

Obsah alkoholu a CO₂ v závislosti na extraktu v jednotlivých fázích výroby piva

Veronika Pechtorová

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika PECHTOROVÁ**

Osobní číslo: **T09790**

Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Téma práce: **Obsah alkoholu a CO₂ v závislosti na extraktu
v jednotlivých fázích výroby piva.**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše k zadanému tématu
2. Budou zpracovány podklady z oblastí základních pivovarských surovin, kvasinek, technologie výroby piva, biotechnologické postupy
3. Na základě získaných podkladů budou formulovány závěry a doporučení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. **BASAŘOVÁ, G.** Pivovarství, Teorie a praxe výroby piva., Vyd. první., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, VŠCHT Praha, 2010, ISBN 978-80-7080-734-7
2. **KOSAŘ, K. a S. PROCHÁZKA,** Technologie výroby sladu a piva [online]. 1. vyd., Praha, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., 2000, 398 s., ISBN 80-902-6586-3
3. **JUCHELKA, V.,** Stanovení polyfenolických látek v pivu v pivovaru Janáček. Brno, 2008. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce Ing. Tomáš Gregor, Ph.D item Pivovarská revue, gastronomický magazín pro partnery společnosti Heineken Česká republika, a.s. ENTRE s.r.o., 2/2011, Dostupné z: MK ČR E 17463 item SARWA, A. J. Velká kniha o domácí výrobě lihových nápojů, likéry, vína, piva, medoviny z léčivých rostlin, ovoce a zeleniny. 1. vyd. Liberec, Gen, 2007, 350 s., ISBN 978-808-6681-719

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2012**

Ve Zlíně dne 15. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byla jsem seznámena s tím, že na moji 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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

.....

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 nevýdělečně 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce, je seznámení se s výrobou piva, jednotlivými fázemi výroby a problematikou vzniku alkoholu a oxidu uhličitého v pivu. Dále jsou popsány jednotlivé fáze výroby, faktory a druhy kvašení ovlivňují množství alkoholu a oxidu uhličitého.

Klíčová slova: mladina, kvašení, etanol, oxid uhličitý, pivo

ABSTRACT

The aim of this thesis is to get acquainted with the production of beer, various stages of production and problems of alcohol and carbon dioxide in beer. What are the different stages of production affect the quantity and how their content is influenced by various types of fermentation

Keywords: wort , fermentation , ethanol , carbon dioxide, beer

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Stanislavovi Kráčmarovi, DrSc., za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky a věnovaný čas při zpracování bakalářské práce.

Rovněž bych ráda vyjádřila poděkování sládkovi Kroměřížského pivovaru Černý Orel, panu Ing. Vladimírovi Juchelkovi, který mi na názorných praktických příkladech a dílčích výrobních procesech při výrobě piva ukázal a kvalifikovaně popsal, jednotlivé fáze výroby piva. Nesmírně si cením jeho ochoty a vstřícnosti při výkladu a jeho následné odborné přednášky, kdy mě nechal nahlédnout do své kuchyně a poodhalil mi své výrobní tajemství.

Prohlášení:

Prohlašuji, že odevzdaná písemná verze bakalářské práce na téma

Obsah alkoholu a CO₂ v závislosti na extraktu v jednotlivých fázích výroby piva, je totožná s verzí uloženou, elektronicky nahranou do IS/STAG.

Práci jsem vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém soupisu literatury.

Ve Zlíně, dne

Podpis.....

OBSAH

ÚVOD	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE PIVA V ČECHÁCH	12
2 ZÁKLADNÍ PIVOVARSKÉ SUROVINY	15
2.1 VODA	15
2.2 CHMEL	16
2.2.1 ÚPRAVA CHMELE	19
2.3 SLAD	20
2.3.1 DRUHY SLADŮ	23
3 PIVOVARSKÉ KVASINKY	27
3.1 TAXONOMIE	27
3.2 METABOLISMUS	28
3.3 KVASINKY SPODNÍHO A VRCHNÍHO KVAŠENÍ	29
3.4 KONTROLA VLASTNOSTÍ PIVOVARSKÝCH KVASNIC	30
3.5 PROPAGACE	31
3.5.1 LABORATORNÍ PROPAGACE	31
3.5.2 PROVOZNÍ PROPAGACE	32
3.5.3 ROZEZNÁVÁME DVĚ ZÁKLADNÍ VARIANTY PROVOZNÍ PROPAGACE:	33
4 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA	34
4.1 VÝROBA MLADINY	35
4.1.1 ŠROTOVÁNÍ	37
4.1.2 VYSTÍRÁNÍ	38
4.1.3 RMUTOVÁNÍ	38
4.1.4 SCEZOVÁNÍ	42
4.1.5 CHMELOVAR	42
4.1.6 CHLAZENÍ MLADINY	43
5 KVAŠENÍ MLADINY	45
5.1 HISTORIE	45
5.2 HLAVNÍ KVAŠENÍ	46

5.2.1	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PRŮBĚH HLAVNÍHO KVAŠENÍ.....	46
5.2.2	ZMĚNY PROBÍHAJÍCÍ V MLADINĚ PŘI HLAVNÍM KVAŠENÍ	50
5.2.3	TECHNOLOGICKÉ POSTUPY A ZAŘÍZENÍ PRO HLAVNÍ KVAŠENÍ	53
5.2.4	SBĚR, ZPRACOVÁNÍ, OŠETŘENÍ A SKLADOVÁNÍ KVASNIC	57
5.2.5	NEPRAVIDELNOSTI HLAVNÍHO KVAŠENÍ	57
6	DOKVAŠOVÁNÍ A ZRÁNÍ (LEŽENÍ) PIVA.....	59
6.1	TEORIE	59
6.1.1	POZVOLNÝ POKLES TEPLoty A POZVOLNÉ ZKVAŠOVÁNÍ ZBYLÉHO EXTRAKTU.....	59
6.1.2	SYCENÍ PIVA OXIDEM UHLIČITÝM A JEHO FIXACE	59
6.1.3	ČIŘENÍ PIVA	61
6.1.4	ZRÁNÍ CHUTI A VŮNĚ PIVA	61
6.1.5	TECHNOLOGIE A ZAŘÍZENÍ PRO STACIONÁRNÍ DOKVAŠENÍ A ZRÁNÍ PIVA.....	61
6.2	KVAŠENÍ A DOKVAŠOVÁNÍ VE VELKOOBJEMOVÝCH NÁDOBÁCH	63
6.2.1	PŘEDNOSTI FERMENTACE VE VELKOOBJEMOVÝCH NÁDOBÁCH	63
6.2.2	DRUHY VELKOOBJEMOVÝCH NÁDOB.....	63
6.3	KVAŠENÍ A DOKVAŠOVÁNÍ PIVA V CKT	63
6.4	TECHNOLOGIE V CKT.....	64
6.5	KONTROLA KVASNÉHO PROCESU V CKT A TRADIČNÍ TECHNOLOGII	65
ZÁVĚR		66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		70
SEZNAM OBRÁZKŮ		71
SEZNAM TABULEK.		72

ÚVOD

Pivovarství patří mezi málo řemesel, která se na našem území vyvíjela sama, bez cizího vlivu, kterému napomohly vynikající půdně-klimatické podmínky, a hlavně výborná kvalita základních surovin. Ve středověku byla od sebe oddělena řemesla sladovnická a výroba piva, která pak splynula a podržela si společný název „sladovnictví“ až do druhé poloviny 19. století, kdy se vlivem průmyslové revoluce stalo řemeslo průmyslem pivovarským, který patří k nejdůležitějším v celém potravinářství.

Poznáním vlastnosti obilovin se člověk naučil připravovat moučná jídla, která ve formě řídké kaše sloužila za „tekutý chleb“ a dala se snadno připravit z rozdrčeného obilí. Nahodilým zkvašením dostala příjemnou chuť a slabého opojného účinku, a tak vznikl první druh méně dokonalého kvasu, jehož technologie výroby se stále zdokonalovala až do dnešních dnů, kdy je pivo označováno, jako kvašený slabě alkoholický nápoj, vyráběný z obilného sladu, vody a chmele pomocí pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae* ssp.), který se těší značné oblibě v Česku i v zahraničí. Na území Česka se jedná o nejkonsumovanější alkoholický nápoj. Pivo je považováno za jeden z českých symbolů a od roku 2008 je název české pivo chráněno jako zeměpisné označení.

Pivo stejně jako slad a chmel, je více než oprávněně považováno za typický výrobek České republiky. Tato oblast má dlouholetou tradici ve vaření piva, jehož kvalita se stala světoznámou [Basařová, 2010].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PIVA V ČECHÁCH

Historie výroby piva je tak stará jako kulturní dějiny lidstva. Původ piva je však orientován do mnohem starší doby a do jiných oblastí. Již v dobách rané sumerské dynastie, asi 3000 let před naším letopočtem, mělo pivo v životě tehdejších lidí význačné místo a stalo se i předmětem v zájmu tehdejších vládců.

Prvním dochovaným dokladem o pivu v českých zemích je nadační listina prvního českého krále Vratislava II. z roku 1088, kterou kolegiálnímu kostelu na Vyšehradě přiděluje desátku chmele na vaření piva. Je více než pravděpodobné, že v Čechách se pivo vařilo již před tímto rokem. Vařením piva se v prvních dobách českého pivovarnictví zabývaly ženy, pivo se vařilo ve světnici a kvasilo v tzv. pivních hrncích v komorách. Domácí pivovárky pak vznikaly i v různých kláštorech. Je pochopitelné, že panovníci se snažili výrobu piva využít i ve svůj prospěch a v královských městech, aby posílili jejich moc, udělovali výsadu "právo vaření piva". Právo vařit pivo bylo spojeno s vlastnictvím domu, později pouze uvnitř hradeb. Právovárečné domy měly původně své vlastní pivovárky, později se vlastníci takových domů spojovali a měli společný pivovar, ve kterém pivo vařili. To byl zárodek pozdějších právovárečných spolků a měšťanstev. Řemeslníci, kteří později vyráběli slad a pivo, se sdružovali do cechů, které měly své znaky, praporky a také patrony. Celosvětově se jako patron pivovarníků uvádí Gambrinus, brabantský panovník. To se možná českému cechu sladovníků a pivovarníků nelíbilo a za patrona svého cechu si vybrali sv. Václava (neprokazatelně se traduje, že českým pivovarníkům přiznal sv. Václava jako patrona již král Karel IV). Z těchto dvou událostí vznikla často připomínaná "Svatováclavská tradice" v českém pivovarnictví. Historicky se odhaduje, že v 16. století bylo v Čechách asi 3 000 pivovárků, městských, klášterních a šlechtických, výroba piva, však měla řemeslný charakter. v 18. století pokrokový český sládek František Ondřej Poupě bojuje, za vyšší kvalitu českého piva a kromě jiného je známá jeho zásada: pšenici na koláče, oves pro koně a jen ječmen na pivo [Juchelka, 2008].

V průběhu 19. století, na základě využití nových vědeckých a technických objevů, pivovarnictví v Čechách postupně přechází na jinou úroveň - stává se průmyslovým podnikáním. V té době byly v českých zemích založeny desítky nových pivovarů a také mnoho malých pivovárků zaniklo. Vedle jiných vzniká v těch letech i pětice dnes nejznámějších českých pivovarů Plzeňský Prazdroj (1842), Smíchovský Staropramen (1869), pivovar Gambrinus v Plzni (1869), pivovar Velké Popovice (1874) a pivovar Budějovický Budvar

(1895) a také známé moravské pivovary Přerov (1872) a Starobrnno (1872). Zprůměrnění pivovarství bylo provázeno postupnou koncentrací výroby. V polovině 19. století je v Čechách 1 052 pivovarů a jejich počet se dále snižuje na 666 pivovarů v roce 1912, 526 po I. Světové válce a na 260 pivovarů v r. 1946 [Juchelka, 2008].

Po komunistickém puči v roce 1948 byl celý pivovarský průmysl znárodněn a v podmínkách socialistického řízeného hospodářství se dostal na dlouhou dobu na okraj zájmu vládnoucí moci. Dochází k další násilné koncentraci pivovarského průmyslu. Začátkem 70. let minulého století pak byly v českých zemích postaveny dva nové pivovary, z nich pivovar Radegast se dnes velice dynamicky rozvíjí a zařadil se mezi největší pivovary.

Zásadní zlom v dalším vývoji pivovarského průmyslu v České republice nastává po roce 1989. V tomto roce bylo v českých zemích v provozu již jen 71 pivovarů, které vyrobily celkem 18,2 mil. hl piva. Místo plošného direktivního řízení se rozvíjí konkurenční prostředí mezi zprivatizovanými pivovary, které se převážně ustavily buď jako akciové společnosti, nebo s. r. o.. I pivovarský průmysl, který se nemohl před rokem 1989 rozvíjet podle potřeb, neměl k zajištění své obnovy dostatek finančních prostředků. Přesto však postupně došlo ke konsolidaci českého pivovarství. Pivo dnes u nás vaří 38 společností ve 48 průmyslových pivovarech. Dále je u nás více než 70 restauračních minipivovarů, ze kterých je nejstarší pivovar U Fleků, založený v roce 1499. Všechny ostatní vznikaly po roce 1991.

Pivovarství v roce 2010

Pivovarství v České republice má za sebou složitý rok. Rok, který byl podobně jako rok 2009 silně poznamenán ekonomicko-finanční krizí. Ta bez nadsázky ovlivnila nejen celkovou poptávku, ale přinesla též některé změny v chování spotřebitele, tedy konzumenta piva. To vše bylo umocněno zvýšením spotřební daně na pivo, od něhož si vláda slibovala větší příliv peněz do státní pokladny.

K zajímavým posunům dochází na českém trhu z hlediska obalů u piva. Poprvé v historii je podíl piva stáčeného do lahví vyšší než do sudů. Trvale klesá podíl sudového piva na celkové spotřebě, což je dáno obdobným vývojem podílu konzumace piva v gastronomických zařízeních, od hospod po nejluxusnější restauranty. Klesá podíl piva distribuovaného sudy, naopak se zvyšuje podíl piva čepovaného z tanků, což je dáno jeho rostoucí oblibou u spotřebitelů i schopností některých pivovarů tento trend zachytit a kreativně se mu podřídit. Mírně, ale setrvale roste podíl piva dodávaného v plechovkách.

Nejrychleji se zvyšuje prodej piva v PET lahvích, které jsou pro řadu spotřebitelů stále přijatelnější. Svou roli hraje zlepšující se kvalita tohoto druhu obalu s výrazně menším negativním dopadem na kvalitu piva ve srovnání s prvními PET obaly, které se před časem na trhu začaly objevovat. Zásadní je také fakt, že především v sezoně jsou PET lahve oblíbené při volnočasových aktivitách jako grilování atd. Tomu odpovídají rovněž trendy ve způsobu lahvování piva. Stále více pivovarů uvádí do provozu stáčírny PET lahví. Lze očekávat, že tento trend bude i v budoucnu pokračovat.

Pro spotřebitele a milovníka piva je významné, že přes pokles výroby nadále stoupá nabídka druhů a značek piv. Jejich celkový počet na našem trhu od všech pivovarů u nás již přesáhl rekordních 450 značek. Tento trend bude zřejmě pokračovat také v dalších letech očekávané perspektivy vývoje na trhu piva. Bude doznívat ekonomicko-finanční krize a negativní dopady na spotřebitele postupně zeslábnou. Lze očekávat, že spolu s ekonomickým růstem postupně bude stoupat spotřeba piva, mj. v důsledku růstu počtu zahraničních návštěvníků ČR.

Poroste spíše spotřeba ležáků, a především 11° piv, i když největší podíl budou nadále mít výčepní piva. Konzument bude stále více upřednostňovat speciální piva, ačkoli jejich podíl na trhu bude stále omezený. Celková nabídka piv na trhu z hlediska druhů a značek se bude rozšiřovat, a to jak ze strany malých, tak velkých producentů.

2 ZÁKLADNÍ PIVOVARSKÉ SUROVINY

„Pivo je slabě alkoholický nápoj, který se po staletí vyrábí z obilných sladů, vody a chmele za účasti mikroorganismů – pivovarských kvasinek.“ [Basařová, 2010].

Výroba piva se u nás bez těchto tří základních surovin jako je voda, chmel a slad, neobejde. V některých zemích si však svou cestu našly i cukernaté a škrobnaté náhražky sladu, a to nejen v době strádání – v období válek, hospodářských krizí, ale i v dnešní době, především kvůli snížení výrobních nákladů.

2.1 Voda

Voda je první velmi důležitou surovinou potřebnou k výrobě piva. A to více, než se může zdát. Jak Juchelka [2007] uvádí, na kvalitě vody závisí, jak výsledná jakost, tak i chuť piva. Pivo obsahuje vodu z více než 90 % své hmotnosti a při výrobě se jí spotřebuje vysoké množství. Tím se pivovarské odvětví řadí mezi průmyslová odvětví s největší spotřebou vody.

Pivovarský průmysl má k dispozici z přírodních vod **spodní a povrchové vody**. **Spodní vody** jsou čerpány z pramenů, vrtů či studní a obsahují na rozdíl od povrchové vody menší množství mikroorganismů a organických látek. Z tohoto hlediska je kvalitnější a méně náročná na úpravu. **Povrchové vody** jsou čerpány z řek, potoků, přehrad a jezer.

Voda se podle Basařové [2010] dělí v pivovarství do tří skupin:

1. Varní voda

Tato voda je jednou ze základních surovin při přípravě piva a svými vlastnostmi musí z hlediska zdravotní a hygienické nezávadnosti splňovat stejné požadavky, které jsou kladeny na pitnou vodu.

2. Mycí a sterilační voda

Voda, která se užívá k mytí a sterilaci nesmí zapáchat a musí být zbavena všech mikroorganismů a chemických kontaminantů.

3. Provozní voda

Nároky na tuto vodu se různí podle jednotlivých operací a zařízení. Například voda užitá v parních generátorech, musí odpovídat dané potravinářské kvalitě, voda uží-

vaná při chlazení nesmí obsahovat mikrobiologické nečistoty, voda užívaná pro výplach zařízení i transportních sudů a lahví nesmí být hygienicky závadná aj.

