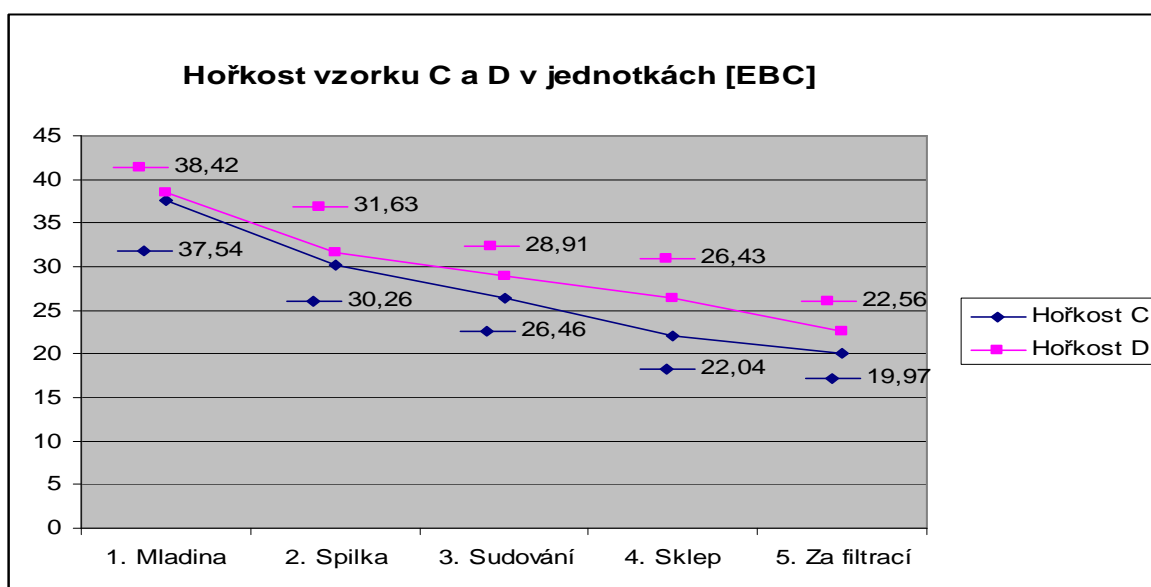
Obr. 18 Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků A a B

Tab. 27 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku C

Vzorek		C		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	37,54		0	0
12. 08. 2010	Spilka	30,26		19,4	19,4
17. 08. 2010	Sudování	26,46		29,5	10,1
20. 10. 2010	Sklep	22,04		41,3	11,8
26. 10. 2010	Za filtrací	19,97		46,8	5,5

Tab. 28 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku D

Vzorek		D		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	38,42		0	0
12. 08. 2010	Spilka	31,63		17,7	17,7
17. 08. 2010	Sudování	28,91		24,8	7,1
20. 10. 2010	Sklep	26,43		31,2	6,4
26. 10. 2010	Za filtrací	22,56		41,3	10,1



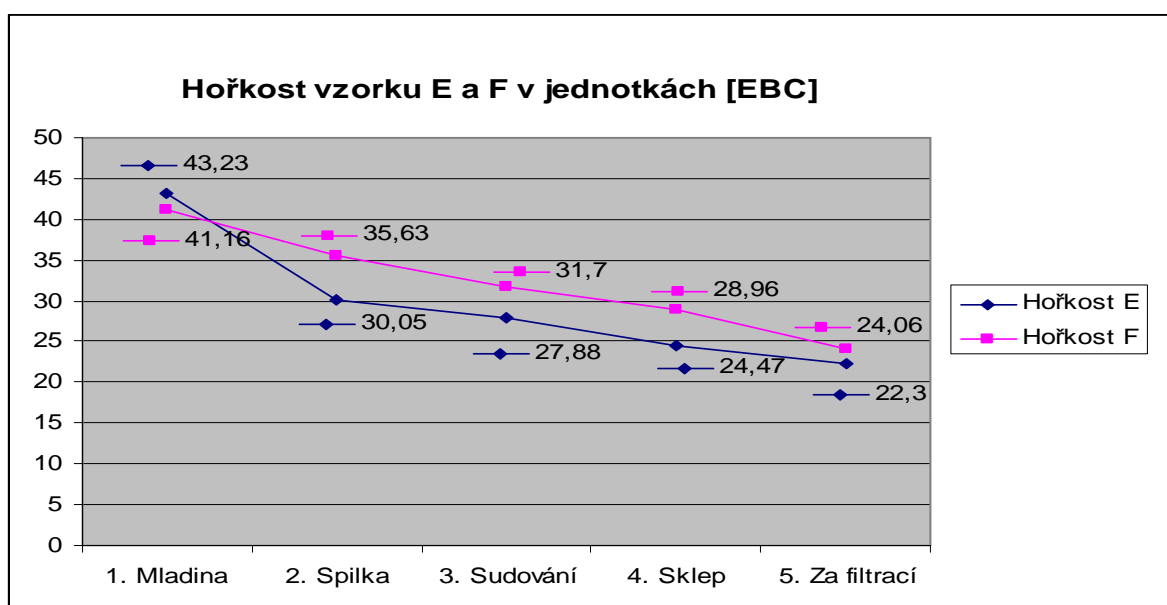
Obr. 19 Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků C a D

