

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

JAN SÜSS



Využití kvasinkových kmenů při výrobě piva
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Tomáš Gregor Ph.D.

Vypracoval:
Jan Süss

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Využití kvasinkových kmenů při výrobě piva, vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu Ing. Tomáši Gregorovi Ph.D. za poskytnutí cenných rad, připomínek a odborné vedení. Rád bych poděkoval mé rodině a přítelkyni za podporu a shovívavost.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá tématem využití kvasinkových kmenů při výrobě piva. V první půli bakalářské práce je uvedena stručná výroba piva, jeho nutriční hodnoty, složení, i suroviny potřebné k jeho výrobě, jmenovitě použití sladu, chmele, vody a kvasinek. Druhá část bakalářské práce je zaměřena na obecný popis kvasinek, jejich rozmnožování a důležitost v potravinářském průmyslu.

Po obecném popisu je práce zaměřena přímo na charakteristiku kmenů kvasinek používaných pro svrchní i spodní kvašení, které jsou dostupné v České republice i v zahraničí. V dalším bodě je podána charakteristika látek, které mohou negativně ovlivňovat dynamiku a průběh kvasného procesu.

Jsou zde popsány také nežádoucí druhy kvasinek, které se při nedodržení správného postupu mohou vyskytnout v procesu kvašení a měnit kvalitativní a senzorycké vlastnosti piva.

Klíčová slova: kvasinky, pivo, výroba, kvasný proces, *Saccharomyces*

Abstract

This final thesis is focused on topic of use the yeast strains in beer production. In first part of thesis is described brief overview of beer making process, its nutritional values, composition and also inputs needed for its production, namely malt, hops, water and yeast. Following part of thesis considers overall characteristics of yeast strains, their reproduction and their importance in food production industry.

After general description the thesis is focused on characteristics of individual strains of yeast used in top and bottom fermentation process, which are used in Czech Republic and also in foreign countries. In following point is discussed the characteristic of substances negatively influencing the dynamics and course of fermentation process.

Consecutively the undesirable genera of yeasts are described, which could occur at wrong brewer's practice and could negatively alter the qualitative and sensoric properties of beer.

Keywords: yeast, beer, production, fermenting process, *Saccharomyces*

OBSAH

1	Úvod	9
2	Cíl práce.....	10
3	Výroba piva.....	11
3.1	Šrotování	11
3.1.1	Používané postupy při šrotování.....	11
3.1.2	Typy šrotovníků	12
3.2	Vystírání.....	12
3.3	Rmutování	13
3.3.1	Způsoby rmutování:	15
3.4	Scezování.....	16
3.4.1	Postup při scezování:.....	16
3.5	Chmelovar	17
3.6	Chlazení mladiny	18
3.6.1	Hlavní kvašení.....	19
3.6.2	Faktory ovlivňující kvašení.....	20
3.7	Čeření piva.....	23
3.8	Sycení piva CO ₂	23
3.9	Plnění a pasterace	23
3.10	Pasterace piva	24
3.11	Kvasinky.....	25
3.12	Obecná charakteristika	25
3.13	Metabolismus.....	26
3.14	Rozmnožování kvasinek	26
3.14.1	Pohlavní způsob rozmnožování.....	26
3.15	Kvasinky při výrobě piva.....	27
3.15.1	Historie používání kvasinek.....	27
3.15.2	Současné používání kvasinek	27
3.15.3	Vedlejší produkty kvasinek.....	28
3.16	Kmeny kvasinek používané při výrobě piva	29
3.17	Kvasinkové kmeny používané při výrobě svrchně kvašených piv	29
3.18	Kvasinkové kmeny používané při výrobě spodně kvašených piv	33
3.19	Mikrobiální kontaminace piva.....	36

4	Závěr.....	37
5	Literatura.....	39
	SEZNAM ZKRATEK	41

1 ÚVOD

Vaření piva neboli pivovarnictví má v České republice dlouholetou tradici. Pivovarnictví prošlo modernizací, ale vlastní výroba prošla jen malou změnou. V dnešní době se snaží pivovary zvyšovat svoji produkci a zároveň snižovat náklady, aby si zajistily konkurenceschopnost. Probíhá zavádění novějších technologií, používání náhražek tak aby se snížily náklady na výrobu.