2.2 Chmel

Chmel je dvoudomá víceletá konopovitá pravotočivá rostlina a jako kulturní rostlina pěstuje od počátku našeho věku. K pivovarskému použití jsou pěstovány samičí rostliny, rostliny samčí se využívají pro šlechtění odrůd. Rostlina chmele je velmi náročná na světlo, teplo a vláhu (většinu vláhy chmel přijímá z půdy a podzemních vod, část z vody dešťové a rosy). Skládá se z kořenové soustavy, révy s pozochy, listů a květenství. To se pak během vegetace vyvíjí v chmelové hlávky (**Obr. 1**).



Obr. 1. Rostlina chmele [www.wikipedia.org]

Rybáček [1980] dělí chmel podle genetických znaků na tři samostatné druhy – **chmel otáčivý**, **chmel japonský** a **chmel oplétavý**. V České republice se chmel pěstuje ve třech hlavních oblastech – Žatecké, Ústecké a Tršické (**Obr. 2**).

Pěstuje se odrůdy chmele (*H. lupulus*), které se rozdělují podle zbarvení chmelové révy na **červenky** a **zeleňáky**. Představitelé červeňáků se pěstují v Evropě, v Čechách, Německu, Polsku a Slovinsku. Zeleňáky najdeme převážně v Anglii a v zámoří (v USA a v Austrálii).

Podle délky vegetační doby zrání se odrůdy chmele rozdělují na **rané**, **polorané** a **pozdní**.

Je to surovina, která dodává pivu typickou hořkost a aroma, čímž jej odlišuje od jiných alkoholických i nealkoholických nápojů. Rovněž ovlivňuje technologii a další kvalitativní kritéria piva. Důležitým nositelem hořkosti chmele jsou zejména chmelové pryskyřice, jež jsou složeny z řady chemicky podobných sloučenin, z kterých nejvýrazněji ovlivňují hořkost produkty izomerace α -hořkých kyselin. Ty vznikají při varu sladiny s chmelem, nebo chmelovými přípravky. Jak Meilgaard [1960] uvádí, jsou hořké kyseliny nejdůležitějšími produkty reakcí chmelových pryskyřic a zajišťují kolem 85 % hořkosti piva.



Obr. 2. Chmelařské oblasti v České republice

[<http://www.czhops.cz/>]

Mezi nejdůležitější složky chmele patří (Obr. 3.):

- **Chmelové pryskyřice** – patří k nejdůležitějším složkám chmele – obsahuje až 30 % hmotnosti, a ostatních chmelových výrobků. Jejich základními složkami jsou měkké chmelové pryskyřice, specifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice. Chmelové pryskyřice jsou po izomerii ve varném procesu odpovědné především za inten-

zitu hořkosti piva, které je závislé na vydatnosti a dávce chmelení. Důležité je také složení a oxidační změny, které se mohou měnit způsobem skladování a zpracování, což může mít za následek změnu charakteru hořkosti.

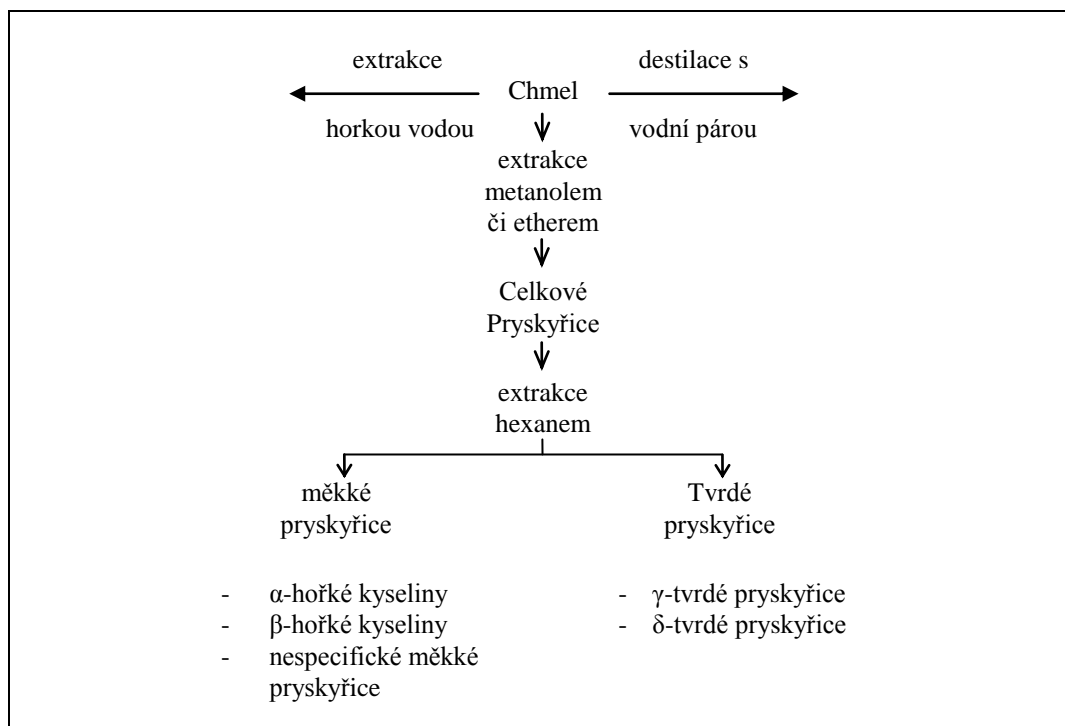
- **Silice** – směs několika set látek různého chemického složení, fyzikálních vlastností i aroma. Podle Basařové [2010] dosud nebyly zcela identifikovány a jejich celkové množství a zastoupení jejich jednotlivých složek je závislé především na genetických vlastnostech odrůdy, také na podmínkách pěstování, sklizni i skladování. Silice jsou v chmelu obsaženy z 0,5 – 3 %. Tvoří se v konečných fázích zrání rostliny a dávají tak pivu jeho charakteristickou vůni, což je samozřejmě závislé také na jejich složení, které je ovlivněno odrůdou chmele a složením pozitivních a negativních chemických složek silic.

Basařová [2010] uvádí také rozdělení chmelových silic na **uhlovodíkové frakce** (v čerstvém chmelu tvoří největší podíl, 70 – 80 %), **kyslíkaté frakce** (vznikají během zrání, zpracování a zpracování a tvoří přibližně 30 % z celkového množství silic) a **frakce sirných sloučenin** (v chmelových silicích je obsažena ve velmi malém množství, pouze okolo 0,1 %, a již ve velmi nízké koncentraci mohou negativně ovlivnit chuťové a vonné látky).

- **Polyfenoly** – stejně jako sladové polyfenoly mají polyfenolové látky chmele pozitivní i negativní význam v technologii a kvalitě piva. Mohou působit například jako antioxidanty, jež patří mezi přirozené a tím podporují oddálení tvorby nebiologických zákalů, stárnutí chuti stočeného piva, podílejí se na plnosti chuti piva a stejně jako dalším látkám chmele jim jsou připisovány příznivé zdravotní vlastnosti.

Polyfenoly svými redukčními schopnostmi chrání chmelové pryskyřice před oxidací a díky své reaktivitě podporují tvorbu lomu při chmelovaru. Hlavně v průběhu chlazení mladiny a kvašení, díky své reaktivitě, podporují tvorbu lomu při chmelovaru a hlavně čiření piva vylučováním kalů reakcemi s dusíkatými látkami intenzivněji, než polyfenoly sladové.

Polyfenolovým látkám se přisuzuje také příznivý vliv na charakter hořkosti piva, neoxidované polyfenoly s nižším stupněm kondenzace a vyšším počtem hydroxylových skupin mají příznivý vliv na redoxní vlastnosti mladiny a piva.



Obr. 3. Schéma dělení účinných chmelových látek.

[Volně podle Čepička, Kubiček, 2000]

• **Ostatní látky chmele:**

- sacharidy – obsahují 2 – 4 % monosacharidů, nepatrné množství di-, tri- a oligosacharidů a asi 1 – 2 % pektinových látek [Pfenninger et al., 1979]
- dusíkaté látky – 12 – 22 % závisí na odrůdě chmele, podmínkách vegetace a sklizně
- lipidy – nízká koncentrace, přibližně 3 %
- minerální látky – 7 – 10 % množství může kolísat v závislosti na podmínkách pěstování a použití ochranných prostředků
- některá barviva, nejvíce je zastoupen chlorofyl (0,01 – 0,02 % hmotnosti) a v stopovém množství i karotenoidy.

2.2.1 Úprava chmele

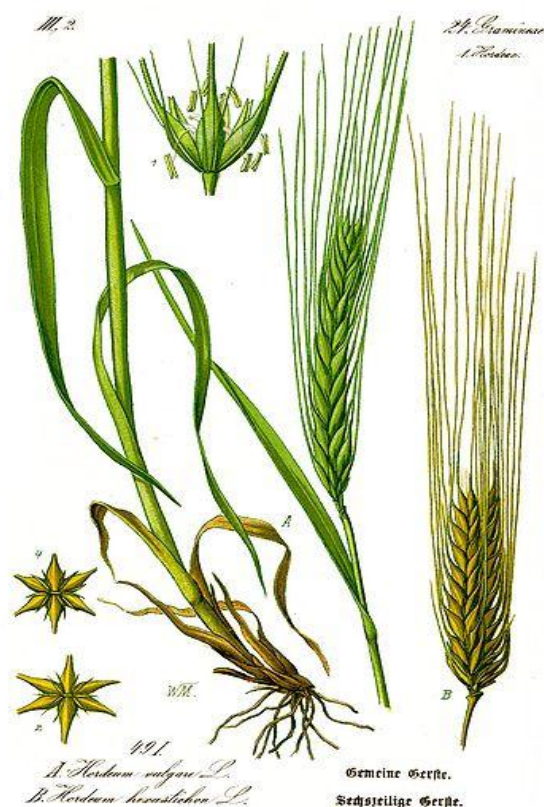
K tomu aby chmel jako surovina byl připraven v nejvyšší kvalitě a podle nejvyšších nároků spotřebitelů, je důležité splnění několika podmínek. Důležité je především sušení chmele a jeho dokonalé balení. To má v závěru totiž velký vliv na rychlost stárnutí chmele.

Při špatném sušení či nedokonalém balení chmel rychle stárne a dochází k oxidačním změnám především silic a pryskyřic. Chmel, který je oxidovaný, dává výsledně pivu nepříjemnou hořkost i vůni.

V sušení chmele v posledních letech došlo ke značnému technologickému vývoji. Místo přirozeného sušení na vzduchu se dnes k sušení používají komorové nebo pásové sušárny. Ke konzervaci chmele v posledních letech na přání zákazníka se využívá jen výjimečně síření [Kosař a Procházka, 2000]

2.3 Slad

Slad je název pro naklíčené a usušené obilné zrna. V dřívějších dobách se připravoval z různých obilovin. Dnes je jednou ze základních surovin pro výrobu sladu v tradičních pivovarských zemích **ječmen setý** (*Hordeum sativum*) (**Obr. 4.**), který je také jednou z nejstarších kulturních plodin. Hlavním důvodem jsou jeho dobré vlastnosti – dobrá klíčivost, snadná zpracovatelnost a vhodné chuťové vlastnosti. [Frkalová, 2007]



Obr. 4. Ječmen setý [www.wikipedia.org]

V pravěkém období se slad připravoval z ječmene šestiřadého a čtyřřadého, ve středověku nastoupila éra ječmene šestiřadého a dvouřadého až v novověku se hlavně v Evropě uplatnily k výrobě pivovarského sladu ječmeny dvouřadé nící, jež byly vystřídány ječmeny vzpřímenými a zřídka pěstovanými ječmeny pavími.

Sladovnický ječmen a jeho rozvoj pěstování nejen na našem území, ale i v řadě evropských a zámořských zemí se datuje již od jedenáctého století, kdy se ve značné míře pěstovala na moravské Hané. I přes to v Evropě i na našem území převládala téměř až do konce 18. století výroba sladů z pšenice seté. Z něj se vyráběla svrchně kvašené piva, která nazýváme bílá. Z ječného sladu se piva připravovala v menší míře, avšak patřila k nejkvalitnějším výrobkům té doby. Tato piva se vařila pouze v zimních měsících, což bylo pro jejich výrobu optimální období a byla zvana marcovní, neboli březňáky [Basařová, 2010].

Slad si původně vyráběl každá pivovar pro svou vlastní potřebu. Postupně, asi v polovině 19. století, zaznamenala výroba sladu velký modernizační pokrok, důvodem byl postupný nástup průmyslové výroby. Zakládaly se samostatné obchodní sladovny, které prodávaly slad nejen domácím pivovarům, ale takého vyvážely do téměř celého světa. To zapříčinilo v rámci pivovarského oboru vznik dalšího průmyslového odvětví – výroba sladu [Chodounský, 1891; Basařová a Hlaváček, 1999].

U sladovnického ječmene se především posuzují pěstitelské vlastnosti (výnos), odolnost, náročnost a zejména sladařské vlastnosti (chemické složení a vhodnost pro výrobu sladu). Z fyziologických znaků je důležitá klíčivost a klíčivá energie. Ty pak udávají procentový podíl zrn, která jsou schopna vyklíčit za stanovených podmínek během 3 – 5 dnů. Z mechanických znaků je nejdůležitější objemová hmotnost 1 hl, absolutní hmotnost 1000 zrn, odrůdová čistota a homogenita dodávaných partií. Důležitý je také co nejnižší podíl cizích a biologicky poškozených zrn, plesnivých, zrn se zahnědlými špičkami, či jinak poškozených a napadených zrn [Frkalová, 2007].

Frkalová [2007] dále uvádí několik kritérií, podle kterých je posuzována jakost sladu pomocí smyslových a mechanických zkoušek a chemických a fyzikálních a fyziologických metod. Ty se s rozvojem poznání významu jednotlivých složek extraktu sladu se stále zvyšuje počet kritérií, která jsou důležitá pro průběh výroby a kvalitu piva [Basařová, 2010].

„Slad používaný v pivovarnictví by měl mít několik požadovaných vlastností a to:

- Slad má být na omak suchý a bezprašný.
- Vůně sladu. Má být čistá, sladová, u tmavých sladů výraznější až aromatická.
- Barva pluch. Má být stejnoměrná, světle žlutá.
- Vzhled, tvar a velikost zrna. Dobře rozluštěné kypré sladové zrno zachovává tvar a velikost zrna zpracovávaného ječmene.
- Hektolitrová váha sladu. Dnes se pohybuje u světlých sladů 54 - 60 g/hl, u tmavých 52 - 55 kg/hl.
- Absolutní váha (váha 1000 zrn) sladu. Je ovlivňována rozluštěním sladů, vlhkostí sladů, tvarem a velikostí zrn. Absolutní váha světlých sladů se pohybuje v rozmezí 31 - 36 kg, tmavých sladů 28 - 32 g v sušině.
- Moučnatost, sklovitost a barva endospermu. Moučnatá a křehká zrna se snadno šrotují, při rmutování usnadňují činnost enzymů a extraktivní látky přecházejí rychleji do roztoku. Proto má být jejich podíl co nejvyšší – u světlých sladů asi 94 %, u tmavých přibližně 96 %. Podíl zcela sklovitých zrn nemá u světlých sladů přesáhnout 3 %. Barva endospermu světlých sladů má být na řezu bílá, bez zahnědlých zrn.
- Křehkost sladu.
- Zplesnivělá zrna. Ojedinelý výskyt není závadou jakosti. Závadou je plíseň vzniklá během skladování sladu. Podíl zplesnivělých a zpřerážených zrn nemá u světlých sladů přesahovat 0,5 %, u tmavých 0,8 %.
- Plevel a jiné nečistoty. Celkové množství nemá přesahovat 0,2 % hmotnosti.
- Vývin stříšky. Jeho stanovení umožní posoudit průběh klíčení a stejnoměrnost růstu. Průměrný vývin stříšky se udává v % délce zrna a pohybuje se u světlých sladů od 0,68 do 0,76, u tmavých od 0,76 do 0,85.
- Třídění sladu slouží k posouzení vyrovnanosti zrn.
- Chemický rozbor provedený konvenční metodou umožňuje, stanovení dalších znaků jakosti sladu.
- Vlhkost sladu (obsah vody). Obsah vody snižuje extraktivnost sladu a zvýšená vlhkost způsobuje potíže při skladování. Vlhkost skladovaného sladu nemá přesáhnout 6 %.
- Extraktivnost sladu. Vyjadřuje ji souhrn extraktivních látek, které při rmutování podle konvenční metody přešly do roztoku. Pohybuje se u světlých sladů 76 – 82 %

- v sušině, v některých ročnících překračuje až 83 %. Extraktivnost tmavých sladů je o 1 – 2 % nižší.
- Doba zcukření. Je závislá na rozluštění sladu a obsahu aktivních amyláz. Světlé slady zcukřují normálně za 10 – 15 minut. Tmavé nejpozději za 3 – 35 minut.
 - Doba stékání a čirost sladiny. Slady z dobře rozluštěných sladů stékají rychle, číře a jiskrně. Opalescence se objevuje u sladin na počátku kampaně a také u sladů z některých odrůd ječmene.
 - Diastatická (zcukřovací) mohutnost. Windischova - Kolbachova metoda stanovení a vyjadřuje se v gramech maltózy vzniklé působením amyláz ze 100 g sladu.
 - Kolbachovo a Hartogovo číslo. Kolbachovo číslo vyjadřuje procentuální poměr rozpustného dusíku ve sladině k celkovému obsahu dusíku ve sladu. Je ukazatelem stupně rozštěpení bílkovin.
 - Rozluštění sladu.
 - Dosažitelné prokvašení laboratorní sladiny. Jde v podstatě o stanovení prokvašení povařené laboratorní sladiny při 20 nebo 25 °C za stálého míchání.,,

2.3.1 Druhy sladů

Pro výrobu piva se převážně používají slady z jarních ječmenů. Jednotlivé druhy sladů se získávají úpravami technologie máčení a klíčení ječmene a různí se dle jejich typických vlastností. V průběhu technologie úpravy lze regulovat biosyntézu a aktivitu sladových enzymů, které působí na určité složky extraktu. Především míru degradace vysokomolekulárních látek, redoxní potenciál, aciditu sladu. Dalšími úpravami v postupu hvozdní sladu lze regulovat míru tvorby barevných a aromatických sloučenin.