Tab. 29 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku E

Vzorek		E		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	43,23		0	0
12. 08. 2010	Spilka	30,05		30,5	30,5
17. 08. 2010	Sudování	27,88		35,5	5,0
20. 10. 2010	Sklep	24,47		43,4	7,9
26. 10. 2010	Za filtrací	22,30		48,4	5,0

Tab. 30 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku F

Vzorek		F		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	41,16		0	0
12. 08. 2010	Spilka	35,63		13,4	13,4
17. 08. 2010	Sudování	31,70		23,0	9,6
20. 10. 2010	Sklep	28,96		29,6	6,6
26. 10. 2010	Za filtrací	24,06		41,5	11,9



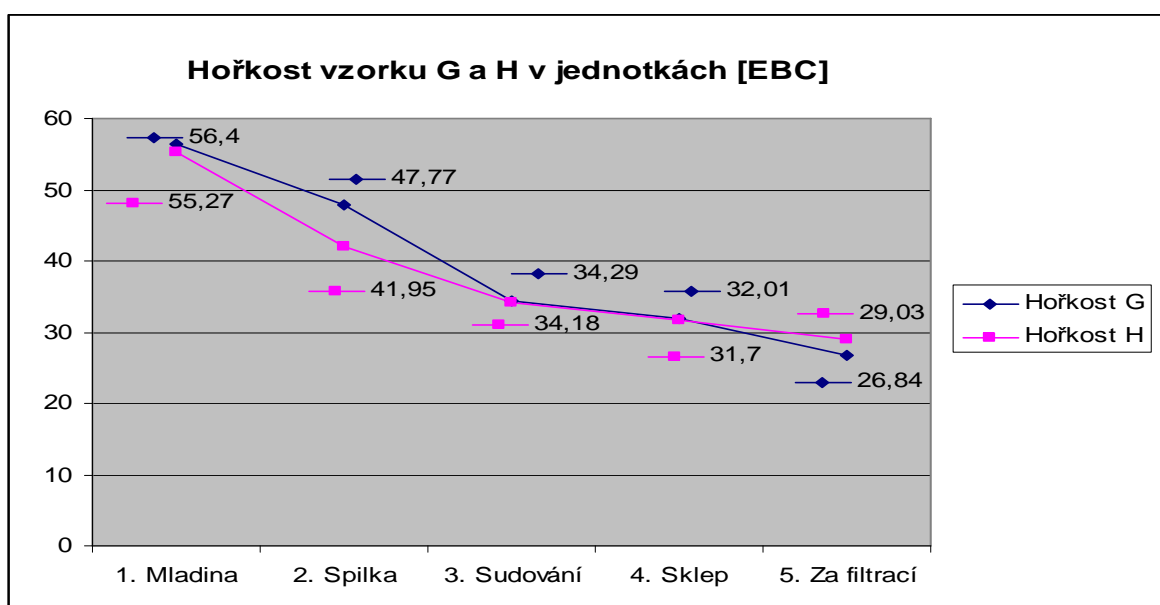
Obr. 20 Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků E a F