Kvasinky jsou známé už z historie, kdy už staří Egypťané začali vařit pivo a připisovali kvasinkám magickou moc. První kdo objevil kvasinky byl Antoinie van Leeuwenhoek.

V dnešní moderní době už nejsou kvasinky používány jen v kvasném průmyslu, ale i v krmném průmyslu a slouží i pro výživu lidí, protože obsahují množství vitamínu B. Kvasinky jsou heterotrofní mikroorganismy patřící mezi řád Houby. Rozmnožování probíhá pohlavně, ale i nepohlavně. V pivovarnictví hrají důležitou roli při kvašení mladiny a dávají pivu jeho typickou chuť. Dnes se na trhu vyskytuje velké množství kmenů. Tyto kmeny se používají ve specifických podmínkách a pivu dají typickou chuť. V současné době je výroba piva zaměřena na dva hlavní směry kvašení – kvašení spodní a kvašení svrchní. Mezi oběma směry se hledají takové typy kvasinek, které poskytují typické finální vlastnosti pro daný typ piva, patří mezi ně hlavně dobrá flokulovatelnost a minimální tvorba ovocných a květinových tónů u spodně kvašených piv, a příjemná aromata při vzniku esterů u svrchně kvašených piv.

2 CÍL PRÁCE

Cílem mojí bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši k zadanému tématu, zaměřit se stručně na technologii výroby piva, suroviny pro jeho výrobu a možnosti samotné technologie výroby piva.

Dále se zaměřit na kvasinkové kmeny používané pro výrobu piva, jak na historické, tak aktuální kmeny, i kmeny s alternativním použitím v pivovarnictví.

3 VÝROBA PIVA

3.1 Šrotování

Cílem šrotování je zajistit dokonalé rozemletí endospermu sladu (zpřístupnění škrobu pro štěpení ve varně) a zachování celistvosti obalových vrstev (pluch), které fungují jako filtrační materiál při scezování sladiny ve varně. Šrotováním se získá sladový šrot. (Basařová et al. 2010)

Sladové zrno určené ke šrotování není rozluštěno stejnoměrně. Nejvíce je zrno rozluštěno v zárodečné části zrna a nejméně ve špičce. Vzniklé podíly při mletí nemají stejné složení, fyzikální a biochemické vlastnosti. Z více rozluštěných částí se tvoří podíly jemné krupice a mouky. Z okolí špičky, která není dostatečně rozluštěna se nevyluhuje a extrakt a dochází k jeho ztrátám. Obalové části zrn jsou převážně tvořeny ve vodě nerozpustnou celulózu, která je chemicky i enzymově špatně štěpitelná.

Zařízení, na kterém se mele sladové zrno, se nazývá mlecí stolice, které jsou obvykle umístěny v samostatných místnostech, které obvykle sousedí přímo s varnou. Další přístroje, které se nachází v místnosti, jsou čističky sladu a odlučovače kovových příměsí.

3.1.1 Používané postupy při šrotování

3.1.1.1 Mletí sladu za sucha

Probíhá šrotování neupraveného suchého sladu, který je křehký a dobře rozluštěný. Tento typ šrotování probíhá na dvouválcových nebo šestiválcových šrotovnicích

3.1.1.2 Kondicionání sladu

Jde o proces jemného vlhčení sladového zrna párou, kdy se vlhkost zvyšuje a zvyšuje se také elasticita pluch. Při kondicionání se dbá, aby se navlhčily pluchy a endosperm zůstal celý.