Proto, aby bylo pivo vysoké kvality, je z technologického hlediska důležité používat partie sladu připravené z jedné odrůdy ječmene, nebo pouze ze dvou odrůd, které musí být geneticky podobné. Vlastnosti jednotlivých odrůd ječmene totiž výrazně ovlivňují kvalitu sladu a následně z něj vyrobené pivo, čímž pak jednotlivé značky piva získávají své charakteristické vlastnosti.

Na světě je pěstováno velké množství odrůd jarního a ozimého sladovnického ječmene. Především se z něho pak vyrábějí:

- **světlé slady plzeňského typu** pro piva světlá,
- **tmavé slady mnichovského typu** pro piva tmavá.

1.1.1.1 Světlé slady plzeňského typu

Tento typ sladu (**Obr. 5.**) se používá pro výrobu světlých piv typu ležáků, konzumních piv a speciálních piv s různou koncentrací původní mladiny. Typickými znaky tohoto sladu jsou nízká hodnota barvy kongresní sladiny a barvy po povaření [Basařová et al., 1992, 1993].

„Tato kritéria jsou ovlivněna přiměřeným proteolytickým rozluštěním, teplotami dotahování při hvozdění okolo 80 – 85 °C a s tím související optimální tvorbou barevných a aromatických látek“ [Basařová, 2010]. Světlé slady vykazují dostatečnou enzymovou amylolytickou aktivitu, což je důležité pro rychlé zajištění dokonalého zcukření rmutů ve varném procesu a také cytolýtickou aktivitu, která způsobuje pokračování degradace neškrobových viskózních polysacharidů, jež docílíme při sladování.

Oproti tomu **Vídeňský slad** má asi dvakrát tak vyšší hodnoty barvy, než slad světlý plzeňský a je tak jakýmsi přechodným typem mezi slady světlými a tmavými. Často byl používán z důvodu zvýšení sytosti barvy světlého piva, v současnosti je však užíván minimálně, většinou jen pro výrobu některých speciálních piv.

1.1.1.2 Tmavé slady mnichovského typu

Tyto typy sladu (**Obr. 5.**), které jsou také často uváděny jako bavorské slady, se používají pro výrobu tmavých piv. Mají především vysoké hodnoty barvy kongresní sladiny (11,0 – 17,3 jednotek EBC) a také vyšší obsah bílkovin, výrazné aroma, nižší extraktivnost, nižší aktivity sladových enzymů. Především mají širší spektrum a vyšší koncentrace produktů Maillardovy reakce, zejména heterocyklických sloučenin. Ty jsou výsledkem intenzivnějšího rozluštění během klíčení a vyššího teplotního zatížení při hvozdění s dotahovacími teplotami 100 – 105 °C [Basařová, 2010].



Český slad



Slad mnichovský

Obr. 5. Zrna různých druhů sladů [Archiv sladoven Soufflet a.s., Prostějov]

1.1.1.3 Pšeničný slad

Tyto slady (**Obr. 6.**) se používají pro výrobu piv pšeničných typu Lambic apod. a vyrábějí se podobně jako slady z ječmene, avšak mají kratší dobu klíčení a suší se při nižších teplotách. V některých zemích, např. Německu či Belgii je výroba založena převážně na použití tohoto sladu, který zajišťuje určité variace chuťových vjemů a obecně podporuje pěnivost, proto se může malý přídavek z tohoto důvodu využít i u piv z ječného sladu, které mají špatnou stabilitu pěny [Basařová, 2010].



*Obr. 6. Slad pšeničný pivovarský
[Archiv sladoven Soufflet a.s., Prostějov]*

1.1.1.4 Speciální slady

Speciální slady (**Obr. 7.**) jsou využívány k výrobě piv tmavých a speciálních, jako náhražky sladu a k úpravě určitých kritérií sladiny z běžných sladů. Od běžných světlých a tmavých sladů se liší např. enzymovými aktivitami, redoxní kapacitou, kyselostí, barvou aj. Přidáním speciálních sladů k běžným se docílí např. úpravy barvy, chuti, pěnivosti a zvýší se odolnost k předčasné tvorbě koloidních zákalů.

Mezi speciální slady patří např.:

- Karamelové slady
- Barvicí slady
- Diastatické slady, aj.



Slad karamelový



Slad barevný



Slad diastatický

Obr. 7. Speciální slady [Archiv sladoven Soufflet a.s., Prostějov]

1.1.1.5 Náhražky sladu

Jsou používány většinou z ekonomických důvodů pro snížení nákladů na sypání sladu, v dobách a místech s nedostatkem sladu pro výrobu piva, jako tradiční surovina pro výrobu sladu v některých zemích, nebo v období nedostatku potravin způsobeného např. v období hospodářských krizí a válek.

K nejrozšířenějším náhražkám sladu patří:

a) Škrobnaté náhražky

- Nesladované obiloviny – ječmen, kukuřice, rýže, pšenice, čirok, oves aj. (**Obr. 8.**).
- Škrobnaté výluhy, sirupy a koncentráty – obilné škroby, bramborový škrob.
- Speciální sladové náhražky – naklíčený ječmen, zelený slad.

b) Cukernaté náhražky

- Krystalový cukr, surový cukr, invertní cukr, škrobový cukr.



Obr. 8. Nejrozšířenější náhražky sladu [Basařová, 2010]

3 PIVOVARSKÉ KVASINKY

Kvasinky jsou jako ženy, ač stejného rodu, každá (resp. každý kvasinkový kmen) je osobnost, která má nejen více či méně odlišné genetické vlastnosti, ale i schopnost různě citlivě je měnit podle podmínek prostředí (teploty, koncentrace mladiny apod.).

3.1 Taxonomie

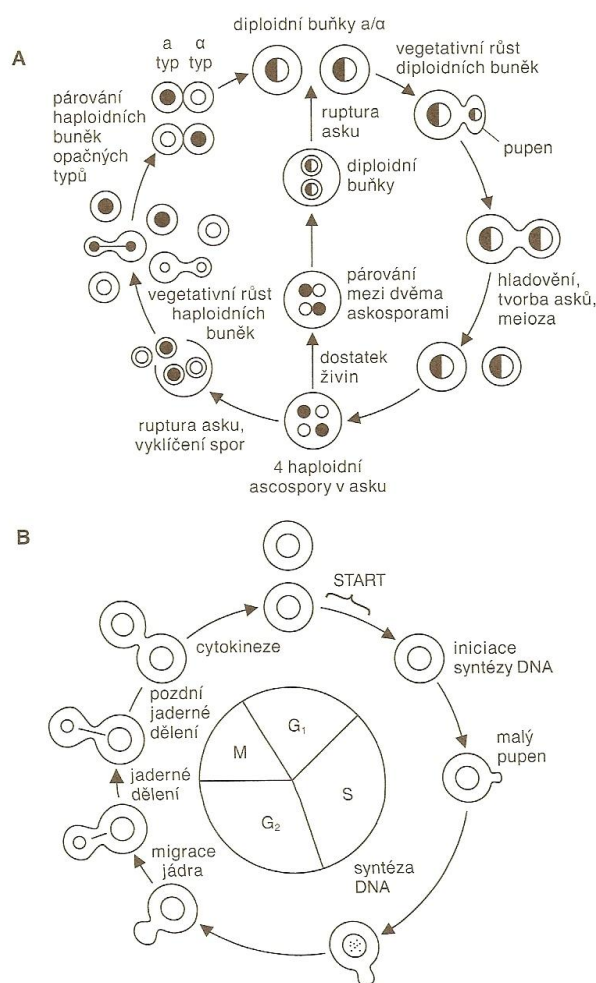
Kvasinky jsou jednobuněčné mikroorganismy. Jejich taxonomické zařazení je:

- nadříše *Eukaryota*
- říše *Fungi* (houby)
- třída *Ascomycetes*
- čeleď *Saccharomycetaceae*
- podčeleď *Saccharomycoideae*

Podle oficiální taxonomie nejsou dále jednoznačně odlišovány kvasinky pivovarské od divokých. Proto existuje několik používaných taxonomických variant. Nejvhodnější označení pro druh spodních pivovarských kvasinek je *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum carlsbergensis* a pro svrchní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *cerevisiae*.

Rozmnožování kvasinek

Kvasinky se rozmnožují vegetativně – pučením (**Obr. 9.**), a za nepříznivých podmínek pohlavně – sporulací. Počet pučení jedné mateřské buňky dosahuje průměrně přibližně 20 cyklů a může být kontrolován mikroskopicky, protože po každém pučení zůstává na povrchu buňky jizva, přes kterou již neprobíhá transport živin a metabolitů.



Obr. 9. Životní (A) a buněčné (B) cyklus kvasinek
[Slaninová a Svoboda, 1996]

3.2 Metabolismus

Metabolismus kvasinek – látková výměna – je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek souvisí s mnoha dalšími složkami mladiny a vzniká při tom široké spektrum vedlejších produktů, které ovlivňují charakter hotového piva. **Metabolismus kvasinek je ovlivňován složením mladiny, vlastnostmi kvasnic a podmínkami procesu.**

Pro metabolismus kvasinek je kromě sacharidů významná celá řada dalších **zdrojů živiny**. Jedná se o aminokyseliny, peptidy, lipidy, vitamíny, růstové faktory, ionty Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , aj.

Metabolismus kvasinek může být **inhibován**:

- Přítomností iontů NO_2^- , které vznikají z NO_3^- působením kontaminujících bakterií s nitrátreduktasovou aktivitou.
- Inhibiční účinky alkoholu se projeví při koncentraci nad 6 %.
- Negativní vliv vysokého osmotického tlaku se začíná projevovat při koncentraci mladiny nad 20 % hm.
- Pravděpodobnost inhibičního působení iontů těžkých kovů je poměrně malá.
- Inhibiční účinky některých chemikálií používaných při mytí a dezinfekci se mohou projevit při jejich nedostatečném odstranění.

Za nepříznivých podmínek, zejména při dokvašování piva nebo skladování kvasnic, může docházet k **autolýze** kvasnic. Při tomto procesu kvasničné enzymy rozpouštějí uhlovodíky a dusíkaté látky buňky. Důsledkem je nárůst obsahu α -aminodusíku, pH (intracelulární pH buňky je cca 6,0), vznik kvasničné vůně a chuti piva. Nárůst pH může být poměrně nízký – stačí zvýšení o 0,05, ale chuťové změny jsou velmi výrazné.

3.3 Kvasinky spodního a vrchního kvašení

Historie pivovarské výroby byla až do vynálezu chlazení v polovině 19. Století výhradně spojena s kvasinkami svrchního kvašení. V současnosti jsou používány oba základní druhy a poskytují odlišné typy pív. **Svrchní** kvasinky slouží hlavně pro výrobu piva typů „ale“, „porter“, „stout“ a **spodní** pro piva plzeňského typu. Pro výrobu českých tradičních pív používáme hlavně kvasinky spodního kvašení.

Druhy pivovarských kvasinek spodního a svrchního kvašení se liší některými základními parametry:

- Spodní kvasinky úplně zkvašují **rafinosu** (svrchní pouze přibližně z jedné třetiny).
- Tento trisacharid je pomocí enzymu melibiasy štěpen na monosacharidy fruktosu a melibiosu.

- Rozdílné složení buněčných stěn – kvasinky spodního kvašení na konci kvašení sedimentují na dně kvasných nádob, kdežto kvasinky svrchního kvašení jsou bublinkami CO₂ vynášeny na povrch kvasící mladiny.
- Kvasinky svrchního kvašení mají vyšší tepelnou odolnost (vyšší maximální teplota růstu).
- Rozdílné složení genetického materiálu.
- Rozdílné technologicky významné vlastnosti – tvorba sensoricky významných látek.
- Kvasinky spodního kvašení mají nižší schopnost sporulace.

3.4 Kontrola vlastností pivovarských kvasnic

Prvním nutným krokem k dosažení požadované kvality piva a zabezpečení optimálního průběhu výroby podle technologického postupu kvašení a dokvašení je výběr vhodného kmene kvasnic. Při ověřování nového kmene kvasnic v provozních podmínkách je vždy potřeba několikanásobného nasazení, aby proběhla úplná adaptace na podmínky pivovaru – složení mladiny a technické i technologické podmínky. Metody používané pro **kontrolu vlastností kvasnic**:

- **Viabilita**, tj. reprodukční vlastnost kvasnic.
- **Vitalita**, tj. fyziologický stav kvasnic.

Ke kontrole se využívají následující postupy dle Kosaře a Procházky [2000]:

- Mikroskopické metody kontrolující počet mrtvých buněk (barvením), tvar a velikost vakuol.
- Metabolické testy, jako např. tvorba CO₂, spotřeba O₂, acidifikační test (reakce pro rozmíchání v glukosovém roztoku) apod.
- Zjišťování složení buněk – obsah zásobních polysacharidů, ATP, NADH, intracelulární pH, pH biomasy, uvolňování enzymů (proteasy, esterasy), obsah lipidů, sterolů a nenasycených mastných kyselin.

Technologické vlastnosti

Při určování technologických vlastností se využívají:

- Modelové kvasné zkoušky kontrolující rychlost kvašení, sedimentaci, pomnožování, sensorický profil piva.
- Statická kontrola výrobního procesu.
- Vhodný výběr metod pro kontrolu vlastností kvasnic je nutno doplnit kontrolu kvality mladiny a sledováním **kontaminace**.

3.5 Propagace

Zdroj kvasinek

Zdrojem kvasinek pro přípravu nové kultury může být provozní kvasící mladina, nejlépe ve stádiu bílých kroužků ve druhém nebo třetím nasazení. Jinou možností je banka kvasničných kmenů. V ČR je národní sbírka vedena ve VÚPS Praha. Kvasinky jsou v těchto sbírkách typizovány – třídění podle technologicky významných vlastností. Sbírký kvasinek obsahují většinou kmeny získané z pivovarských provozů. V některých případech jsou nové kmény uměle připravovány pro zlepšení stávajících nebo získání nových vlastností.

3.5.1 Laboratorní propagace

První část přípravy čisté kultury – **laboratorní propagace** – probíhá v laboratoři. Práce začíná izolací jedné kvasničné buňky. Buňka je zočkována do sladiny. Může být také zočkována na pevnou živou půdu, kde vytvoří kolonii, která je přenesena do sladiny. Objem sladiny je obvykle 5 ml. Ve stadiu intenzivního kvašení (většinou třetí den, odpovídá tzv. stadiu bílých kroužků) se kvasícím médiem zakvašuje desetinásobný objem sladiny. Někdy se místo kroužků používá k zakvašení sediment kvasnic z předchozího kroku po ukončení kvašení. Tyto kroky se opakují, až je v laboratorních podmínkách získán potřebný objem kroužků pro další krok – provozní propagaci.

3.5.2 Provozní propagace

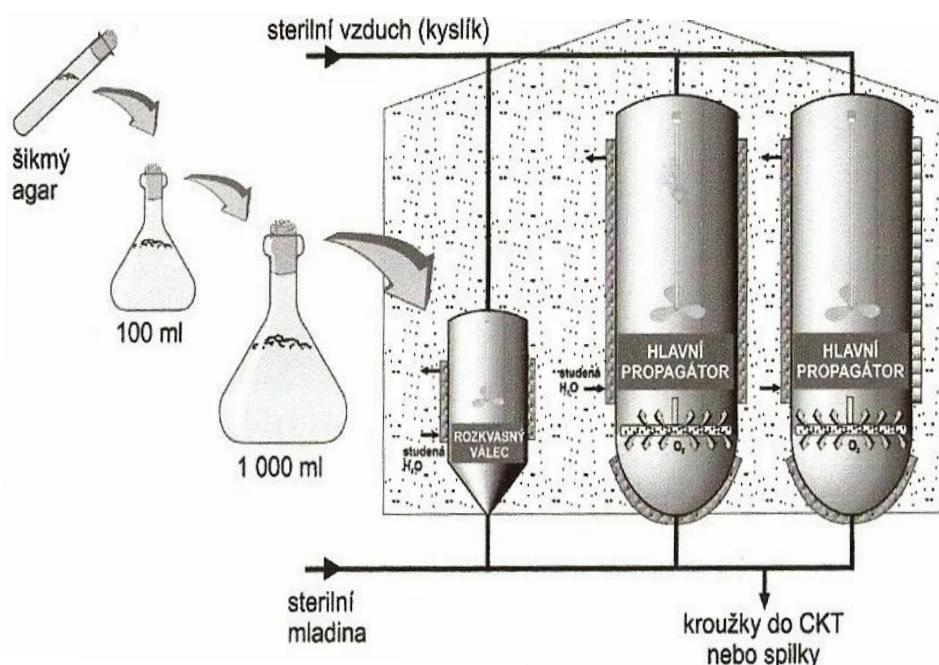
Cílem provozní propagace je za aseptických podmínek pomnožit laboratorní kulturu tak, aby získaný objem kroužků postačoval k zakvašení provozní výrobní šarže.

Celý proces probíhá v tzv. propagační stanici v nerezových uzavřených nádobách – **propagátorech**, které jsou vybaveny duplikátorovým chlazením, přívodem sterilního vzduchu nebo kyslíku, teplotními čidly a vzorkovacím zařízením. Veškeré zařízení včetně potrubí musí být důkladně čištěné s možností dezinfekce propařováním. Počet nádob v propagační stanici se obvykle pohybuje od jedné do pěti, což je dáno použitou technologií a požadovanými objemy.

Kvasnice se propagují v provozní mladině, která musí být nejprve sterilizována 30 minut při 100 °C. Maximální teploty kvašení jsou voleny o několik stupňů nad provozními teplotami (běžně 14 – 16 °C).

Přípravu čisté pivovarské kultury zavedl do praxe E. Ch. Hansen, který vyvinul metodu **izolace jediné buňky a propagace kvasnic** na konci 19. století.

Schematické znázornění propagace je na obrázku (**obr. 10.**).