Tab. 31 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku G

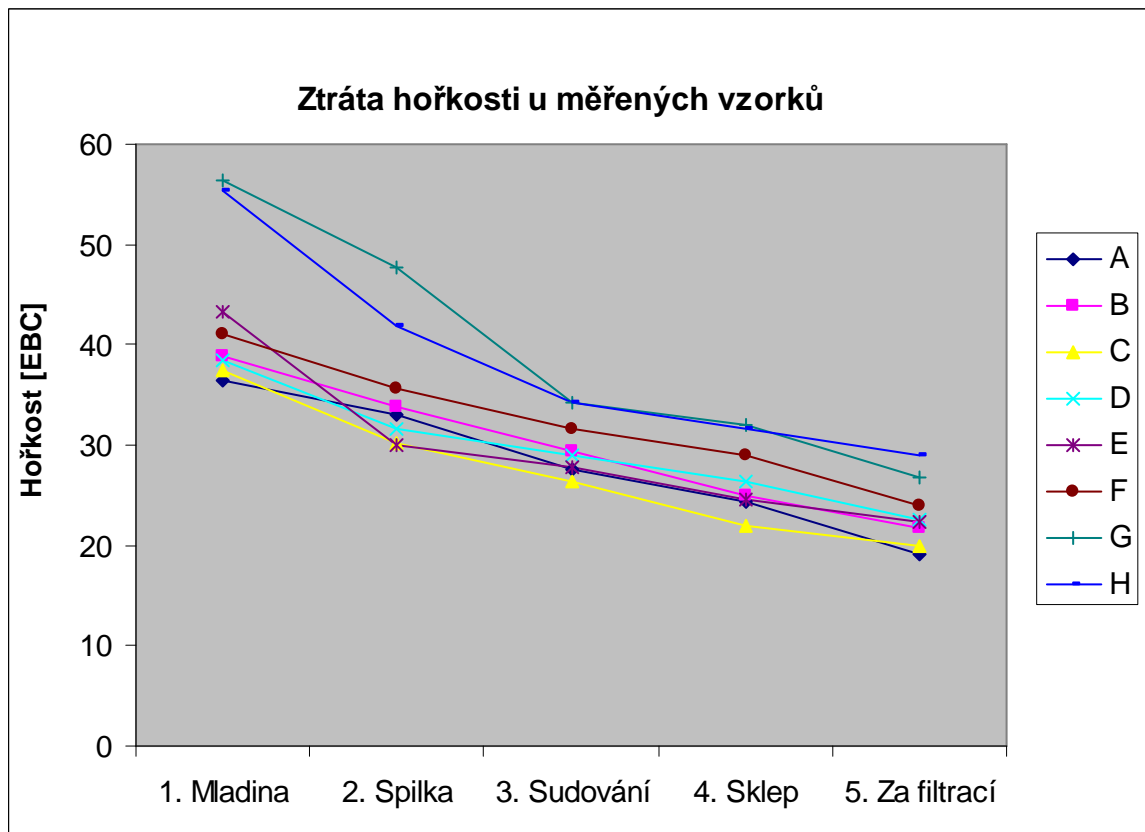
Vzorek		G		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	56,40		0	0
12. 08. 2010	Spilka	47,77		15,3	15,3
17. 08. 2010	Sudování	34,29		39,2	23,9
20. 10. 2010	Sklep	32,01		43,2	4,0
26. 10. 2010	Za filtrací	26,84		52,4	9,2

Tab. 32 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku H

Vzorek		H		Celková ztráta hořkých látek [%]	Mezioperační ztráta hořkých látek [%]
Datum měření	Odběr vzorku	Hořkost [EBC]			
11. 08. 2010	Mladina	55,27		0	0
12. 08. 2010	Spilka	41,95		24,1	24,1
17. 08. 2010	Sudování	34,18		38,2	14,1
20. 10. 2010	Sklep	31,70		42,6	4,4
26. 10. 2010	Za filtrací	29,03		47,5	4,9



Obr. 21 Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků G a H



Obr. 22 Ztráta hořkých látek v průběhu výroby u všech vzorků

5.2.2 Diskuze k výsledkům měření

Všechny naměřené hodnoty hořkosti byly zaznamenány do výše uvedených přehledných tabulek. Vedle hořkosti je vyčíslena celková ztráta hořkých látek v procentech a také mezioperační ztráta v jednotlivých krocích výroby. K jednotlivým druhům piva v návaznosti na hodnoty uvedené v tabulkách jsou přiřazeny grafy.