3.1.1.3 Šrotování za mokra

Vlhkost sladu se zvyšuje na 18–20 % máčením sladu ve vodě o teplotě 50–70 °C, kdy dojde k navlhčení pluch

3.1.2 Typy šrotovníků

Šrotování probíhá ve šrotovně situované nad varnou. Používají se šrotovníky – mlecí stolice – 2 válce rotující proti sobě a jsou hladké nebo rýhované. Podle počtu válců se rozlišují:

Dvouválcové šrotovníky: tvořené jednou dvojicí válců, délka válců je 1 m a průměr 25 cm, mlecí štěrbinou 0,7 mm a rychlost 160–180 otáček za minutu. Používají se pro dobře rozluštěné slady. Tento typ šrotování slouží obvykle pro malé pivovary.

Čtyřválcové šrotovníky: jsou tvořené dvěma dvojicemi válců s mlecí štěrbinou 1,6 a 0,7 mm umístěnými nad sebou a oddělenými sítím pro prosévání meliva. První dvojice válců zrna částečně rozlomí a rozdrtí, na sítu se oddělí jemné podíly šrotu, hrubé krupice se rozdrtí na druhé dvojici válců (druhá dvojice se otáčí rychleji a má menší štěrbinu). Průměrná rychlost otáčení je 240–260 otáček za minutu u spodního páru a u vrchního páru je rychlost otáčení 170–180 otáček za minutu.

Šestiválcové šrotovníky: tvořené třemi páry válců s mlecí štěrbinou 1,5, 0,8 a 0,4 mm. Mezi válci jsou síta, která prosévají melivo, první dvojice válců provede předdrcení, na sítu se odstraní pluchy, na další dvojici válců se vymílají pluchy a na třetí drtí hrubá krupice. Dnešní moderní šrotovníky mají výkon až 90 kg na 1 cm válce. (Besarošová et al. 2010)

3.2 Vystírání

Smíchávání sladového šrotu s vodou při předepsané teplotě, nesmí dojít k tvorbě chuchvalců (používá se vystěradlo a míchadlo) a poškození enzymů šrotu.

Používají se 3 způsoby vystírání:

- 1) Studené:** teplota vody = 20 °C – voda se označuje rmutní a představuje 2/3 vody a po přidávku rmutní vody se přidává horká voda, představuje 1/3 z celkového obsahu vody a t = 80 °C a smícháním se teplota směsi vystírky zvýší na 35–38 °C
- 2) Vystírání do teplé vody:** ke šrotu se přidává voda o málo °C teplejší než 35–38 °C (40–42 °C). Po smíchání se docílí teploty 35–38 °C. Používá se pro špatně rozluštěné slady, aby se u nich nepoškodily enzymy přidávkem vařící vody.

3) Horké: používá se voda o $t = 62\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Používá se pro přelustěné slady a překročením teplot $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ se zabrání štěpení bílkovin a dosahuje se plnější chuti, lepší pěnivosti piva a zvýší se koloidní stabilita piva.

Pro světlá piva se připravuje řidší vystírka (slabší předek a menší výstřelky) – na 100 kg šrotu se přidá 5–6 hl vody.

Pro tmavá piva se připravuje hustší vystírka (silnější předek a větší výstřelky) – na 100 kg šrotu se přidá 4–5 hl vody.

Množství šrotu používané na 1 várku v kg se označuje jako sypání – suroviny, které vnášejí do várky extrakt, určují její objem a koncentraci. Várky mohou být samosladové nebo surogované.

Vystírá se převážně při teplotě $35\text{--}37\text{ }^{\circ}\text{C}$, doba vystírání je 10–30 min. Provádí se ve vystírací kádi opatřené míchadlem, poklopem, přívodem vody, vystěradlem, rozrážecí karbovací mříží a vypouštěcím ventilem, ve kterém probíhá vlastní míchání šrotu a vodou = zvlhčení. (Besarošová et al. 2010, Kosař et al. 2000)

3.3 Rmutování

Rmutování následuje ihned po vystírání, jedná se o vyhřívání vystírky (šrot s vodou) na optimální teploty, při kterých probíhá štěpení jednotlivých složek šrotu nejpriznivěji. Pro podporu enzymatické činnosti se udržují vhodné časové prodlevy při optimálních teplotách.