Obr. 10. Schematické znázornění propagace [Kosař a Procházka, 2000]

3.5.3 Rozeznáváme dvě základní varianty provozní propagace:

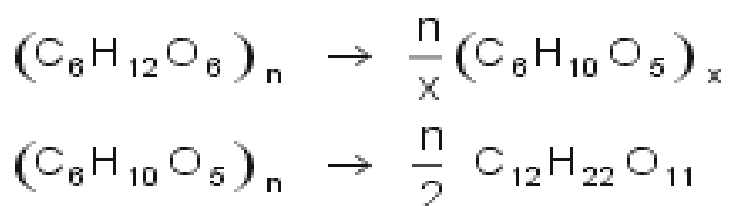
- klasická propagace
- aerobní propagace

Klasická propagace využívá běžné postupy jako v provozních podmínkách. Sterilizátor je často koncipován jako separátní zařízení. Teplota kvašení kolísá mezi 12 - 16 °C. Laboratorní kultura může být pomnožena v menší nádobě nebo v hlavních propagátoru. V propagátorech probíhá pomnožení v několika krocích až na požadovaný objem. Doplnění a provzdušňování se provádí v logaritmické fázi růstu podle teploty kvašení za 24 - 48 hodin. Zakvašovací poměr je v obvykle 1:4 až 1:10. Stejný poměr je používán při zakvašování provozních šarží. Počet buněk v mladině zakvašené kroužky může být nižší než při zakvašování kvasnicemi ($6 \cdot 10^6$ buněk. ml⁻¹). Po přečerpání do provozu se v propagátoru (propagátorech) může nechat 10 - 20 % kroužků, které se doplní sterilní mladinou. Tento cyklus se může opakovat řadu měsíců. V daném období není třeba provádět laboratorní propagaci.

Aerobní propagace s taktovaným nebo kontinuálním vzdušněním umožňuje velmi intenzivní růst biomasy. Použití vzduchu je méně efektivní vzhledem k obsahu kyslíku a nebezpečí tvorby pěny. Často se používá čistý kyslík. Při tomto postupu lze zvýšit koncentraci rozpuštěného kyslíku z rozmezí 7 - 8 mg.l⁻¹ na 30 mg.l⁻¹. Dávkování kyslíku je musí optimalizovat, protože při vyšších koncentracích se mohou projevit inhibiční účinky kyslíku a tím se může zpomalit nárůst biomasy. Následně mezi 36 - 48 hodinách při 18 °C lze použít získané kroužky k zakvašení provozní mladiny v poměru až 1:20. Systém s jednou nádobou v propagační stanici vyžaduje úplné vyprázdnění. Po sanitaci se nádoba plní mladinou, sterilizuje se, chladí a zakvašuje opět laboratorní kulturou. Tento systém minimalizuje nebezpečí degenerace kvasnic. Oddělená sterilizace mladiny umožňuje doplnit v propagátoru zbytek kroužků sterilní mladinou a opakovat propagaci. Nevýhodou je za aerobních podmínek, ve kterých jsou kvasnice vystaveny změněným (anaerobním) podmínkám, na které nejsou adaptovány.

4 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

Před technologií výroby piva předchází výroba sladu. Při procesu sladování se vyrobí řízeným procesem klíčení, hvozdění z ječmene slad, tak aby obsahoval potřebné enzymy a aromatické i barevné látky, které jsou nezbytné pro výrobu určeného druhu piva. Enzymy, které nám při sladování probíhají při výrobě mladiny, využíváme na rozštěpení složitých cukrů (škrob) na jednoduché cukry (maltóza), které nám následně za pomoci pivovarských kvasnic vytváří alkohol a CO₂ (**Obr. 11.**).



Obr. 11. Chemická reakce štěpení škrobu na níže molekulární cukry, zejména glukosu, maltosu a dextriny.

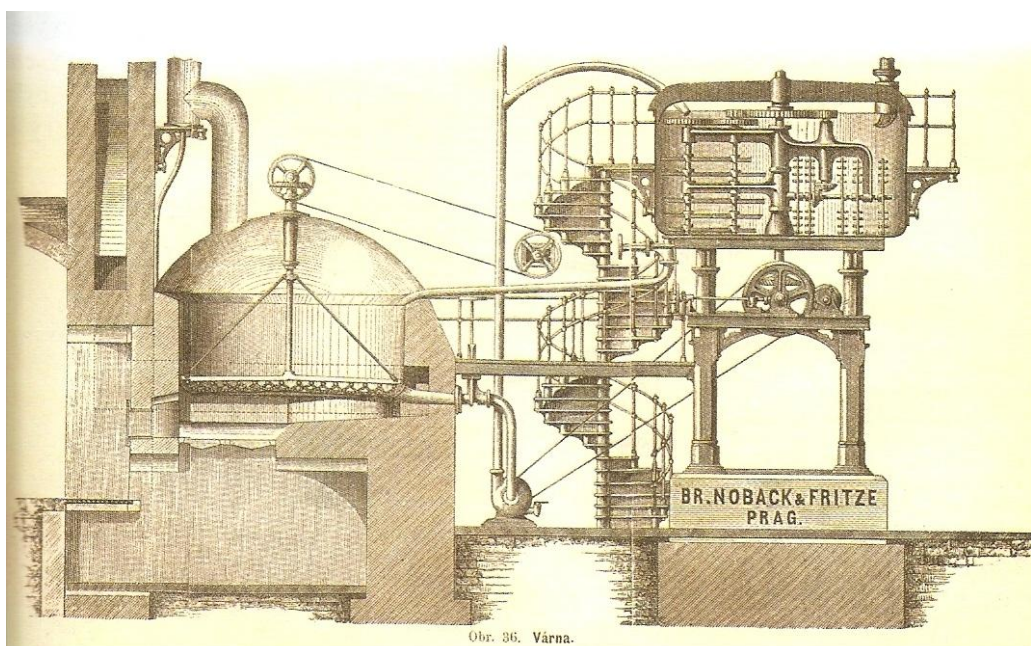
Principem sladování, jak uvádí Frkalová [2007] je vytvoření optimálních podmínek pro klíčení ječmene. Při něm dochází v zrně k aktivaci a tvorbě technologicky důležitých enzymů, především cytolytických, amylolytických a proteolytických, velmi důležité zamezit ztrátám při potlačení růstu. Ve výsledku nám vzniká zelený slad, a ten se následně upravuje hvozděním. Při hvozdění se zvýšenou teplotou vyvolávají chemické reakce pro tvorbu aromatických a barevných látek, které se výsledně přemění v hotový slad.

Výroba piva se dělí do několika výrobně - technologických úseků, které zahrnují množství složitých mechanických, biochemických a fyzikálně-chemických procesů, jako jsou výroba mladiny, hlavní kvašení, dokvašování a zrání piva. V závěru před stáčením piva do transportních nádob (lahví a sudů) se musí filtrovat, případně pasterovat a stabilizovat.

4.1 Výroba mladiny

V dřívějších dobách, kdy se vařilo pivo v každé domácnosti, se slad připravoval převážně pšeničný – namačkával se tlučením ve hmoždířích. Později, v době řemeslné výroby se až do přelomu 18. – 19. stol. vozil slad do mlýnů na mouku, kde ho pomleli na mlýnských kamenech. V té době už sládkové velmi dobře věděli, že je třeba zachovávat obalové části zrna (pluchy) nenarušené. Bylo to z důvodu, aby se dala dobře oddělit sladina od zbytku sladu (mláta). Před odvozem do mlýna se slad vlhčil, čímž se zajistila elasticita pluch.

S rozvojem techniky v průběhu 19. stol. se začaly používat jednoduché varní soupravy se dvěma kovovými nádobami (**Obr. 12.**), v polovině 20. stol. se čtyřmi nádobami a později kvůli dalšímu zvýšení kapacity varen soupravy s pěti až osmi nádobami [Basařová, 2010].



Obr. 12. Dvounádobová varna z konce 19. století [Chodounský, 1986]

Od sladiny se mláto dříve oddělovalo cezením, přes slaměný věchet, v 18. stol. jednoduchým dřevěným zařízením s kovovou perforovanou vložkou a na přelomu století se začaly ve varnách užívat jednoduché scezovací kádě a filtry. Proces scezování se začal automatizovat až po druhé světové válce a dnes už je to plně automatizovaný provoz, řízený výpočetní technikou.

Chlazení mladiny se s počátku provádělo primitivním způsobem (horká mladina se nalila, do dřevěných mělkých nádob ochlazený roztok se nad usazeným kalem slil).

V 19. stol. byl tento princip nahrazen dvoustupňovým postupem na otevřených zařízeních (v první fázi se mladina ochladila na mělkých železných vanách tzv. stoky, spodní vrstva s kaly se zfiltrovala na kalolisu a následně se dochladila).

Výroba mladiny je z následujících technologických úseků: šrotování sladu, vystírání sladového šrotu do vody, rmutování, scezování sladiny a vyslazování sladového mláta, chmelovar a chlazení mladiny, popsáno v **tabulce 1.**, kde je sled výrobních operací při výrobě mladiny. Ve sladu a sladových náhražkách jsou obsažené látky, především škrob. Ten je nutné převést do roztoku, aby je sladové enzymy mohly přeměnit ve směs níže molekulárních sacharidů, které později kvasinky zkvasí na etanol a oxid uhličitý. Slad se nejprve rozšrotuje, poté se smísí s vodou při vystírání a následuje rmutování. Při rmutování dochází k mnoha enzymovým reakcím, včetně zcukření škrobu. Většina těchto pochodů probíhá při zvýšených teplotách, optimálních pro činnost enzymů, které způsobují rozštěpení a převedení optimálního podílu extraktu surovin do roztoku, aby se vytvořily podmínky pro výrobu piva žádaného typu. Rozhodující je činnost amylolytických, kyselinotvorných a proteolytických enzymů. Část extraktu surovin přechází do roztoku již při vystírání, hlavní podíl se však získá až při rmutování, kdy se vystírka vyhřívá postupně na teploty optimální pro činnost jednotlivých skupin enzymů [Basařová, 2010].

Tab. 1. Sled Výrobních operací při výrobě mladiny [Kosař a Procházka, 2000]

Název operace	Popis činnosti	Technologické zařízení	Získaný produkt
šrotování	rozdrcení sladu	Šrotovník	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 sladínový filtr	předek
vyslazování	vylouhování mláta horkou vodou	scezovací kád' nebo sladínový 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

Nejdůležitější chemickou reakcí při rmutování je štěpení škrobu na níže molekulární cukry, zejména maltosu, glukosu a dextriny. Štěpení má tři fáze – bobtnání a zmazování škrobu, ztekutění škrobu a zcukření škrobu.

Vedle štěpení škrobu je při rmutování důležité i štěpení vysokomolekulárních bílkovin. Bílkoviny jsou důležité pro pěnovost piva, plnost chuti a jejich štěpné produkty aminokyseliny jsou důležité pro kvašení. Vysoký obsah bílkovin by však způsoboval nízkou stabilitu a trvanlivost piva. Štěpení bílkovin způsobené proteolytickými enzymy probíhá intenzivně při teplotách kolem 50 °C (peptonizační teplota).

Kyselinotvorné enzymy způsobují štěpení organických sloučenin fosforu za uvolňování kyseliny fosforečné, která spolu s aminokyselinami vzniklé štěpení bílkovin snižuje pH a vytváří tak potřebnou kyselou reakci rmutů, která je potřebná pro činnost ostatních enzymů [Basařová, 2010].

4.1.1 Šrotování

Hrubé mletí či šrotování sladu se provádí těsně před jeho použitím. Tato operace je nutná, aby bylo možné získat extrakt (výluh) sladu. Jde o mechanické drcení sladového zrna s cílem dokonalého vymletí endospermu na vhodný poměr jemných a hrubších částí při zachování celistvých pluch. Které slouží v pozdější fázi výroby jako filtrační materiál při scezování. Rosení vodou nebo napařování sladu před šrotování způsobuje, že pluchy zvláční a nepoškodí se. Je to důležité především při filtraci, ale také pro chuť piva (uvolní se méně hořkých tříslovin, dodávajících pivu drsnější chuť). Jemnost šrotování ovlivňuje činnost enzymů. Čím je jemnější šrot, tím je lepší přístup enzymů k jednotlivým částem sladu. Ale na druhé straně, příliš jemný šrot způsobuje ucpání filtračních kanálek ve vrstvě mláta a způsobuje potíže při scezování.

Pokud je nutno připustit zpracování hrubšího šrotu, pak můžeme chybějící mechanický účinek šrotování částečně nahradit intenzivním rmutováním s delším povařením rmutu.

Zařízení šrotovny

Slad z pūd nebo ze sil se dopravuje přes čističku sladu, odkaménkovač, magnet a automatickou váhu do šrotovníku. Sladový šrot jde dále do zásobníku šrotu. Před šrotovník je případně zařazen kondicionovací šnek. Z veškerého zařízení včetně dopravních cest se od-sává prach. Šrotovací linka je ovládána z varny. Může být úplně automatizovaná a mohou

být tak veškeré operace řízeny přes počítač včetně výběru sil a podílu jednotlivých sladů. Slad se uskládá v ocelových nebo železobetonových silech.

4.1.2 Vystírání

Cílem vystírání je smíchání sladového šrotu s vodou. Množství použitého sladu na jednu várku se nazývá sypání. Sypáním se označuje rozpis surovin, které dávají do várky extrakt, a určují tak její objem a koncentraci.

Objem vody použité k vystírce se nazývá nálev a určuje se podle sypání a typu piva. U dobře rozluštěných sladů se vystírá při teplotě 35 – 38 °C. Někdy provádíme vyhřátí části vystírací vody k varu po skončení vystíráním, což nazýváme zápařka, se při čerpání této horké vody zvýší teplota vystírky na peptonizační teplotu.

4.1.3 Rmutování

Cílem rmutování je převedení žádoucích složek extraktu varných surovin do roztoku. Dosahuje se toho postupným vyhříváním části vystírky, postupně na jednotlivé rmutovací teploty, optimální pro činnost různých skupin enzymů, až se dosáhne dokonalého zcukření škrobu. Na obrázku (**Obr. 13.**) můžeme vidět příklady rmutovacích postupů v závislosti na teplotě a času. Škrob je složitý polysacharid, jeho základní stavební jednotkou je molekula glukosy. Podle původu obsahuje 20 - 25 % amylosy a 75 - 80 % amylopektinu. Při rmutování je štěpen sladovými amylasami.

Rozlišujeme rmutování na tři postupy a to na **jednormutové**, **dvourmutové** a **třírmutové**. Objem dílčích rmutů se dává takový, aby po přečerpání k zbytku vystírky stoupla teplota na požadovanou teplotu. Podle způsobu zvýšených teplot při rmutování rozlišujeme **infuzní** a **dekokční** postup rmutování. Infuzní je nejjednodušší postup, považujeme se dosahuje světlejší barvy a méně výrazné chuti pív, používá se jediná ohřívací rmutovací nádoba, kde jsou nižší investiční náklady. Dekokčním postupem po vystření se oddělí část objemu vystírky – rmut, který se samostatně zpracuje a před vrácením do vystírací pánve povaří. Objem spouštěného rmutu musí odpovídat požadovanému zvýšení teploty ve vystírací pánvi po vrácení. Základním požadavkem všech rmutovacích postupů je převést do roztoku veškerý škrob i vhodný podíl bílkovin a dalších látek [Basařová, 2010].

Naše české pivovary používají převážně dvourmutové postupy, výjimečně třířmutový nebo jednormutový postup. Zvláštní postup vyžaduje zpracování škrobnatých náhražek např. rýže (z ekonomického důvodu) [Frkalová, 2007].

Jednormutový postup – Z hlediska délky a chemickému účinku se infuznímu postupu nejvíce přibližuje jednormutový postup. Oba se s výhodou používají u dobře rozluštěných sladů. Vystírka se provádí při teplotě 50 °C, následuje 15 min. odpočinek, ohřev párou nebo zapaření horkou vodou na 62 °C, následně znovu odpočinek 15 min. a odběr hustého rmutu. Ten se následně zákří při vyšší cukrotvorné teplotě, ohřeje k varu, a povaří 15 min. Po jeho vrácení, vystoupí teplota na 72 °C, při téhle teplotě se nechá prodleva 20 min., po které se dílo dohřeje párou na odřmutovací teplotu 76 °C. Celková doba daného postupu je cca 160 minut [Kosař a Procházka, 2000].

Dvourmutovací postup – **Klasický dvourmutovací postup je vhodný pro výrobu světlých piv plzeňského typu při zpracování středně rozluštěných sladů.** Vystírá se dvěma způsoby a to do vody o teplotě 37 °C s následující zapáčkou na 52 °C, nebo přímo při této teplotě.