Měřením hořkosti byla prokázána ztráta hořkých látek u všech vzorků během výroby. U vzorku A činila celková ztráta 47,7 %. Nejvíce hořkých látek u vzorku A bylo vyloučeno během hlavního kvašení ve spilce, kdy byly hořké látky pohlceny a strženy sedimentujícími kvasinkami. Současně byly hořké látky vyloučeny při kvašení v tzv. dekách. V této fázi výroby byla ztráta hořkých látek 15 %. K další významné ztrátě, a to 14,4 %, došlo během dozrávání v ležáckém sklepě před filtrací piva. Odstředěním hořkých kalů z mladiny u tohoto vzorku vznikla ztráta 9,6 %.

Na rozdíl od vzorku A byla u vzorku B zjištěna největší ztráta v první fázi výroby při separaci hořkých kalů z mladiny, jejíž hodnota korespondovala na 13,0 %. Celková ztráta hořkých látek u vzorku B byla počítána na 44,3 %.

U vzorku C a D se projevil maximální úbytek hořkých látek po odstředění hořkých kalů při spílání mladiny. Hodnota dílčího úbytku u vzorku C v tomto segmentu výroby byla 19,4 % a u vzorku D 17,7 %. V ostatních mezioperačních krocích výroby byla ztráta povolná a celková ztráta činila 46,8 % u vzorku C a 41,3 % u vzorku D. Tato zjištěná hodnota u vzorku D je minimální naměřenou hodnotou ze všech vzorků.

Vývoj hořkosti u vzorku E a F byl obdobný jako u předchozího vzorku C a D. U těchto vzorků vznikla největší procentuelní ztráta vyloučením hořkých látek z mladiny. U vzorku E byla naměřena ztráta 30,5 % , což je nejvyšší hodnota ze všech sledovaných vzorků tohoto experimentu. U vzorku F nabyla ztráta 13,4 %. Hodnota celkové ztráty hořkých látek během celého technologického procesu výroby piva byla zjištěna u vzorku E ve výši 48,4 % a u vzorku F 41,5 %.

Vzorek G vykazoval největší ztrátu hořkosti během hlavního kvašení ve spilce, a to 23,9 %. U vzorku H, jako u většiny vzorků, byla největší ztráta zaznamenána odstředěním hořkých kalů z mladiny, která činila 24,1 %. Celková ztráta u vzorku G, jejíž hodnota 52,4 %, je současně nejvyšší celkovou ztrátou v experimentu. U vzorku H byla naměřena celková ztráta hořkých látek 47,5 %.

V literatuře [3] Basařová uvádí, že z celkového množství hořkých látek se v technologickém procesu využije asi 30 %. Experimentem byla zjištěna využitelnost hořkých látek v pivovaře Janáček u sledovaných vzorků v rozmezí 47,6 % až 58,7 %, jež se jeví jako dobrá vzhledem k uváděným 30 %-ům v literatuře. Celková ztráta činila 41,3 % až 52,4 %. Největší úbytek hořkosti až 30,5 % byl zaznamenán v první fázi výroby odstředěním hořkých kalů z mladiny a následně během hlavního kvašení ve spilce až 23,9 %. V dalších výrobních krocích byla ztráta povolná od 4 % do 14,4 %.

ZÁVĚR

Hořkost je jednou z nejdůležitějších vlastností, kterou lze pivo charakterizovat. Její výsledná hodnota závisí na použitých surovinách, hlavně chmele a chmelových výrobcích a v neposlední řadě na použité varní vodě, jejíž tvrdost podstatně ovlivňuje tuto hořkost.

V pivovaře Janáček má varní voda po úpravě charakter mírně tvrdé vody 16 °n, to je v přepočtu 2,9 mmol/l. Při použití takovýchto vod vykazují piva drsnější hořkost.

V pivovaře Janáček se používá pro chmelení extrakt se 100 %-ním obsahem α -hořkých kyselin a granule P 90 různých odrůd, které jsou vyrobeny z jemně mletého chmele. Množství použitých chmelových výrobků bylo rozepsáno v tabulkách ve stati 5.1.2. Jemně mletý chmel a chmelový extrakt vykazují lepší rozpustnost a využitelnost hořkých látek.