Optimální teploty:

$t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ kyselinotvorná - optimální pro činnost fosfatáz, odštěpení kyselina fosforečná z makroergických vazeb a vytváří potřebné pH vystírky. Uplatňuje se při vystírání.

$t = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$ peptonizační – optimální pro činnost proteáz, provádí se při zapařování vystírky, k vystírce se přidává horká voda o teplotě $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ v takovém množství, aby po smíchání s vystírkou stoupla teplota z $35\text{--}37\text{ }^{\circ}\text{C}$ na požadovanou teplotu $52\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$t = 62,5\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$ I. cukrotvorná – optimální pro činnost α amyláz, které štěpí dextriny na zkvasitelné cukry.

$t = 72,5\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$ dextrinotvorná, neboli vyšší cukrotvorná optimální pro činnost α amyláz, štěpí škrob na dextriny

$t = 75\text{--}78\text{ }^{\circ}\text{C}$ odrmutovací, neboli konečná teplota při rmutování, je důležitá aby nedošlo k poškození alfa amyláz

Během rmutování dochází k rozštěpení složek sladu a vytvoření extraktu roztoku, je tvořen převážně cukry maltózou a glukózou, aminokyseliny a jinými rozpustnými látkami.

Při rmutování se štěpí 2 základní látky:

1) **ŠKROB:** štěpí se přes dextriny na maltózu a glukózu, štěpení probíhá ve 3 fázích:

- **Bobtnání a mazovatění škrobu:** škrobová zrna váží vodu, bobtnají a praskají, jsou přístupná pro enzymatické štěpení (při $t = 55\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- **Ztekucení škrobu:** štěpení škrobu na dextriny činností alfa amyláz
- **Zcukření škrobu:** štěpení dextrinů na maltózu a glukózu činností beta amyláz

Při rmutování musí být veškerý škrob dokonale zcukřen, jinak by docházelo ke škrobovým zákalům u piva. Kontrola zcukření se provádí jodovou zkouškou (v přítomnosti škrobu vzniká s jodem modré zbarvení, jednoduché cukry reagují za tvorby žlutého zbarvení)

2) **BÍLKOVINY:** účelné štěpení je pouze z 1/3

- štěpením vznikají AK a peptidy, které slouží jako živiny pro kvasinky, příznivě ovlivňují tvorbu pивní pěny a vytváří chlebnatou chuť piva, ale mohou způsobit i bílkovinné zákaly piva
- štěpí se enzymy proteázami, proteinázami a peptidázami

Nerозložené bílkoviny se odstraňují při chmelovaru vysrážením tříslovinami z chmele (lom mladiny). (Kosař et al. 2012)

3.3.1 Způsoby rmutování::

Rozlišují se podle vyhřívání a povaření části vystírky na 2 způsoby:

1) Infuzní způsob (bez povaření) - rmutování se provádí tak, že celá vystírka se zahřívá na rmutovací teploty za dodržení příslušných časových prodlev (52, 62, 72, 78 °C). Používá se v zahraničí (Belgie, Francie, Anglie)

Piva jsou chuťově měkká, nevýrazná a vodnatá, mají světlejší barvu a bývají hluboko prokvašená.