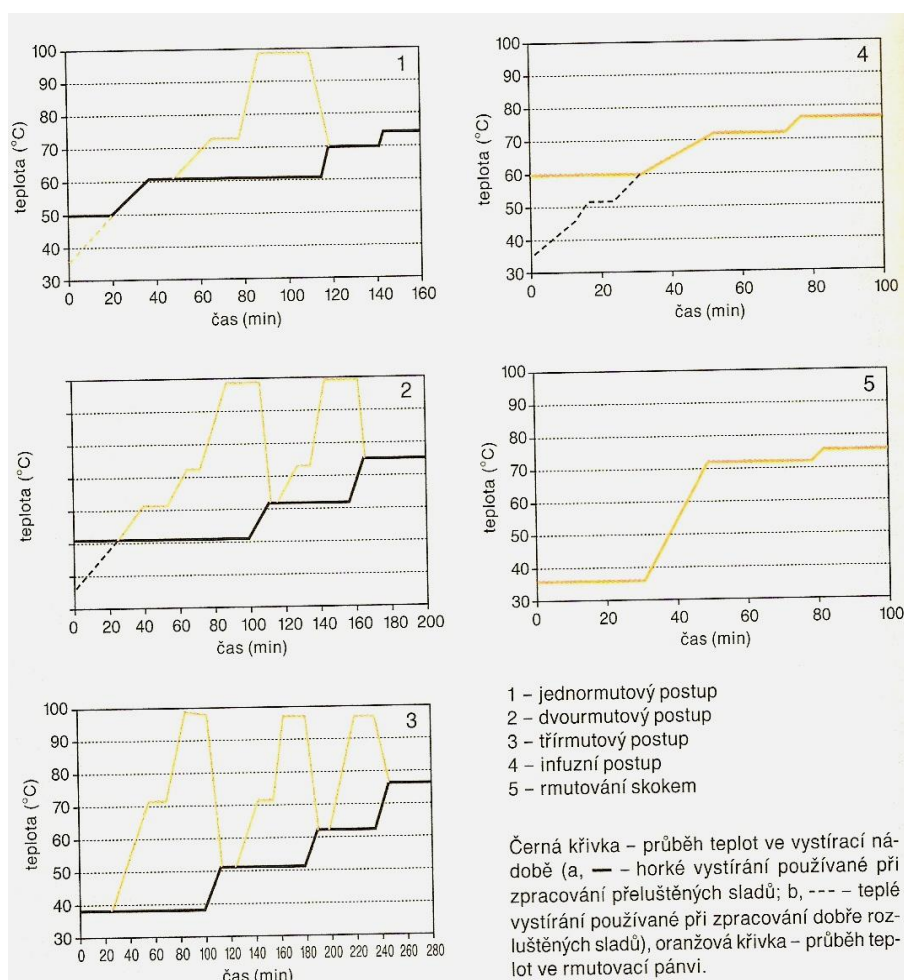
První hustý rmut se spouští do rmutovací pánve a ohřívá s gradientem 1 °C za minutu na teplotu 63 °C, dle enzymatické aktivity sladu je 10 – 20 minutová prodleva. Následně se rmut zvolna vyhřeje (gradient 0,7 °C za min.) na teplotu 72 – 74 °C, dokonalé zcukření proběhne během 5 – 10 min. Po zcukření se rmut co nejrychleji (gradient 1,5 °C za min.) uvede do varu a vaří 15 – 20 min. Pomalým vrácením povařeného rmutu do vystírací pánve při rychlém chodu míchadla se dosáhne v celém objemu díla nižší cukrotvorné teploty 62 – 64 °C.

Druhý, hustý rmut se zcukří při teplotě 72 – 74 °C a povaří na 15 min. Po jeho vrácení, docílíme od rmutovací teploty 75 – 78 °C. Pro podporu pěnivosti snížíme objem druhého rmutu tak, aby po jeho vrácení teplota vzrostla pouze na 70 – 71 °C, při které je prodleva 20 – 30 min. Následně se parním ohřevem dílo dohřeje na odřmutovací teplotu.

Pro zachování pěnivosti a plnosti chuti piva při zpracování je dobré zvolit jednormutový postup nebo zkrácený dvourmutové postup, při kterém se vystírá při 60 – 62 °C, a dvěma malými, hustými, krátce povařenými rmuty se teplota zvýší na 70 – 71 °C a dále na 75 – 78 °C. Podmínkou daného postupu je vhodné umístění topných zón rmutovací pánve. Dvourmutový varní postup trvá 3 - 3,5 hodiny, podle zvolené vystírací teploty [Kosař a Procházka, 2000].

Třířmutový postup - Je klasickým postupem dekokčního rmutování. Jde o pozvolné zvyšování teplot a délce rmutování, proto je možno s dobrým výsledkem zpracovat i hrubý šrot a hůře rozluštěné slady. Nevýhodou třířmutových postupů je zdlouhavost a vysoká energetická náročnost. Používá se jen zřídka a to spíše u tmavých speciálních piv, kde je vyžadována výraznější sladová chuť.

Vystírá se při 37 °C, odtahuje se první hustý rmut. Po vrácení rmutu vzroste teplota díla na 50 – 53 °C. U druhého hustého rmutu stoupne teplota po vrácení na 62 – 65 °C. Třetí rmut je již řídký, tzv. *jalový* k nízkému podílu nezucukřenému škrobu se může v pánvi zahřívat rychleji a jen krátce (cca 10 min.) povařit. Po přečerpání do vystírací pánve se dosahuje odřmutovací teploty 75 – 78 °C.



Obr. 13. Příklady rmutovacích postupů [Basařová, 2010]

Vliv podmínek při rmutování na štěpení škrobu [Kosař a Procházka, 2000]:

- Dosažení optimálního zastoupení cukrů a dextrinů v extraktu sladiny
- Dosažitelný stupeň prokvašení odpovídá vyráběnému typu piva
- Jodová reakce na škrob byla negativní

Pro štěpení dusíkatých látek je významné teplotní rozmezí 40 – 60 °C, dosažení teplotního maxima je okolo 50 °C. S rostoucí teplotou proteolýza klesá, ale zastavuje se při teplotách blízcích se 80 °C. Vysokomolekulární dusíkaté látky zvyšují pěnivost a plnost chuti, zlepšují také vazbu oxidu uhličitého, ale současně zhoršují koloidní trvanlivost piva.

U nedostatečně rozluštěných sladů je vhodné vystírat při teplotě 37 °C. Vystírací teplotu od 55 – 62 °C volíme u velmi dobře rozluštěných až pře luštěných sladů. Přirozenou kyselost vystírky a sladiny nám tvoří fosforečnany draselné a aminokyseliny ze sladu. Vystírka má pH 5,7 – 5,8, při vysoké přechodné tvrdosti vody 6,0 mmol.l⁻¹ a více.

Při rmutování jsou také částečně štěpeny ve sladu obsažené lipidy. Reakce je katalyzována enzymy lipasami, které mají dvě teplotní optima při 35 – 40 °C a při 65 – 70 °C. Působením lipas vzrůstá obsah glycerinu a masných kyselin.

Rmutovystírací soustava je dle technologického postupu rmutování z jedné až tří, výjimečně ze čtyř nádob. Vystírací a rmutovací pánve mají dnes válcový tvar, který umožňuje šetrné míchání bez absorpce kyslíku. Správný průběh rmutování je potvrzen rychlým, čistým scezováním, dokonalým zcukřením, bohatým lomem mladiny a vysokým varním výtěžkem. Při ručním i automatickém ovládní je vařič povinen kontrolovat zcukření rmutů, předků a výstřelků. Následně ukládat všechny zjištěné údaje do varních listů.

4.1.4 Scezování

Odrmutované dílo můžeme popsat jako hustou suspenzi mláta ve vodné roztoku extraktivních látek, tj. ve sladíně. Obě tyto složky je třeba při scezování co nejdokonaleji rozdělit. U scezování nastává hlavně fyzikální proces. Tento proces probíhá ve dvou fázích, a to scezování předku a vyslazování mláta.

V první fázi scezování se využívá filtrační vrstva mláta, která oddělí hlavní podíl v suspenzi zadržené sladiny, tj. **předku**, ve druhé fázi se mláto promyje horkou vodou. Promytí, v pivovarské technologii **vyslazením**, se získá zředěná sladina zvaná **výstřelky**. Jak se dosáhne celkového objemu předku a výstřelků požadované hodnoty, scezování se ukončí. Získaný **objem sladiny pohromadě** se dále zpracuje při chmelovaru. Oddělané mláto při scezování se dále využívá jako zkrmitelný odpad.

Scezovací souprava je složena ze scezovací kádě nebo sladínového filtru, sběrače patoků a zařízení pro transport mláta. Scezovací kád' je nejstarším a v Evropě nejvíce využívaným scezovacím systémem. Na dně soustavy je s malým odstupem záchytná plocha pro mláto, kterou nazýváme jalové dno.

Sladové mláto obsahuje nerozpustné zbytky endospermu a nemá mít celá nebo jen namáčkнутá zrna. Z extraktoru bilance je nezbytný extrakt v mlátu, který při dobré funkci scezovací kádě, nepřesahuje rozmezí 1,3 – 1,4 % [Basařová, 2010].

4.1.5 Chmelovar

Získanou sladinu scezováním se v mladinové pánvi vaří s chmelem po dobu 90 – 120 min., u moderních systémů 65 – 80 min. Výsledným produktem je horká mladina. Dochází při chmelovaru fyzikálně – chemickým změnám, které nám stabilizují koncentraci a složení mladiny.

Během varu sladiny s chmelem probíhá řada následujících technologických významných pochodů dle Basařové [2010]:

- Odpaření přebytečné vody (získá se mladina o požadované koncentraci)
- Inaktivace enzymů a sterilizace mladiny (provádí se při ohřevu sladiny do varu a mikroorganismy zničeny při pH 5,3 – 5,7 po 15 min. varu)
- Pokles hodnoty pH (pokles hodnoty pH o 0,15 – 0,25, příznivě ovlivňuje koagulaci bílkovin)

- Nárůst barvy (je ovlivněn provzdušněním sladiny, vyšší pH a vyšší množství polyfenolů)
- Tvorba produktů tepelného rozkladu (produkty Maillardovy reakce)
- Tvorba redukujících látek (Nazýváme je reduktory. Zařazujeme do reduktorů např. melanoidiny, zvyšují koloidní a chuťovou stabilitu piva.)
- Koagulace bílkovin a tvorba lomu (Koagulace tj. srážení bílkovin do viditelných vloček. Lom mladiny nazýváme, jemné vločky, které se postupně zvětšují do velkých shluků. Jsou to důležité postupy při chmelovaru. Srážení bílkovin podporuje dlouhý var. Příznivé pH je 5,2.)
- Reakce účinných složek chmele s mladinou (Chmel dává mladině hořkou chuť, chmelové aroma a podporuje vylučování bílkovin.)
- Změny obsahu dimethylsulfidu a jeho prekurzorů (DMS dává pivu případnou nepříjemnou mladinovou až zeleninovou příchut')

Varní souprava je tvořena sběračem sladiny a mladinovou pánví. Ohřev zajišťuje vnitřní nebo vnější vařák, u starších pánví parním duplikátorem ve dně a popřípadě též v části lubu pánve. Odloučení hrubých kalů je při tomto uspořádání zajištěno v samostatné vířivé kádi.

Chmelení

Chmel či chmelové přípravky se přidávají postupně, nejčastěji na dvakrát až na třikrát, podle kvality a typu výrobku, dále je nutné vycházet z obsahu α – hořkých kyselin u jednotlivých produktů.

Po chmelovaru následuje oddělení zbytků chmele ve chmelovém cízu, pokud nebyl použit chmelový extrakt nebo chmelový granulát a následuje chlazení mladiny.

4.1.6 Chlazení mladiny

Vyrobená mladina se musí před zkvašením ochladit na zákvasnou teplotu 5 – 6 °C pro spodní kvašení. Mladina se při tomto procesu za tepla provzdušňuje (oxidující se složkou mladiny) podporuje vylučování kalů, má na jakost piva nepříznivý vliv. Větrat mladina za studena (pod 40 °C) je však nezbytné nutné pro zdatný průběh kvašení.

Při chlazení mladiny vzniká nejprve **hrubý kal**, tj. podstatě lom vzniklý při chmelovaru. Při teplotách pod 60 °C se vylučuje **jemný (chladový) kal**, jeho vznik je vratný. Hrubý kal může mít vliv na průběh kvašení, na chuť a stabilitu piva však vliv nemá.

Jemný (chladový) kal se odstraňuje obtížně, ale odstranění největšího podílu je velice důležité, protože je příčinou trpkohořké (kalové) chuti piva, které ztrácí i odolnost vůči koloidním zákalům. Jestliže zůstane v mladině většina jemného kalu, tak se přichytává na povrchu kvasničných buněk a omezuje jejich fyziologické funkce a samozřejmě i kvašení.

Částice jemného kalu sedimentují teprve, jestliže se mladina nechá úplně vychladnout. Hrozí však biologické infekci (zejména v teplotním rozmezí 40 – 20 °C). V praxi se vylučování jemného kalu promíchá chladnoucí mladinou pod 60 °C. Usazený hrubý kal se tak zvedne a při opětné sedimentaci sebou strhává kal jemný. Nebo někdy pomáhá rychlé chlazení mladiny.

Úplným odstraněním chladného kalu se získávají piva čistá, ale chuťově prázdná. Konzumenti dávají přednost plnější chuti, před jemnější a prázdnější, proto se malá část kalů ponechává.

Na chlazení mladiny se používal dříve chladicí stok, který dnes nahradil, **uzavřené vířivé kádě** s deskovým chladičem. Hrubý kal musí být pokud možno úplně oddělen od mladiny. Jeho vločky zanášejí povrch kvasničných buněk, zhoršují vyčeření a filtrovatelnost piva. Při větším obsahu hrubých kalů, může pivo vykazovat, hrubou hořkost, kalovou chuť a zhoršené pěnotvorné vlastnosti. Při použití stoků nebo usazovacích kádí se mladina dochlazovala z teplot 50 – 60 °C na zákvasnou teplotu na sprchových chladičích. Dnes deskové chladiče ochladí na zákvasnou teplotu horkou mladinu z vířivé kádě o teplotě 95 – 97 °C. Dále by měla být dodržována požadovaná zákvasná teplota tj. 5 - 6 °C. Před zakvašením se mladina sytí za sterilních podmínek kyslíkem, který je nezbytný pro činnost kvasinek [Kosař a Procházka, 2000].

U vyrobené mladiny musí koncentrace extraktivních látek odpovídat vyráběnému pivu, tzn. že při výrobě 10 % piva musí obsahovat 10 % hm. extraktivních látek. Pro výrobu světlých piv se připravuje mladina ze světlých sladů a pro výrobu tmavých piv, ze směsi světlých, tmavých a barevných sladů.

5 KVAŠENÍ MLADINY

Pro kvašení mladiny se používají buď svrchní pivovarské kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*) při teplotách až 24 °C, nebo spodní pivovarské kvasinky (*Saccharomyces uvarum*) při teplotách kvašení 6 – 12 °C. Kvašení mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází, na hlavní kvašení a dokvašování piva [Frkalová, 2007].

5.1 Historie

Vývoj teorie a výrobní postupy kvašení piva zaznamenávaly od prvopočátku přípravu nápoje v dávných dobách až po současné moderní postupy značný vývoj [Basařová, 2002].

Původně se zkvašovaly suroviny připravené z různých obilovin ochucené ze začátku bylinami, později chmelem. Používaly se malé kameninové nádoby, později dřevěné. Objem nádob se ve středověku pohyboval jen v desítkách litrů. Kvašení piva bylo v chladných sklepech a teplota se snižovala ledem. Převládala příprava svrchně kvašených piv a mladina se zakvašovala sedimentem vyplaváním v předchozím kvašení. V menším množství se připravovala spodní kvasná piva až do poloviny 19. stol. Ty se zakvašovaly vrstvou kvasinek sedlých na dně kádě. Existence kvasinek nebyla známa až do 19. stol. [Chodounský, 1891, Basařová a Hlaváček, 1999].

První zmínky a pomnožení kvasinek v mladině zaznamenal Tadeáš Hájek z Hájku (1525 – 1600), profesor pražské univerzity, významný astronom, přírodovědec, který sepsal první knihu technologii pivovarnictví.

Teprve objevení kvasinek, základ kvašení a příprava čistých kultur kvasinek přinesly postupně od druhé poloviny 19. stol. vývoj při úpravách kvašení a značek piva se specifickými organoleptickými vlastnostmi.

Zásluhou profesora pražské techniky K. N. J. Ballinga (1805 – 1868), byl odvozen attenuační zákon kvašení, výpočet prokvašení a vzorec pro výpočet extraktu původní mladiny z obsahu alkoholu a extraktu v pivu [Balling, 1865]. Nové poznatky prohloubily kvasné procesy a posloužily v praxi ke kontrole a zlepšení kvality piva.

Po roce 1840 přispělo umělé chlazení, ke zvýšení výroby spodně kvašených piv fermentovaných při nižších teplotách.

V roce 1898 bylo ve Švýcarsku vyzkoušeno kvašení podle Nathana za aseptických podmínek ve vertikálních cylindrokónických tancích. Kde šlo o technologii kvašení a dokvašování spojené v jeden pracovní postup, který trval 10 – 14 dní. U nás se vyzkoušel

v Protivíně v Čechách. Došlo ke změnám chuťových vlastností vyrobených piv, tak se daný postup přestal používat. Až 20. stol. šel úspěšně vývoj velkoobjemových kvasných tanků dobře a přinesl mnoho výhod. Cylindrokónické tanky (CKT) vyvinuté podle Nathana se následně toto zařízení a technologie varianty kvašení a dokvašování v CKT zaznamenávaly velký pokrok a široké uplatnění v praxi.

V druhé pol. 20. stol. se zkvalitnil postup kvašení a dokvašování řízením procesu výpočetní technikou a automatickou kontrolou celého průběhu fermentace [Basařová, 2010].

5.2 Hlavní kvašení

Cílem hlavního kvašení je neúplné zkvašení cukerných látek extraktu mladiny pivovarskými kvasinkami za vzniku hlavních produktů a tj. ethanol, oxid uhličitý a biomasa. Dále vzniká řada vedlejších metabolitů, které mají zásadní význam pro buket piva. Jsou to pozitivně působící sloučeniny, alkoholy, estery, a mastné kyseliny v přiměřeném poměru dle určitého druhu piva. Přirozený antioxidant, kterým je např. oxid siřičitý. Mezi negativní vedlejší metabolity patří vyšší hladiny biacetylu (diacetylu), různých siřných sloučenin, aldehydů apod. Na závěr hlavního kvašení se podstatná část kvasnic oddělí. U spodního kvašení flokulací a sedimentací na dně nádob, u svrchního kvašení vyplavením na hladinu kvasícího média. Existuje mnoho technologických variant a zařízení pro provedení hlavního kvašení a získání tzv. mladého piva. Celková doba hlavního kvašení je 7 – 12 dní a počet dnů by měl být stejný nebo nižší než původní extrakt (stupňovitost) mladiny [Basařová, 2010].