V experimentální části byla sledována právě ztráta těchto hořkých látek během celého technologického procesu v pěti hlavních výrobních krocích. Jako první byla měřena hořkost rozpuštěných chmelových látek v mladině, která byla počítána jako 100 %. Od této základní hodnoty byly procentuelně vyjádřeny ztráty hořkosti celkové a v jednotlivých mezioperačních krocích výroby, jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulkách v kapitole 5.2.1. Druhé měření bylo provedeno u vzorků odebraných ve spilce po odstředění hořkých kalů ve vířivé kádi, následném zchlazení a zakvašení pivovarskými kvasinkami, další vzorky byly odebírány po ukončení hlavního kvašení při sudování ze spilky do ležáckého sklepa. Ve čtvrtém pořadí byla měřena hořkost během ležení a dozrávání piva v ležáckém sklepě, při kterém se pivo sytí CO₂ a čirí se. Závěrečná a celková ztráta byla vyčíslena v poslední fázi výroby po filtraci před stáčením do finálních obalů.

Závěrem lze konstatovat dobrou využitelnost hořkých látek v pivovaře Janáček, která se pohybuje v rozmezí 47,6 % až 58,7 %. Vzhledem k danému dávkování chmele bych doporučila změnit skladbu jednotlivých dávek, a to ve prospěch jemných aromatických odrůd chmele, především granulí vyrobených ze žateckého poloraného červeňáku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČÍŽEK, T. *Spotřeba piva v ČR sice klesá, druhé Irsko však ztrácí 20 litrů na obyvatele* [online]. [cit. 2011-02-16]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mediafax.cz/ekonomika/3173461-Spotreba-piva-v-CR-sice-klesa-druhe-Irsko-vsak-ztraci-20-litru-na-obyvatele>>
- [2] VEČERKOVÁ, H.-KISS, J. *Abeceda piva*. Edice ČT, Praha 2007. 206 s. ISBN 978-80-85005-86-8.
- [3] BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., BASAŘ, P., LEJSEK, T. *Pivovarství, teorie a praxe výroby piva*. VŠCHT, Praha 2010. 904 s. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [4] BENEDIKT, P. *Čtení o pivu*. Magnet - Press, Praha. 64 s. ISBN 80-85434-42-3.
- [5] SLÍVA, J. *Kde se pivo varí*. Nakladatelství SEZAM, Praha 1992. 80 s. ISBN 80-900186-6-1.
- [6] LANDA, P. *Malý breviář pivovarů*. Práce, Praha 1992. 48 s. ISBN neuvedeno.
- [7] VASILOVÁ, S. *Restaurační minipivovary a jejich rozvoj v České republice* [online]. FT UTB, 2009. 52 s. Bakalářská práce. FT UTB.
- [8] STANĚK, J. *BLAHOSLAVENÝ SLÁDEK, Kapitoly z dějin piva*. Paseka, Praha/Litomyšl 1998. 312 s. ISBN 80-7185-188-4.
- [9] *Starý přední východ* [online]. [cit. 2011-02-08]. Dostupný z WWW:
<<http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/prif/ps09/kruh/web/pics/08-predni-vychod/8-3.jpg>>
- [10] SOUKUPOVÁ, L.-FRANTÍK, F. *Pivovarský kalendář 2007*. VÚPS, a.s., Praha 2006. 334 s. ISBN 80-86576-23-X.
- [11] HORA, P. *Toulky českou minulostí II*. Práce, Praha 1991. 454 s. ISBN 80-208-0111-1.
- [12] BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I. *České pivo*. NUGA, Pacov 1999. 231 s. ISBN 80-85903-08-3.