2) Dekokční způsob (s povařením): Část vystírky se odděluje a povaří (1/3–1/4), vrací se zpět ke zbylé vystírce. Odebíraná část vystírky se označuje jako rmut. Povařováním rmutu získává pivo výraznou chuť, používá se u českých piv. Způsob vyžaduje dvě nádoby:

- **Vystírací nádoba:** Obsahuje zbylou část vystírky (2/3)
- **Rmutovací kotel:** používá se k povařování odebírané části vystírky (rmutu). Rmutování se provádí záhřevem na rmutovací teploty za dodržení prodlev a následným povařením rmutu při bodu varu. Vařící rmut se přečerpá k hlavnímu podílu vystírky ve vystírací kádě za stálého míchání. Smícháním dojde k vzestupu teploty na následující vyšší rmutovací. Podle počtu odebíraných rmutů se rozlišují: 1, 2 a 3rmutový systém. Nejběžnější způsob je dvourmutový:

Sladový šrot se vystírá do vody 37 °C a zapařuje se na teplotu 52 °C. Objem 1. rmutu je asi 40 % celé vystírky.

První rmut se spustí do rmutové pánve, kde se vyhřívá pozvolna na teplotu 70–74 °C. Teplota se udržuje 15–20 minut do rozložení (kontrola jodovou zkouškou). Pak se rychle zahřeje k varu a vaří se asi 30 minut. Vařící rmut se za intenzivního míchání přečerpá do vystírací kádě, kde teplota směsi stoupne na 62–65 °C.

Po důkladném promíchání se spustí 2. rmut do rmutovací pánve a vyhřeje na teplotu 70–72 °C do rozložení škrobu, rychle se přivede k varu. Po 15–20 minutovém varu se opět přečerpá do vystírací kádě, v níž stoupne teplota na 75–78 °C. Dosažením odrmutovací teploty je rmutování skončeno. Doba rmutování trvá 4–4,5 hodiny, ihned následuje scezování.

Třírmutový systém se používá u špatně rozluštěných světlých sladů a při výrobě tmavých piv. Postup je obdobný jako u dvouřmutového. Vystírá se do studené vody a zapařuje se na teplotu 37 °C. Při této teplotě se stáhne 1. rmut do rmutové pánve, zahřívá se na teplotu se 70–72 °C. Teplota se udržuje 15–20 minut do rozložení (kontrola jodovou zkouškou). Pak se rychle zahřeje k varu a vaří se asi 30 minut. Vařící rmut se za intenzivního míchání přečerpá do vystírací kádě, kde teplota směsi stoupne na 52 °C. Po důkladném promíchání se spustí 2. rmut do rmutové pánve a vyhřeje na teplotu 70–72 °C do rozložení škrobu, rychle se přivede k varu. Po 15–20 minutovém varu se opět přečerpá do vystírací kádě, v níž stoupne teplota na 65 °C. Po důkladném promíchání se spustí 3. rmut do rmutové pánve, rychle se přivede k varu. Po 15minutovém varu se opět přečerpá do vystírací kádě, v níž stoupne teplota na 75–78 °C. Dosažením odrmutovací teploty je rmutování skončeno. Doba rmutování trvá 51,5 hodiny. (www.pivnidenik.cz)

3.4 Scezování

Zcezování je způsob filtrace, při němž má mláto úlohu filtračního materiálu a probíhá ve dvou fázích stahování předku a vyslazování mláta.

Stahování předku je oddělování sladiny od pevných zbytků mláta. Při vyslazování se horkou vodou vyluhuje z mláta zbylý extrakt. Používá se základní zařízení - scezovací kádě nebo sladinové filtry.

Scezovací kádě jsou válcové nádoby opatřené jalovým dnem, na které usedá mláto a vytváří filtrační vrstvu, kopačkou s noži pro kypření mláta a výhoz mláta, kropidlem pro přívod vyslazovací vody, odvodovými trubkami z úseků jalového dna do scezovacích kohoutů. (www.pivnidenik.cz)