5.2.1 Faktory ovlivňující průběh hlavního kvašení

Pro průběh hlavního kvašení je důležité [Basařová, 2010]:

- Složení mladiny a její koncentrace
- Vlastnosti kmene kvasinek, jeho viabilita a vitalita
- Teplotní průběh kvašení a jeho regulace
- Doba kvašení
- Stupeň provzdušnění mladiny a kvasnic
- Dávka kvasnic a způsob zakvašování
- Dosažený stupeň homogenizace směsi kvasnic a mladiny
- Druh fermentoru a jeho geometrie
- Způsob a intenzita cirkulace

- Podmínky tlaku
- Hydrostatický tlak

Složení mladiny

- musí obsahovat: Dostatek **zkvasitelných látek** (přibližně 90 % tvoří cukry), kvasinkami snadno absorbované **dušikaté látky**, přiměřené množství minerálních látek, dále stopové prvky, biokatalyzátory a vitamíny.
- nesmí obsahovat: Velké množství dusičnanů a zdraví škodlivé látky to znamená, že musí odpovídat předpisům pitné vody. Neměla by mít kontaminující mikroorganismy tj. bakterie, plísně, cizí kvasinky.

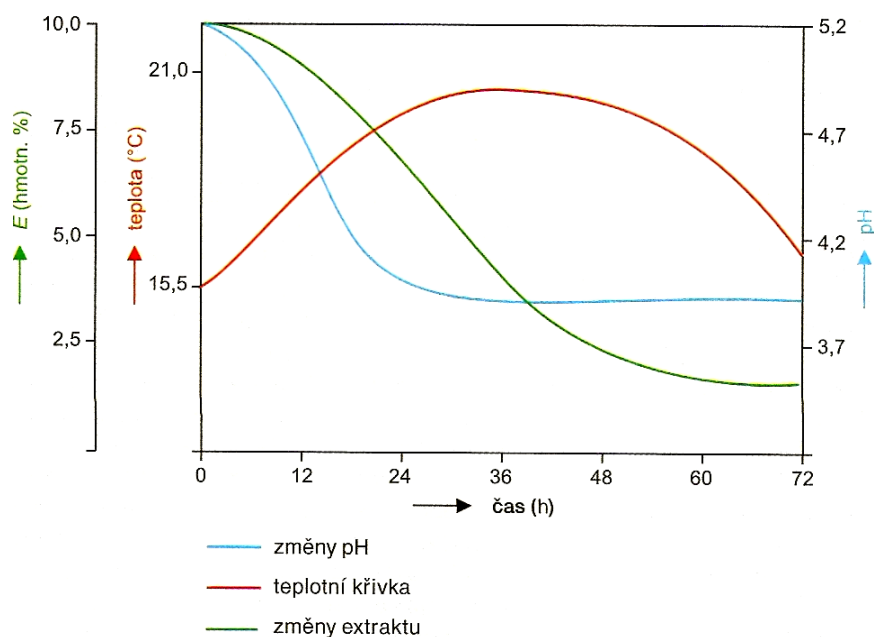
Teplota a tlak při kvašení

Teplota je velice důležitá pro kvašení. Optimální teplota pro pivovarské kvasinky je od 25 – 30 °C. Z technologické a kvalitativního hlediska se nevyužívají podmínky intenzivního kvasného procesu.

Pro spodní kvašení – se uplatňuje při tradiční výrob – studené vedení tj. 5 – 9 °C.

– u intenzifikovaných postupů – teplé vedení tj. 12 – 16 °C.

Pro svrchní kvašení – teploty se pohybují od 15 – 24 °C (**Obr. 14.**)



Obr. 14. Příklad diagramu průběhu svrchního kvašení

[Basařová, 2010]

Zvyšováním teploty při spodním kvašení má za následek: pokles hodnoty pH, větší autolýzu kvasničných buněk, vyšší ztráty hořkých látek, zhoršení aroma a chuti piva teplejším vedením ve spilce.

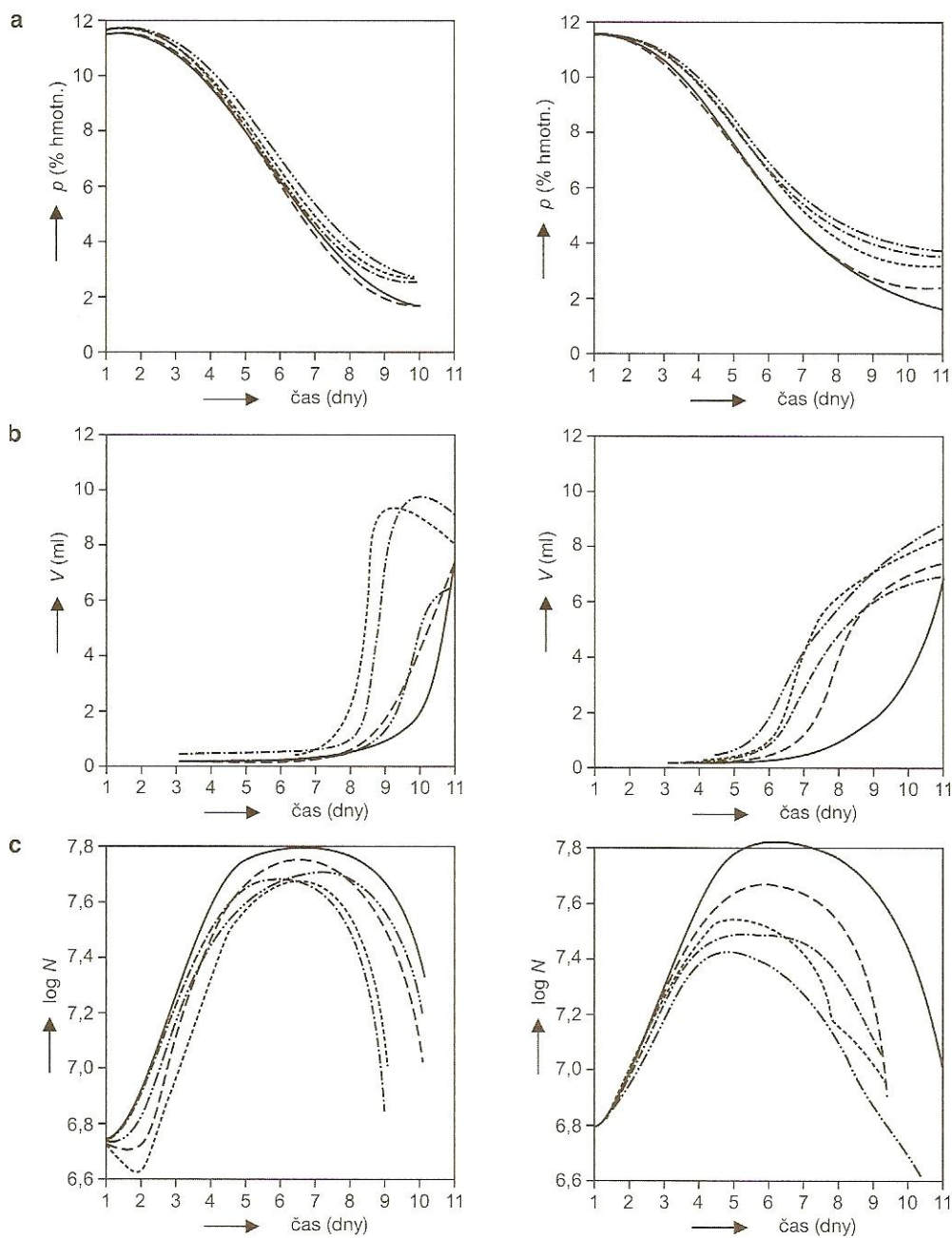
Nepříznivý vliv vyšších teplot kvašení lze omezit použitím tlaku při fermentaci.

Kmen a dávka kvasinek

Kvasničný kmen a zákvasná dávka je velice důležitá, má velký vliv na průběh kvašení a kvalitu piva. Volíme kmen kvasinek podle toho, jaké máme požadavky na vlastnosti vyráběného piva. Důležitou vlastností u kvasničného kmene pro kvašení je optimální vitalita. Následně u produkčního kmene kvasinek je důležitá optimální flokulační a sedimentační schopnost, která je geneticky kódovaná a je ovlivněna řadou faktorů, znázorněno na obrázku (**Obr. 15.**).

Nasycení zakvašované mladiny kyslíkem

Obsah kyslíku je důležitý v zakvašované mladině a v násadních kvasinkách především pro pomnožení kvasničných buněk. Je lineární vztah mezi degradací glykogenu a tvorbou sterolů na počátku kvašení. Kyslík působí jako stopový prvek stimulující tvorbu sterolů a také jako akceptor vodíku, zajišťující oxidaci redukováných substancí s uvolněním energie. V mladině obsah kyslíku závisí na tvorbě těkavých látek a antioxidačně působícího oxidu siřičitého. Teplota a velikost dávkovaných bublinek vzduchu ovlivňuje rozpuštění kyslíku.



Obr. 15. Kvasné (a), sedimentační (b) a růstové křivky pěti různých produkčních kmenů pivovarských kvasinek v kvasných válcích v mladině při 8 °C [Šavel, 1971a]

p – podíl zkvašeného substrátu (zdánlivý extrakt), V – objem sedimentu, N – počet buněk v 1 ml kvasící mladiny. Tři grafy vlevo znázorňují kvašení bez kvasného uzávěru (přístup vzduchu), tři obrázky vpravo kvašení s kvasným uzávěrem (anaerobní podmínky).

5.2.2 Změny probíhající v mladině při hlavním kvašení

Mezi hlavními změnami, které nám probíhají v mladině při hlavním kvašení, si následně popíšeš v bodech.

Mezi hlavní změny patří [Basařová, 2010]:

1. *Pokles původního extraktu mladiny* – Dle technologických parametrů závisí na teplotě, době, tlaku, druhu kvasničného kmenu a také na složení a provzdušnění mladiny.

2. *Zkvašování sacharidů* – Při kvašení, postupně klesá obsah sacharidů a mění se jejich poměr v kvasničném médiu. Nejrychleji a nejdříve se zkvašuje glukosa. Také i sacharosa, které je v kvasničné buňce rozštěpena už jako monosacharidy glukosa a fruktosa. Po poklesu hladiny glukosy na určitou úroveň dochází ke kvašení hlavního pivovarského cukru tj. maltosy. Nastává to po spotřebě 60 % glukosy v původní mladině. Ale také podle informací autora (Novák et al., 2004a,b) mohou kvasinky využít maltosu při vyšších koncentracích glukosy v závislosti na teplotě kvašení a na genetických vlastnostech použitých kmenů. Pomaleji zkvašovaná fruktosa, má 4,5 krát vyšší sladivost než glukosa a 6 krát než maltosa.

3. *Tvorba ethanolu a oxidu uhličitého* – Jsou hlavními kvasnými metabolity při glykolýze. Vychází dle sumární rovnice zkvašování sacharidů:



V průběhu hlavního kvašení vzniká CO_2 , který se částečně rozpouští v kvasícím médiu podle Henryho zákona a jeho molekuly reagují s dalšími látkami. Oxid uhličitý je těžší než vzduch. Protože plynný CO_2 , který utíká z kvasných nádob, se může hromadit, především nad podlahami prostoru spilky, proto se musí spilky dobře odvětrávat. Procento oxidu uhličitého v mladém pivu je pouze 0,2 %.

4. *Změny acidity* – Při kvašení je snížena hodnota pH způsobena posunutím tlumivé schopnosti zkvašované mladiny do kyselejší oblasti, tvorbou organických a těkavých kyselin. Začáteční hodnota pH mladiny je 5,2 – 5,7 a sníží se na 4,3 – 4,7. Hodnota kvasinkových buněk se moc nemění, jejich pH je kolem 6,0. Na začátku zkvašování mladiny je největší

pokles pH, který má za následek pomnožení buněk, při kterém se uvolňují anorganické fosforečnany a je buňkami absorbován amoniak a aminokyseliny.

5. *Změny barvy* – Při hlavním kvašení se z roztoku vylučují látky s barvicími vlastnostmi (melanoidiny, hořké chmelové látky, kondenzované polyfenolů), které snižují hodnotu barvy kvasícího media. Proto výchozí mladina má o 3 – 4 jednotky vyšší hodnotu než barva mladého piva.

6. *Vývoj redoxních kapacity* – Redoxní kapacita stoupá a zároveň klesá, systém není plně oxidovaný ani redukovaný, pouze se posune rovnováha na určitou stranu. Závisí na obsahu zastoupených melanomů, nezoxidovaných polyfenolových sloučenin, hořkých látek a na látkách ze skupiny – SH. Při zvýšené redoxní kapacitě u mladého piva způsobuje kvalitnější hotový výrobek, který je odolnější vůči tvorbě koloidních zákalů a stárnutí organoleptických vlastností piva.

7. *Snížení obsahu dusíkatých látek* – Kvasinky nízkomolekulární dusíkaté látky absorbují pro stavbu nových tkání a určitá část je kvasinkami vyloučena. Vysokomolekulární látky se vylučují z roztoku vlivem snížení pH, absorpcí na kvasinky a bublinky vzniklého CO₂. Jsou vyplavovány k povrchu kvasící mladiny a tvoří součást tzv. deky nebo mohou sedimentovat ke dnu u hlavního a spodního kvašení s kvasinkami.

8. *Změny hořkých chmelových látek* – Změny probíhají hlavně u α – hořkých kyselin, kdy při poklesu na pH 5,0 se z roztoku téměř vysráží, z důvodu klesnutí jejich rozpustnosti. Vysráží se i iso - α – hořkých kyselin přibližně 30 %.

9. *Změny polyfenolových sloučenin* – Obsah polyfenolových sloučenin klesá přibližně o 20 – 30 % s porovnáním s výchozí mladinou. Vypadávají převážně kondenzované polyfenoly [Charalambous, 1981; Moll, 1994], které tímto přispívají koloidní stabilitě piva.

10. *Tvorba vedlejších produktů kvašení* – Je ovlivněna složením mladiny a technologickými podmínkami, kde zde patří vyšší alkoholy, aldehydy, mastné kyseliny, estery, acetaldehyd, biacetyl, sirné sloučeniny a také záleží na dávce a druhu kvasinek.

Vyšší alkoholy se tvoří především v počátcích kvašení, jejich vznik podporují vyšší teploty kvašení a nedostatek aminodusíku v mladině. **Estery** mají stejný vývoj tvorby jako vyšší alkoholy. Jejich množství stoupá při kvašení kalných mladin, s vysokým obsahem volných nenasycených mastných kyselin. Množství **aldehydů**, vznikajících zejména v počátcích kvašení, je tím větší, čím vyšší je dávka kvasnic, menší provzdušnění mladiny, vyšší zákvasná teplota a teplejší vedení. Vzniklý acetaldehyd v průběhu kvašení částečně vytěká, částečně je vymýván unikajícím CO₂, ale hlavně se redukuje na ethanol. **Vicinální diketony** – 2,3-pentadion a 2,3-butandion (diacetyl) mají nepříznivý vliv na chuť piva už při koncentracích 0,12 - 0,15 mg.l⁻¹. Extracelulární tvorba diacetylu z 2-acetolaktátu je omezena při vyšší koncentraci valinu v mladině. Oxidační dekarboxylace 2-acetolaktátu na diacetyl už nezávisí na kmenu kvasnic, ale na teplotě a pH prostředí. Diacetyl je zpětně redukován enzymovou cestou na 2,3-butandiol v závislosti na kmenu, množství kvasnic a na teplotě. Klíčový význam má obsah 2-acetolaktátu, který během kvašení dosáhne maxima a v mladém pivu jeho obsah poklesne. Zvýšenou tvorbu diacetylu působí kontaminace pediokoky (sarcina), nedostatek aminodusíku, pozdní provzdušnění po zakvašení a špatný fyziologický stav kvasnic. **Volné mastné kyseliny** (kyselina hexanová, oktanová, dekanová) se tvoří hlavně během prvních 4 dnů kvašení. Jejich vyšší tvorba způsobuje špatný fyziologický stav kvasnic, kalné mladiny a teplé dokvašování. Zvýšené množství kyselin způsobuje „kvasničnou příchut“ a zhoršenou pěnivost piva. Ze **sirných sloučenin** vzniká během kvašení sirovodík, oxid siřičitý (jeho množství v pivu závisí na stupni provzdušnění mladiny, kmenu a dávce kvasnic), dimethylsulfid a methional (během kvašení klesá jejich koncentrace). Zvýšené hladiny sirných sloučenin jsou příčinou „letinkové chuti“ piva. **Organické těkavé kyseliny** (mravenčí, octová) vznikají odbouráváním glukosy, v pivu se vyskytují v závislosti na kmenu kvasnic a dávce, teplotě kvašení a stupni provzdušnění. Vznik **netěkavých kyselin** (pyruvátu, malátu, citrátu a laktátu) je dán deaminací aminokyselin a mají význam v tvorbě esterů. **Glycerol** se během kvašení tvoří ve velkém množství (1300 - 2000 mg.l⁻¹) v závislosti na obsahu zkvasitelných cukrů a míře jejich zkvašení [Basařová, 2010].

5.2.3 Technologické postupy a zařízení pro hlavní kvašení

Máme dva typy technologických postupů a to:

- Stacionární postup
- Semikontinuální či kontinuální

V dnešní době převažuje více **stacionární postup** v různých typech **velkoobjemových nádob**. S dvoufázového postupu, kde hlavní kvašení a dokvašení probíhá v samostatných tancích, nebo s provedením obou fází fermentace v jednom tanku.

Rozdělujeme podle druhu použitých kvasinek na **spodní kvašení**, kde jsou zastoupeny kvasinky *Saccharomyces cerevisiae var. uvarum*, které sedají na dno. Nebo **svrchní kvašení** s kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*, které vyplavují na povrch hladiny kvasícího média do tzv. deky. Zavedením **cyliandrokonických tanků** se technologie rozděluje na svrchní a spodní kvašení.

Zařízení pro stacionární hlavní kvašení

Kvašení probíhá v kvasných nádobách, které jsou umístěny v prostorách, které nazýváme **spilka**. Jsou tepelně izolované, v chlazených upravených budovách a udržované v čistotě. Po dané hlavní kvašení, používáme otevřené nebo zavřené kvasné nádoby – kádě. Nádoby mohou být z materiálu např. betonového, ocelového, hliníkové nebo dubového dřeva. Jejich materiál nesmí nijak narušovat nepříznivě kvalitu kvasící mladiny anebo způsobovat zdravotní riziko např. z povrchových nátěrů kádí, rtuťových teploměrů, atd. Kvasné kádě mají odběrové kohouty, termostaty a u uzavřených kvasných nádob navíc otvory pro sbírání dek a armaturu pro jímání oxidu uhličitého. Tvar nádob (čtyřhranné, oválné, cylindrické) hodně ovlivňuje hlavní kvašení, jejich objem je od 20 – 500 hl s výškou do 2 metrů, která zajišťuje dobrou sedimentaci kvasinek. Chlazení spilek je umožněno třemi způsoby a to: přímým chlazením, nepřímým chlazením, vnitřním chlazením [Basařová, 2010].