- [13] JACKSON, M. *Encyklopedie piva*. VOLVOX GLOBATOR, Praha 1994. 256 s.
ISBN 80-85769-37-9.
- [14] TVRDOŇ, M., BÁLEŠOVÁ, B. *Kvasná mikrobiologie*. SNTL, Praha 1986. 168 s.
04-836 -86.
- [15] MOŠTEK, J. *SLADARSTVÍ, Biochemie a technologie sladu*. SNTL, Praha 1975.
480 s. 04-815-75.
- [16] KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kolektiv autorů. *Technologie výroby sladu
a piva*. VÚPS, a.s., Praha 2000. 398 s. ISBN 80-902658-6-3.
- [17] *Nejstarší vyobrazení chmele* [online]. [cit. 2011-02-13]. Dostupný z WWW:
<http://www.beers.cz/hopmuseum/chi_mu15.jpg>
- [18] BASAŘOVÁ, G.-ČEPIČKA J. *Sladárství a pivovarství*. SNTL, Praha 1986. 256 s.
05-080-86.
- [19] DANĚK, J., FERKL, P., PROCHÁZKA, S. *Technologie pro 4. ročník SPŠ
potravinářská technologie – obor kvasná technologie*. SNTL, Praha 1982. 241 s.
ISBN neuvedeno.
- [20] HLAVÁČEK, F.-LHOTSKÝ, A. *Pivovarství*. SNTL, Praha 1972. 540 s. 04-827-72.
- [21] KUNZE, W. *Technology Brewing and Malting*. VLB e. V., Berlin 2010. 1100 s.
ISBN 978-3-921690-64-2.
- [22] RYCHTERA, M. *Potravinářské technologie a biotechnologie, fermentační
biotechnologie* [online]. [cit. 2011-02-24]. Dostupný z WWW:
<<http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/potravtech.pdf>>
- [23] *Sbírka zákonů České republiky. Vyhláška Mze 335/2007 Sb.*
[online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupný z WWW:
<<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1997/sb111-97.pdf>>

- [24] KÖNIG, W., GASTL, M., RATH, F. *Prüfung von Winterbraugerstensorten auf ihre Verarbeitungsqualität*. Brauwelt 150 (36), 2010. s. 1084-1087.
- [25] *Biologie a morfologie chmelové rostliny* [online]. [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW:
<http://www3.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=181>
- [26] SOUKUPOVÁ, L., ADLEROVÁ, I., SVOBODOVÁ, M. *Pivovarský kalendář 2010*. VÚPS, a.s., Praha 2009. 303 s. ISBN 978-80-86576-35-0.
- [27] *Pěstování chmele* [online]. [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW:
<<http://www.czhops.cz/index.php/cs/cesky-chmel>>
- [28] *Vzorce analogů α -hořkých kyselin a β -hořkých kyselin* [online]. [cit. 2011-03-19]. Dostupný z WWW:
<<http://www.jergym.hiedu.cz/%7Ecanovm/kyseliny/bvzorcel/horke.htm>>
- [29] SOUKUPOVÁ, L.-FRANTÍK, F. *Pivovarský kalendář 2009*. VÚPS, a.s., Praha 2008. 310 s. ISBN 978-80-86576-32-9.
- [30] *České odrůdy chmele* [online]. [cit. 2011-03-20]. Dostupný z WWW:
<<http://www.czhops.cz/index.php/cs/ceske-odrudy-chmele>>
- [31] *Chmelové produkty* [online]. [cit. 2011-03-30]. Dostupný z WWW:
<http://www.bohemiahop.cz/cze/chmel_produkty.html>
- [32] ALTOVÁ, M. *Situační a výhledová zpráva chmel, pivo*. Ministerstvo zemědělství, Praha 2009. 67 s. ISBN 978-80-7084-795-4.
- [33] YOUNG, T. W. *Beer: process of production* [online]. [cit. 2011-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/58378/beer>>
- [34] BASAŘOVÁ, G. a kol. *Pivovarsko-sladařská analytika 3*. MERKANTA s.r.o., Praha 1993, s. 332. ISBN nevedeno.
- [35] BASAŘOVÁ, G. a kol. *Pivovarsko-sladařská analytika 2*. MERKANTA s.r.o., Praha 1993, s. 248. ISBN nevedeno.

[36] *Sortiment pivovaru Janáček* [online]. [cit. 2011-04-05]. Dostupný z WWW:

<<http://www.pivovar-janacek.cz/>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CKT	Cylindrokónický tank
EBC	Evropská pivovarská konvence (European Brewery Convention)
g	gram
gr	granule
hl	hektolitr
hod.	hodina
JH	jednotka hořkosti
kg	kilogram
KH	konduktometrická hodnota
kJ	kilojoul
l	litr
min	minuta
Mze	Ministerstvo zemědělství
ot.	otáčky
pH	Záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace H^+ iontů v roztoku
př.n.l.	před naším letopočtem
popř.	popřípadě
rel.	relativní
sb.	sbírka
tj.	to je
tzv.	tak zvaný
var.	variabilní, odchylovající se od normálu
ŽPČ	Žatecký poloraný červeňák