3.4.1 Postup při scezování:

Do scezovací kádě se nejprve napustí horká voda pod jalové dno za účelem odvzdušnění a vyhřátí zařízení, z vystírací kádě se přivádí zcukřené dílo za chodu kypřidla, aby se rovnoměrně rozdělilo na dno, pak se nechá odpočinout (20–30 minut se nechá stát a dochází k sedimentaci pluch a vytváří se filtrační vrstva 30–40 cm vysoká a nad ní se shromažďuje sladina). Po odpočinku se provádí podrážení - rychlé otvírání a zavírání sousedních scezovacích kohoutů a tím dochází ke strhávání kalových částic usazených pod

jalovým dnem a odtéká kalová sladina a ta se přečerpá se zpátky do scezovací kádě, dokud nevytéká čirá sladina. Odtéká-li čirá sladina nastává stahování předku – odvod sladiny přes zcezovací kohouty do mladinové pánve. Předek má koncentraci o 3–5 % vyšší než vyráběné pivo. Zrychlení stahování předku je možné pomocí plovákového zařízení na hladině sladiny (stahování horem). Stahování předku trvá asi 1,5 hodiny, končí, objeví-li se na hladině mláto.

Na závěr se provádí vyslazování vodou o $t = 75\text{--}78\text{ }^{\circ}\text{C}$ a voda se přivádí do kropícího zařízení nepřetržitě nebo 2–3 částech. Vyslazování končí při obsahu 0,5 % extraktu ve výstřelcích nebo je-li dílo v mladinové pánvi pohromadě. Doba vyslazování je 90–120 minut. Probíhá při teplotě 75–78 °C. Mláto se používá ke krmným účelům. (www.zapivem.cz)

3.5 Chmelovar

Ke chmelení se nejčastěji používá chmelový granulát, extrakt, nebo klasický hlávkový chmel. V průběhu chmelovaru probíhají důležité technologické pochody:

- **Vysrážení bílkovin:** je to nejdůležitější děj. V mladině se vytvoří vločky tříslavinobílkovinných komplexů (lom mladiny). Při nedokonalém lomu mladiny obsahuje mladina vysokomolekulární bílkoviny a u piva se tvoří bílkovinné zákaly a vzniká bílkovinná hořkost piva. Chmelovarem získá mladina jiskru - dokonalou čírost.
- **Odpaření vody:** žádoucí z 6–10 % celkového objemu mladiny. Odpařením vody se zvýší koncentrace extraktu a docílí se požadované stupňovitosti mladiny (koncentrace extraktu).
- **Sterilizace mladiny:** intenzivním varem se umrtví přítomné MO a enzymy.
- **Změna barvy:** mírně se zvyšuje vznikem melanoidů a karamelizací cukerných látek. Kvašením se barva zesvětlí.
- Izomerace hořkých kyselin na izo α hořké kyseliny rozpustné ve vodě
- Docílení sensorických vlastností přidavkem chmele: hořká chuť a vůně

Chmelovar probíhá v mladinové pánvi válcového tvaru. Objem bývá 2x větší než je objem rmutovací pánve a počítá se v průměru 9 hl na 100 kg sypání. Obsah pánve má být o 40–60 % větší než objem studené mladiny. Jsou vyrobeny z mědi nebo nerez oceli, výška pánve je 1/2 průměru aby byl zajištěn dobrý odpor. Jsou opatřeny míchadlem, v horní části parníkem k odvodu vypařené vody. Mohou být vyhřívány přímo spaliny z uhlí, oleje nebo plynů nebo nepřímo topnou parou o teplotě 160–170 °C a teplosměnná plocha je řešena jako duplikátor nebo trubkový výměník.

Doba chmelovaru je 90–100 min. a var musí být intenzivní. Prodloužení doby varu není žádoucí, protože dochází k převaření lomu a vznikne lom jemně vločkovitý, mladina se zakalí a dojde k negativnímu ovlivnění chuti piva.