Zakvašování a provzdušňování mladiny

Zakvašování ochlazené mladiny se provádí co nejdříve po ochlazení různými třemi způsoby, podle vybavení a množství kvasných nádob:

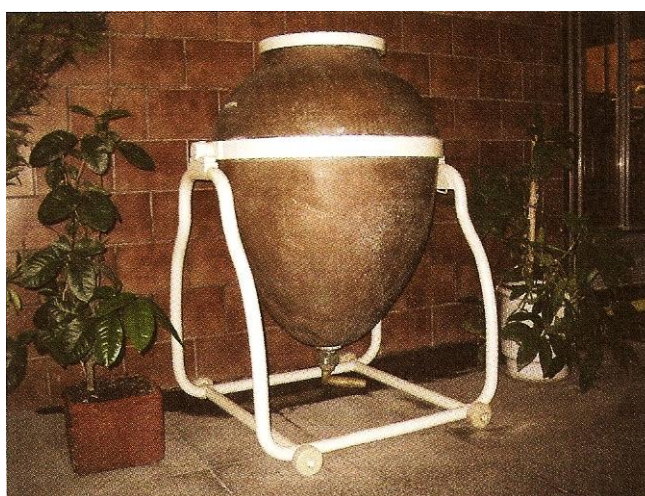
- Ručním protahováním – Tj. starý postup, výjimečně používaný v malých restauračních pivovarech. Jde o několikanásobném přelévání kvasnic zředěných mla-

dinou z jednoho džebu do druhého a následně přes husté síto do kvasné kádě (**Obr. 16.**).

- Zakvašovací přístroj (vajíčkem – **Obr. 17.**) – Je to starší způsob, používaný v malých pivovarech. Je to tlaková nádoba, ve které je odpovídající množství zředěných kvasnic na jednu kád'. Spodem se kvasnice provzdušní a následně tlakem vzduchu vytěsni do kvasné kádě.
- Dávkovacím čerpadlem – Nejrozšířenější současný postup. Dochází k dobrému rozptýlení kvasnic v mladině a jde o automatické zařízení pro provzdušňování a zakvašování mladiny. Kde kvasnice se dávkují přímo do toku mladiny ve spílačím potrubí a mladina se provzdušní sterilním vzduchem (**Obr. 18.**).



Obr. 16. Otevřená nerezová kád' [https://plus.google.com.]



Obr. 17. Zařízení k zakvašení přetlakem (tzv. "vajíčko")

[Basařová, 2010]



Obr. 18. Automatické zařízení k provzdušňování a zakvašování mladiny
[Basařová, 2010]

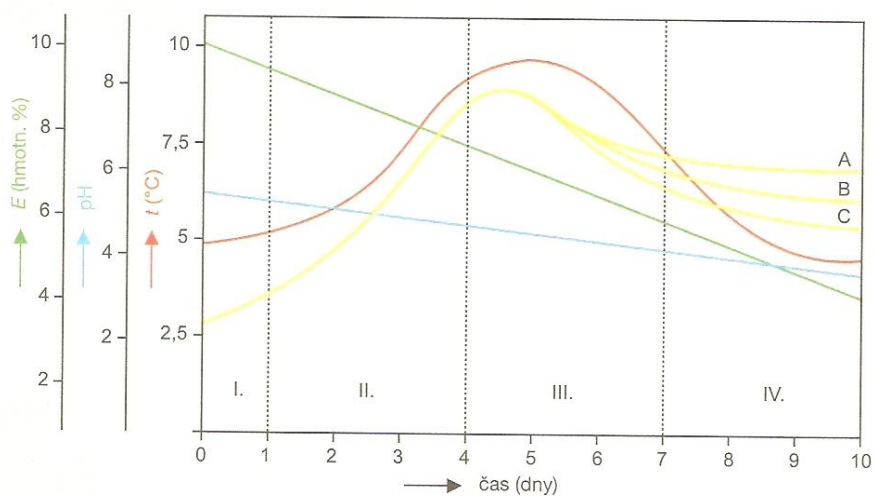
Zakvašovací způsoby mladiny: vychází se z podmínek vhodný pro daný pivovar

- S plnou dávkou kvasnic
- Zakvašování „na ujado“
- Zakvašení v zákvasných kádích
- Zakvašování s lisovanými nebo sušenými kvasnicemi

Technologická stádia hlavního kvašení dle Basařové [2010]

Doba při hlavním kvašení u tradičního stacionárního postupu je 7 – 12 dnů. Závisí na teplotě kvašení, koncentraci původní mladiny a použitém kvasném kmenu.

Znázornění stádia hlavního spodního kvašení (**Obr. 19.**).



Obr. 19. Diagram fází spodního hlavního kvašení [Basařová, 2010]

1. *Zaprašování* – Působením oxidem uhličitým je pěna vytvořena na hladině po zkvašení mladiny, začíná od stěn kádě a během 12 - 24 hod. hodnota extraktu a pH klesá. Mírně stoupá teplota. V růstové křivce kvasinek odpovídá tato technologie stádium přibližně lag-fázi.

2. *Nízké až vysoké kroužky* – Jsou to typické růžice pěny na povrchu kvasící mladiny, které se tvoří po 24 – 40 hod. po hlavním kvašení a postupně rostou. Zde je maximálně vyvinut oxid uhličitý a pH klesá z původní hodnoty 5,2 – 5,6 na hodnoty 4,7 – 4,9, extrakt o 0,8 – 1,2 % a teplota stoupá o 0,5 – 0,8 °C za 24 hodin. V růstové křivce kvasinek odpovídá toto stádium exponenciální fázi růstu.

3. *Vysoké hnědé kroužky* – Se tvoří v třetím až pátým dnem kvašení. Kroužky pěny se hnědě zbarvují kaly vynášenými z kvasícího média. Hodnota pH dále klesá ze 4,6 na 4,4, extrakt o 1,0 – 1,8 % za 24 hodin. Teplota vzrůstá na maximum, která se udržuje přibližně dva dny a pak se musí včas chladit s poklesem 1 °C za den. Na růstové křivce kvasinek odpovídá dané stádium stacionární fázi.

4. *Propadávání deky* – Je fáze hlavního kvašení, kde probíhá v maximální míře aglutinace a sedimentace kvasinek. Hodnota extraktu se snižuje pozvolna, o 0,2 – 0,3 % za 24 hodin. Kroužky propadají a zůstává na hladině 2 – 3 cm tlustá tmavá vrstva pěny – tzv. deka. Deky se musí včas sebrat, látky v ní by nepříznivě ovlivnily hořkost mladého i hotového piva. V kvasných dekách jsou obsazeny polyfenoly, hořké látky, vysokomolekulární dusíkaté látky, polysacharidy a mrtvé kvasinkové buňky. Na růstové křivce kvasinek propadávání deky odpovídá fázi zpomaleného růstu.

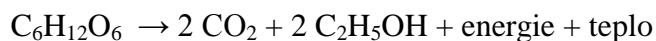
Tvorba lomu kvasinek

Po zakvašení kádi začíná vývin oxidu uhličitého a jeho bublinky vynášejí buňky kvasinek k hladině, nazýváme to **flotační efekt oxidu uhličitého**. Zde se klade velký význam na genetické vlastnosti kmene kvasinek [Hough et al., 1982; Van de Aar a Straver, 1993].

Kmeny dobře sedimentující a flokulující méně prokvašují kvasnice a jsou v praxi označovány jako krupičkovité. Hůře sedimentující a flokulující kvasnice zajišťují hlubší prokvašení, nazýváme je práškové kvasnice. Lom kvasnic – tj. aglutinace a vyvločkování, ovlivňuje výtěžnost kvasnic, průběh dokvašení, stupeň vyčiření mladiny a charakter příštího kvašení se sebranými kvasnicemi. Vlivem sedimentace kvasnic na konci kvašení hladina mladého piva tmavne a mění se na pivo tzv. propadlé.

Tvorba oxidu uhličitého při hlavním kvašení

Během hlavního kvašení probíhá děj:



Množství vzniklého oxidu uhličitého se vypočítá podle Ballingova vzorce. Teoreticky je z 1 kg zkvašeného extraktu 0,49 kg CO₂. V mladém pivu zůstává 0,2 – 0,3 kg CO₂ v hl. Po odečtení ztrát lze z vyprodukovaného CO₂ využít asi 2,0 – 2,5 kg. hl⁻¹ [Jäger, 1987]. Jímání a komprese oxidu uhličitého z hlavního kvašení je ekonomicky výhodné u větších nádob např. u CKT.

5.2.4 Sběr, zpracování, ošetření a skladování kvasnic

Na dně kvasných kádí po jejich vyprázdnění zůstává sediment kvasnic, který obsahuje tři vrstvy. Horní vrstva – tzv. špínka, která je tmavá a obsahuje podíl nečistot a mrtvé kvasinky. Prostřední vrstva – tzv. jádro, největší část a má barvu kvasnic. Třetí vrstva je spodní. Pro další zpracování se sbírá pouze jádro. Nasazujeme kvasnice maximálně 8 – 10 krát, docházelo by jinak ke kontaminaci a degeneraci kvasnic. Sběrem kvasnice se získá 2 – 2,5 l hustých kvasnic na hl zakvašené mladiny. Přebytky kvasnic se spotřebovávají, jako krmivo pro hospodářská zvířata. Násadní kvasnice jsou přeneseny do místnosti pro uchovávání kvasnic, kde se skladuje a následně ošetřuje. V automatizovaném systému jsou kvasinky uschovány v tancích s chlazeným pláštěm, opatřen míchadla pro homogenizaci.

Ošetření kvasnic se provádí:

- sítování na vibračním sítu – odstranění oxidu uhličitého a hrubých nečistot
- praní ledovou vodou – odplaví se nečistoty a mrtvé buňky mikrobiologická kontrola
 - zaměřena na konzistenci biomasy, vzhled buněk – počet mrtvých buněk by měl být max. do 5 %.
- kyselé praní – při nutnosti snížit kontaminaci kvasnic před nasazením

5.2.5 Nepravidelnosti hlavního kvašení

Příčina může být v složení mladiny, kontaminaci, kolísání teplot, přítomnost cizorodých látek, obsah kyslíku, stavu kvasnic, špatný objem a dokonce i vysoká teplota kvašení.

Projevuje se hlavní kvašení nevyhovujícími vlastnostmi – závady – např. vzhled kvasné pěny, pozdním startem kvašení nebo jeho zastavení a na konec i zápachem. Předcházíme dané nepravidelnosti kvašení tím, že provádíme důsledné kontroly (provozní, laboratorní) a správný výběr surovin. Závady můžeme odstranit zcukřením nebo novým zakvašením.

Mutace kvasinek

U mutace kvasinek, jde o změny chování kvasinek – tj. sedimentace, změny sensorických vlastností a předčasné ukončení kvašení. Způsobuje to vysoká koncentrace mladiny, vysoká koncentrace iontů železa a vápníku, skladování kvasnic při vysokých teplotách a přítomnost kontaminace.

V praxi máme tři nebezpečné mutace [Kosař a Procházka, 2000]:

- Ztráta flokulačních schopností – Nebezpečí při sběru kvasinek, pomocí odstředivky. Zmutované buňky se při sedimentaci neoddělí.
- Ztráta schopností zkvašovat maltotriosu – Rychlejší sedimentace.
- Ztráta schopnosti respirace (dýchání) – Zpomaluje kvašení a vyšší produkci diacetylů a vyšších alkoholů.

Prevencí je dávat menší počet nasazení a dělat pravidelnou propagaci nové kultury.

6 DOKVAŠOVÁNÍ A ZRÁNÍ (LEŽENÍ) PIVA

Cílem je pomalé zkvašování sacharidů při nízkých teplotách, fixace a sycení oxidu uhličitého, zajistit vyčiření a organoleptické zralosti piva. Velmi důležité je čiření při dokvašování piva, které ovlivňuje průběh filtrace, chuť, pěnivost piva a koloidní stabilitu.

Dokvašování a zrání piva tradiční metodou probíhá v ležáckých nádobách v podzemních sklepech nebo v izolovaných chladících budovách. Následně v moderních postupech ve velkoobjemových izolovaných nádobách (Uni – tanky, Asahi – tanky a cylindrické tanky) umístěny na volném prostoru.

6.1 Teorie

Probíhá řada změn původního složení zeleného sudovaného piva, a to zejména doba dokvašení a zrání, teplota, tlak, fyzikálně – chemický stav zeleného piva a vlastnosti použitého kmene kvasinek.

Probíhají reakce při nízkých teplotách a mírného tlaku. Nejdůležitější je pozvolné zkvašování zbylého extraktu, který zajišťuje sycení piva oxidem uhličitým. Složení koloidních a těkavých látek, které způsobují zrání chutě a vůně. Přirozené čiření vylučováním vysokomolekulárních látek z roztoku. Přirozenou, koloidní stabilitu docílíme optimalizací a složením piva.

6.1.1 Pozvolný pokles teploty a pozvolné zkvašování zbylého extraktu

V odlišných podmínkách se v technologických postupech, hraje role míra provzdušnění, teplota, složení zeleného piva a obsah kvasničných buněk.

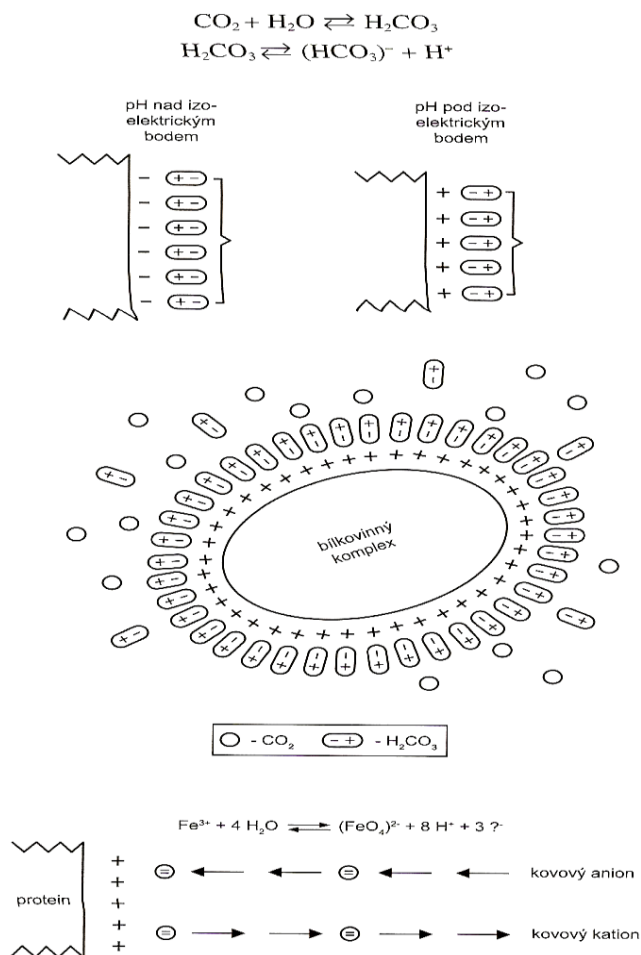
V klasickém dokvašování klesá teplota z 5 °C postupně na 2 – 0 °C. Prokvašování je rychlejší v prvních třech dnech v zbylém extraktu. Z důvodu promíchávání a mírného provzdušnění piva při sudování. V danou dobu se hodnota zbylého zkvasitelného extraktu tj. (80 % maltosy a 20 % maltotriose) sníží přibližně na polovinu. Dále pokračuje pozvolný pokles extraktu.

6.1.2 Sycení piva oxidem uhličitým a jeho fixace

Při sycení piva oxidem uhličitým je důležitý hladící tlak a teplota. Větší sycení a fixaci oxidu uhličitého způsobuje nižší teplota a vyšší tlak. U tradičního kvašení zeleného piva je obsah 1 – 2 % zkvasitelného extraktu, který se mění na oxid uhličitý a alkohol. Po 14

dnech dokvašování se pivo nasytí oxidem uhličitým, jeho obsah je 4 – 5 g.l⁻¹. Na další fyzikální a sorpční fixaci oxidu uhličitého je potřeba delší době ležení.

Fixace oxidu uhličitého se vysvětluje jeho rozpouštěním a disociací vzniklé kyseliny uhličité (**Obr. 20**).



Obr. 20. Fixace oxidu uhličitého během dokvašování
[Basařová, 2010]

Čím je nižší pH piva, tím je lepší fixace, z důvodu pH nad izoelektrickým bodem bílkovin vyžaduje opačnou orientaci nábojů. CO₂ ruší kovové ionty obsazené v pivu, např. ionty železa, které s molekulami proteinů reagují přednostně.

Přepěňování piva, které nám může, vzniknou po otevření skleněných lahví, způsobuje z příčin např. špatná kvalita surovin, technologie varných procesů, ale hlavně to může být vlivem kovových iontů, které ruší fyzikální vazbu CO₂ na proteiny a rychlé uvolňování oxidu uhličitého vyvolává bouřlivé pění.

6.1.3 Čiření piva

Daná technologie závisí na teplotě a na množství kalících částecí, tj. amorfních částic a komplexů polyfenolů s polypeptidy, které jsou součástí chladového zákalu a sedají ke dnu ležáckých nádob. Společně s mrtvými kvasinkami strhávají další podíl dusíkatých a vysokomolekulárních polyfenolových látek.