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Sumerská hliněná tabulka</i> [9]	12
Obr. 2 <i>Dobové znázornění pivovarníka</i> [11]	14
Obr. 3 <i>Nejstarší vyobrazení chmele</i> [17]	16
Obr. 4 <i>Detail chmelové hlávky s vřetenkem a lupulinem</i> [25]	23
Obr. 5 <i>Zvětšené lupulinové žlázky</i> [25]	23
Obr. 6 <i>Strukturní vzorce α-hořkých a β-hořkých kyselin</i> [16]	25
Obr. 7 <i>Analogy hořkých kyselin</i> [16]	25
Obr. 8 <i>Vzorce analogů α-hořkých kyselin a β-hořkých kyselin</i> [28].....	26
Obr. 9 <i>Graf vývoje chmelení piva podle průměrné dávky α-hořkých kyselin v g/hl</i> [29].....	29
Obr. 10 <i>Chmelové produkty</i> [31]	35
Obr. 11 <i>Vývoj spotřeby českého a zahraničního chmele v ČR</i> [32].....	37
Obr. 12 <i>Výroba piva</i> [33].....	40
Obr. 13 <i>Laboratoř v pivovaru Janáček</i>	49
Obr. 14 <i>Centrifuga v pivovarské laboratoři</i>	54
Obr. 15 <i>Pohled do centrifugy</i>	55
Obr. 16 <i>Spektrofotometr GENESYS 10S UV-VIS</i>	55
Obr. 17 <i>Pohled do spektrofotometru na uložené kyvety se vzorky</i>	56
Obr. 18 <i>Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků A a B</i>	57
Obr. 19 <i>Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků C a D</i>	58
Obr. 20 <i>Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků E a F</i>	59
Obr. 21 <i>Grafické vyobrazení ztráty hořkých látek u vzorků G a H</i>	60
Obr. 22 <i>Ztráta hořkých látek v průběhu výroby u všech vzorků</i>	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Celková tvrdost vody [18].....	19
Tab. 2 Průměrné složení chmele [16]	24
Tab. 3 Specifikace hlavních chmelových odrůd [29]	28
Tab. 4 Světová produkce chmele a α -hořkých kyselin podle skupin v roce 2007 [29].....	28
Tab. 5 Podíl hlavních produkčních zemí podle podílu produkce jednotlivých skupin [29]	29
Tab. 6 Vývoj chmelení podle průměrné dávky α -hořkých kyselin v g/hl [29].....	29
Tab. 7 Obsah hořkých látek a silic v ŽPČ [30].....	30
Tab. 8 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Sládek [30]	31
Tab. 9 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Bor [30].....	31
Tab. 10 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Premiant [30].....	32
Tab. 11 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Agnus [30].....	32
Tab. 12 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Harmonie [30].....	33
Tab. 13 Obsah hořkých látek a silic v odrůdě Rubín [30]	33
Tab. 14 Sortimentní a odrůdové členění spotřeby českého chmele 2002 – 2007 [26].....	38
Tab. 15 Sled výrobních operací při výrobě mladiny [16]	41
Tab. 16 Chmelení vzorku A ze dne 11.8.2010.....	51
Tab. 17 Chmelení vzorku B ze dne 7.10.2010.....	51
Tab. 18 Chmelení vzorku G ze dne 20.10.2010	52
Tab. 19 Chmelení vzorku H ze dne 3.11.2010	52
Tab. 20 Chmelení vzorku E ze dne 3.11.2010.....	52
Tab. 21 Chmelení vzorku C ze dne 7.12.2010.....	53
Tab. 22 Chmelení vzorku D ze dne 14.12.2010	53
Tab. 23 Chmelení vzorku F ze dne 11.1.2011	53
Tab. 24 Označení vzorků.....	56
Tab. 25 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku A.....	57
Tab. 26 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku B.....	57
Tab. 27 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku C.....	58
Tab. 28 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku D	58
Tab. 29 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku E.....	59
Tab. 30 Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku F.....	59

Tab. 31 <i>Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku G</i>	60
Tab. 32 <i>Naměřené hodnoty hořkosti u vzorku H</i>	60

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Chmelnice u Přerova

PŘÍLOHA P II: Sortiment pivovaru Janáček

PŘÍLOHA P I: CHMELNICE U PŘEROVA



PŘÍLOHA P II: SORTIMENT PIVOVARU JANÁČEK