Na ukončení chmelovaru navazuje čerpání horké mladiny, ze které musí být odstraněny kaly a zachyceny hlávky chmele. Zbytky chmele se označují jako chmelové mláto a mohou se oddělit na tzv. chmelovém cízku, naplavovacím filtru nebo na odstředivkách. Chmelové mláto se používá jako krmivo nebo se spaluje. Při použití mletých a granulovaných chmelů se odstraňují pouze kaly a používají se vířivé kádě. (Besarošová 2010)

3.6 Chlazení mladiny

Před zakvašením se snižuje teplota mladiny na zákvasnou teplotu 5–6°C chlazením studenou a ledovou vodou v tepelných výměnících (chladiče). Vychlazená mladina se provzdušňuje vzduchem, nasycení je důležité pro rychlé pomnožení kvasinek a pro dosažení požadovaného prokvašení piva. Doporučený obsah kyslíku je 7–8 mg/l. V současné době chlazení probíhá v uzavřeném zařízení, je bráněno absorpci vzdušného kyslíku a mladina se sytí CO₂ v provzdušňovači po vychlazení na zákvasnou teplotu při čerpání do kvasných kádí (dávkování vzduchu do potrubí v malých bublinkách o průměru 1 mm).

Mladina se zakvašuje várečnými kvasnicemi – kulturní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které vylučují komplex enzymů – zymáza, pomocí něho dochází k přeměně zkvasitelných cukrů extraktu mladiny na ethanol a CO₂, případně vedlejší produkty. Kvasnice si uvolní energii pro životní pochody a prostředí se zahřívá. Kvašením se získá mladé = zelené pivo. Kvašení mladiny má 2 fáze:

1) **HLAVNÍ KVAŠENÍ:** Probíhá bouřlivě, na spilce v otevřených kvasných kádích nebo v uzavřených CKT

2) **DOKVAŠENÍ A ZRÁNÍ:** Probíhá klidně v uzavřených kvasných nádobách v ležáckých sklepích nebo v CKT, pivo se sytí CO₂. (Besarošová et al. 2010)

3.6.1 Hlavní kvašení

Cílem je neúplné zkvašení cukernatých látek extraktu za tvorby ethanolu, CO₂ a vedlejších produktů. Využívá se činnosti kvasinek spodního kvašení, tzn. pracuje se s kulturními kvasinkami, které po dokvašení sedimentují na dno nádob. Snáší teploty od 5–10 °C, prokvašují pomaleji, doba kvašení trvá 8–14 dní podle koncentrace extraktu mladiny. Po prokvašení tvoří na dně kádě tuhou sediment, pěna na povrchu kádí je na kvasinky chudá. Během kvašení je pro kvasinky typická růstová křivka – grafické znázornění počtu MO v průběhu kvašení. (Kosař et al. 2012)