6.1.4 Zrání chuti a vůně piva

Přeměna látek, která zde probíhá je hlavně v druhé fázi zrání, upravuje nepříjemnou hořkost a kvasničnou chuť zeleného piva a vytváří tak typický buket a chuť zralého piva. Mění se obsah těkavých složek a rozpuštěných látek v pivu, v závislosti na použitých surovin, kmenu kvasinek a na technologickém zpracování výroby piva. Při autolýze kvasinek se mohou uvolňovat z buněk i proteolytické enzymy, které negativně ovlivňují stabilitu pивní pěny [Reicheneder a Narziss, 1989]. Další negativní vliv je na organoleptické vlastnosti piva, zvýšenou akumulací piva, která může nastat při vyšších teplotách zrání piva [Moll, 1994]. Na Organoleptické vlastnosti piva během dokvašování a zrání piva, mají velký význam změny v obsahu sirných sloučenin, kde klesá obsah oxidu uhličitého a thiolů. Při nízkém obsahu sirných sloučenin, vznikají zhoršené chuťové vlastnosti piva. Pro sledování dokvašování a zrání piva je důležitým ukazatelem obsah dimethylsulfidu. Přidává se do piva plzeňského typu a sledují se chuťové vlastnosti. Vyšší obsah dimethylsulfidu (nad 100 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) se považuje za nežádoucí a dává pivu chuť po vařené zelenině. Vlivem provzdušnění při přečerpávání zeleného piva, se zvyšuje hladina acetaldehydu a dochází k částečné oxidaci a konverzi ethanolu na acetaldehyd. Při normálním průběhu dokvašování a zrání piva hodnota acetaldehydu klesá (o 20 – 70 %), při vyšších koncentracích dává jablečnou vůni. Estery působí příznivě na charakteristické vlastnosti, zvyšuje se jejich koncentrace o 100 % při dokvašování a zrání piva.

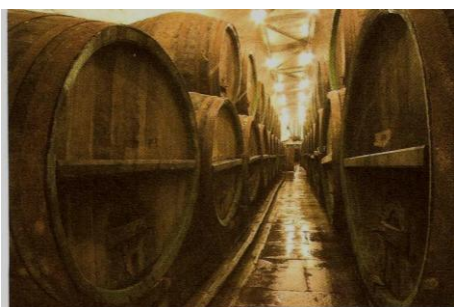
6.1.5 Technologie a zařízení pro stacionární dokvašení a zrání piva

Pro dokvašování a zrání piva jsou ležácké nádoby uloženy ve sklepech. Sklepní prostory musí být udržovány v čistotě, používají se keramické obklady nebo proti plísněvé nátěry. Ve sklepech se udržuje teplota od -2 do $+3$ °C. Dříve se používaly dřevěné nádoby (**Obr. 21.**), které dnes nahradily kovové ležácké nádoby (z hliníku, z korozivzdorné oceli, železobetonové, ocelové), obsahují klenuté dno s výpustným kohoutem (sklon 2°), vzdušní armaturu, průlez, zkoušecí kohout, plnicí pouzdro, výpustný kohout a mycí hlavici (**Obr.**

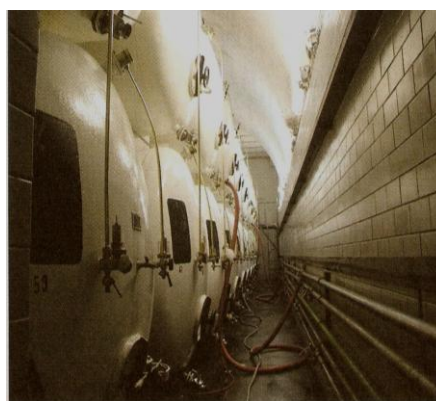
22.). Objem ležáckých tanků je v rozmezí stovek hektolitrů a jejich uspořádání je různorodé (stojaté, závěsné, podepřené, sedlené, na sloupcích střídavě uložené, na sloupcích střídavě uložené a podepřené).

Technologické postupy tradičního dokvašování piva v ležáckých nádobách se liší v jednotlivých pivovarech, podle způsobu sudování, hrazení, dobou a teplotou dokvašování, použitým zařízením atd. Jedná se o pozvolné klesání teplot a zbylého extraktu s nastavením mírného hladicího přetlaku zajišťujícího sycení a fixaci oxidu uhličitého, na kterém je závislý tzv. říz piva.

Sudování zeleného mladého piva do ležáckých tanků se provádí při teplotách 4 – 6 °C. Během dvou týdnů se ochladí na teplotu kolem 0 °C. Naplněné tanky se uzavrou a vznikne přetlak 0,03 MPa, který během doby dokvašování se zvýší na 0,05 – 0,07 MPa. Na konci hlavního kvašení je ve spilce denní úbytek extraktu přibližně 0,2 – 0,4 %. Vlivem mírného provzdušnění se krátce zvýší na 0,5 – 0,6 %, následně s poklesem teploty a s vyčerpání rozpuštěného kyslíku se proces rychle zpomalí. Obvykle doba dokvašení u 10% výčepních piv 21 dnů, u 12% ležáků až 70 dnů. Hodnoty jsou rozdílné u jednotlivých pivovarů. Provádíme kroužkování u propadlých piv s nedostatečným obsahem aktivních buněk, pro zajištění úměrného dokvašování a také i sycení piva oxidem uhličitým. Po ukončení dokvašení a zrání piva se nádoba vyprázdňuje narážením narážecí jehlou nebo otevřením výpustní klapky a napojením hadice na směšovací zařízení [Basařová, 2010].



Obr. 21. Dřevěné ležácké nádoby
[Basařová, 2010]



Obr. 22. Ocelové ležácké tanky
v tradičním sklepu [Basařová, 2010]

6.2 Kvašení a dokvašování ve velkoobjemových nádobách

Velkoobjemové fermentační nádoby díky svým přednostem v hlavním kvašení a dokvašování rozšířily své uplatnění.

6.2.1 Přednosti fermentace ve velkoobjemových nádobách

Přednosti fermentace ve velkoobjemových nádobách a jejich výhody [Basařová, 2010]:

- Redukce investičních nákladů (stavebních o 25 – 30 %)
- Redukce nároků na obsluhu a operace (50 – 65 %)
- Snížení ztrát piva
- Rychlejší fermentace způsobena intenzivním promícháním vlivem konvekce a další trasy bublinek CO₂
- Snížení ztrát hořkých látek piva
- Zlepšení průběrné kvality piva (větší homogenizace)
- Snížení riziko kontaminace
- Zvýšení utilizace aminokyselin
- Lepší možnost chlazení
- Možnost plné automatizace a řízení procesu výpočetní technikou
- Zlepšení podmínek kontroly procesu
- Zajištění účinného automatického mytí a sanitace

Velkoobjemové nádoby, zejména CKT, umožňují jednofázovou i dvoufázovou technologii fermentace.

6.2.2 Druhy velkoobjemových nádob

Velkoobjemové tanky se staví na volném prostranství nebo do odlehčených budov. Izolace musí být dobře udělaná, aby odolávala střídavému počasí v letním i zimním ročním období. Mezi velkoobjemové nádoby patří: Asahi-tanky, Uni-tanky, Sférokonické tanky, Cylindrokonické tanky – tzv. CKT (**Obr. 23.**) a velkoobjemové horizontální ležácké tanky na dokvašování.

6.3 Kvašení a dokvašování piva v CKT

Velký vývoj a realizace kvašení a dokvašování piva v CKT nastaly po druhé světové válce. Konstrukce a vybavení tanků se postupně zlepšovala až do dnešního provedení.

V současné době patří technologie CKT v pivovarství mezi nejpoužívanější technologické metody při kvašení a dokvašování piva. V CKT dochází k nižší ztrátě hořkých látek – přibližně 10 %. Dosahuje se vyššího nasycení CO_2 . Dosahuje vysoké kvality vyrobeného piva, při současné vysoké produkci. Rozměry dokvašovacích tanků dosahují až výšky 40 metrů a průměr 10 metrů [Basařová, 2010].



Obr. 23. Cylindrokónické tanky

[Basařová, 2010]

6.4 Technologie v CKT

Materiál CKT je převážně z nerezové oceli. Povrchová úprava vnitřních stěn tanků je velice důležitá z důvodu odpouštění kvasnic a sanitace. Hladký povrch stěn neumožní uchycení většiny škodlivých bakterií. K chlazení se používá (nepřímé chlazení) roztoky solí, glykol, alkohol nebo přímý odpor amoniaku. Ve většině případů je v nádobě CKT plášťové chlazení, které je tvořeno spirálou. Důležitým požadavkem na chlazení je rychlost zchlazeného mladého piva po ukončení hlavního kvašení. Rychlost ovlivňuje výrobní dobu a sedimentaci kvasnic. Proto je požadováno zchlazení mladého piva z maximální teploty hlavního kvašení na teplotu dokvašování za 24 – 40 hodin. Chlazení CKT je řešeno jako soustava několika chladicích zón. Rozměry CKT na výšku a průměr jsou velice důležité na vliv kvality piva, zejména na obsah těkavých látek, obsah CO_2 a sedimentaci kvasnic [Kosař a Procházka, 2000].

6.5 Kontrola kvasného procesu v CKT a tradiční technologii

V porovnání s tradiční výrobou v maloobjemových kvasných a ležáckých nádobách se při kvašení a dokvašování v CKT používá řada čidel a speciálních zařízení, které automaticky snímají a registrují fyzikální, chemické a biochemické hodnoty v průběhu celého procesu, z nichž řada musí být u tradiční výroby stanovena v odebrání vzorku v laboratoři [Basařová, 2010].

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo probrat problematiku obsahu alkoholu a obsahu oxidu uhličitého v pivu v závislosti na úbytku extraktu v jednotlivých fázích výroby piva. Toto úzce souvisí s kvašením piva, a jak jednotlivé fáze kvašení ovlivňují jejich obsah. V nemalé míře závisí vniklý obsah alkoholu a oxidu uhličitého na způsobu hlavního kvašení. A to volbou hlavního kvašení, zda se jedná o kvašení piva spodní, či svrchní. Je tohle ovlivněno i použitím technologie, zda při výrobě piva je použita klasická česká technologie, kdy hlavní kvašení probíhá na otevřených spilkách a dokvašování v uzavřených ležáckých tancích, oproti moderní technologii kvašení v CKT.

Z pivovarského hlediska se nám jedná především o přeměnu zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek souvisí s mnoha dalšími složkami mladiny a vzniká při tom široké spektrum vedlejších produktů, které ovlivňují charakter hotového piva. Tohle v největší míře ovlivňuje složení mladiny a její množství zkvasitelných látek. Při kvašení, postupně klesá obsah sacharidů a mění se jejich poměr v kvasničném médiu. Nejrychleji a nejdříve se zkvašuje glukosa. Také i sacharosa, které je v kvasničné buňce rozštěpena už jako monosacharidy glukosa a fruktosa. Po poklesu hladiny glukosy na určitou úroveň dochází ke kvašení hlavního pivovarského cukru tj. maltosy. Tohle vše bylo popsáno při hlavním kvašení, a to jak dochází k úbytku extraktu v závislosti na nárůstu obsahu alkoholu a oxidu uhličitého. Při hlavním kvašení se dosahuje prokvašení mladiny ze 70 – 80 %. Zbýlý extrakt je pomalu dokvašen v ležáckých tancích, kde dochází k pozvolnému a pomalému sycení oxidem uhličitým.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BALLING, C. J. N.: *Die Gärungschemie wissenschaftlich begründet*, 3. vydání, Verlag von Friedrich Tempfsky, Prag 1865.

BASAŘOVÁ, G. *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva.*, Vyd. první., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: VŠCHT Praha, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.

BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I.: *České pivo*, II. vydání. Praha: Nuga. 1999. 230 p., ISBN 80-85903-08-3.

BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I.: *České pivo*, II. vydání. Praha: Nuga. 1999. 239 p., ISBN 80-85903-08-3.

BASAŘOVÁ, G. a kolektiv.: *Pivovarsko sladařská analýza*. Praha: Markanta, s.r.o., 1. díl, 1992, 388 p., 2. díl 1993, 248 p., 3. díl 1993, 199, 322 p.

FRKALOVÁ, Z. *Výroba piva, změny a perspektivy pro vstup do EU*. Zlín, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Josef Mrázek

<http://www.czhops.cz>

<http://www.slad.cz/vyrobky.php>

HOUGHT, J. S., BRIGGS, D. E., STEVENS, R., YOUNG, T. W.: *Malting and Brewing Science*, 2nd Ed. London: Chapman & Hall, 1982. 885 p. ISBN 0 412 16590-2.

CHARALAMBOUS, G.: *Involatile constituents of beer*. In: Pollock J. R. A. (Ad.), *Brewing Science*, Vol. 2. London: Academic Press, 1981, 629 p. ISBN 0-12-561002-5. P. 167-254.

CHODOVSKÝ, F.: *Příspěvek k dějinám českého pivovarnictví*. Praha: Alois Wiesner, nákladem výstavního výboru pivovarnického, 1886.

CHODOVSKÝ, F.: *Příspěvek k dějinám českého pivovarnictví*. Praha: Alois Wiesner, nákladem výstavního výboru pivovarnického, 1891.

JÄGER, P.: *CO₂- Rückgewinnung und CO₂-Verbrauch in Brauerei und AF Betrieb*. Mitt. Versuchsstn. Gärungsgewerbe Wien, 1987, 41, 8-13.

- JUCHELKA, V. *Stanovení polyfenolických látek v pivu v pivovaru Janáček*. Brno, 2008. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.
- KOSAŘ, K. a PROCHÁZKA, S.: *Technologie výroby sladu a piva* [online]. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., 2000, 398 s. ISBN 80-902-6586-3.
- MOLL, M: *Beer & Coolers*, English ed. Andover Hampshire: Intercept LTD, 1994, 495 p. ISBN 1-898 298-2.
- NOVÁK, J., BASAŘOVÁ, G., DOSTÁLEK, P. *Rychlost zkvašování sacharidů mladiny a buněčný cyklus pivovarských kvasinek. I. Metabolismus sacharidů tří kmenů pivovarských kvasinek za podmínek modelové kvašení*. Kvasny Prum. 2004a, 50(5), 142-148.
- NOVÁK, J., BASAŘOVÁ, G., FIALA, J.: *Rychlost zkvašování sacharidů mladiny a buněčný cyklus pivovarských kvasinek. II. Buněčný cyklus kmenů pivovarských kvasinek za podmínek modelové kvašení*. Kvasny Prum. 2004b, 50(7-8), 214-217.
- PFENNINGER, H., SCHUR, F., ANDEREGG, P.: Composition and analysis of hops and derived products. In: *Brewing Science*, Vol. 1, Ed. Pollock, J.R.A., 451-538. London: Academic Press, 1979. 579 p. ISBN 0-12-561001-7.
- Pivovarská revue: gastronomický magazín pro partnery společnosti Heineken Česká republika, a.s.* ENTRE s.r.o., 2/2011. Dostupné z: MK ČR E 17463
- Přírodovědecký časopis akademie věd české republiky, Vesmír* 83 (134), VESMAD 83(3), 121-180 (2004), ISSN 0042-4544.
- REICHENEDER, E., NARZISS, L.: *Untersuchungen über die Auswirkung von Hefeproteinen auf den Bierschaum*. Eur. Brew. Conv.: Proc 22th Congress, Zürich 1989, příspěvek 62, 577-584. Oxford: IRL Press, 1989. 792 p. ISBN 0-19-963 128-X.
- RYBÁČEK, V.: *Chmelařství*. Praha: SZN, 1980. 426 p.
- SARWA, A. J. *Velká kniha o domácí výrobě lihových nápojů: likéry, vína, piva, medoviny z léčivých rostlin, ovoce a zeleniny*. 1. vyd. Liberec: Gen, 2007, 350 s. ISBN 978-808-6681-719.

SLANINOVÁ, I., SVOBODA, A.: *Sexuální proces kvasinek Saccharomyces cerevisa model pro studium přenosu signálu. Biol. listy 1996, 61 (3-4), 197-212.*

ŠAVEL, J.: *Některé poznámky k testování kvasničných kmenů. Kvasny Prum. 1971a, 7(10), 217-223.*

VAN DER AAR, P. C., STRAVER, M. H., TEUNISSEN, A.: *Flocculation of brewer's yeast. Eur. Brew. Conv.: Proc. 24th Congress, Oslo 1993, příspěvek 27, 259-266. Oxford: IRL Přes, 1993. 736 p. ISBN 0-19 963 466-1.*

www.wikipedia.org

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

aj.	a jiné
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
°C	Celsiův stupeň
cca	cirka, přibližně, zhruba
g	gram
G ₀	klidová fáze buněčného cyklu
G ₁	nesyntetická fáze buněčného cyklu
G ₂	postsyntetická fáze buněčného cyklu (dorůstání pupenů)
hl.	hektolitr
hm.	hmotnost
kg	kilogram
MPa	megapascal
např.	například
Př. n. l.	Před našim letopočtem
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tj.	to je
VÚPS Praha	Výzkumný ústav pozemních stavem Praha
%	procento

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rostlina chmele

Obr. 2. Chmelařské oblasti v České republice

Obr. 3. Schéma dělení účinných chmelových látek.

Obr. 4. Ječmen setý

Obr. 5. Zrna různých druhů sladů

Obr. 6. Slad pšeničný pivovarský

Obr. 7. Speciální slady

Obr. 8. Nejrozšířenější náhražky sladu

Obr. 9. Životní (A) a buněčné (B) cyklus kvasinek

Obr. 10. Schematické znázornění propagace

Obr. 11. Chemická reakce štěpení škrobu na níže molekulární cukry, zejména glukosu, maltosu a dextriny

Obr. 12. Dvounádobová varna z konce 19. století

Obr. 13. Příklady rmutovacích postupů

Obr. 14. Příklad diagramu průběhu svrchního kvašení

Obr. 15. Kvasné (a), sedimentační (b) a růstové křivky pěti různých produkčních kmenů pivovarských kvasinek v kvasných válcích v mladině při 8 °C

Obr. 16. Otevřená nerezová kád'

Obr. 17. Zařízení k zakvašení přetlakem (tzv. "vajíčko")

Obr. 18. Automatické zařízení k provzdušňování a zakvašování mladiny

Obr. 19. Diagram fází spodního hlavního kvašení

Obr. 20. Fixace oxidu uhličitého během dokvašování

Obr. 21. Dřevěné ležácké nádoby

Obr. 22. Ocelové ležácké tanky v tradičním sklepu

Obr. 23. Cylindrokónické tanky

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Sled Výrobních operací při výrobě mladiny