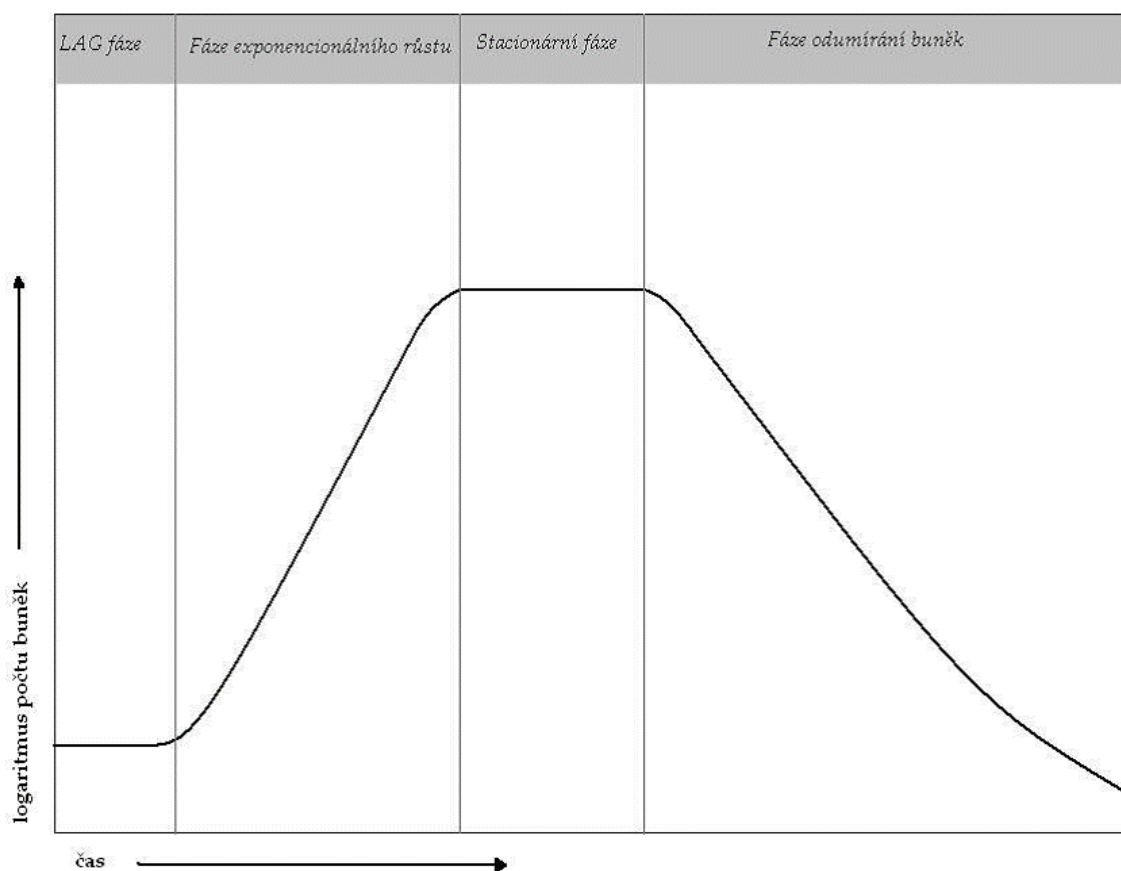
Růstová křivka má 4 fáze:

1) **PŘIZPŮSOBOVACÍ:** kvasinky se přizpůsobují prostředí, je zde velká spotřeba kyslíku

2) **EXPONENCIÁLNÍ:** kvasinky se rychle pomnožují a dochází k největší kvasné činnosti

3) **STACIONÁRNÍ:** rychlost nárůstu počtu kvasinek se zastaví vlivem vyčerpání živin a nahromadění metabolitů

4) **ODUMÍRACÍ:** zastavuje se množení a dochází k nárůstu mrtvých buněk (Besarošová et al. 2010)



Obrázek 1: Růstová křivka (Šilhánková, 2008)

3.6.2 Faktory ovlivňující kvašení

- **TEPLOTA:** používá se studené vedení kvašení, optimální teplota 5–9 °C
- **DRUH A DÁVKA KVASNIC:** rozhoduje o kvalitě piva a o průběhu kvašení. Dávkování: 0,5 l hustých kvasnic/100 l mladiny.
- **SLOŽENÍ MLADINY:** musí mít dostatek zkvasitelného extraktu – zkvasitelných cukrů (maltóza tvoří extrakt z 90 %) a dusíkatých a minerálních látek (Ca, K, Mg, Zn)
- **NASYCENÍ MLADINY O₂:** je důležité v 1. fázi pro rychlé pomnožení kvasinek, optimální koncentrace pro zakvašení je 5–8 mg /l mladiny. Při trvalém nedostatku kyslíku se mění vlastnosti kvasinek - zhoršení výtěžnosti, prodlužuje se 1. fáze.

STÁDIA HLAVNÍHO KVAŠENÍ

Posuzují se podle vnějšího vzhledu kvasného prostředí po zakvašení kvasinkami

1) ZAPRAŠOVÁNÍ: během 12–24 hodin. Vlivem unikajícího CO₂ se od stěn začíná tvořit bílá jemná pěna, extrakt mírně klesá, teplota se zvyšuje. Pěna se hromadí při okraji kádě, postupně se rozprostírá po celém povrchu.

2) FÁZE BÍLÝCH NÍZKÝCH KROUŽKŮ: po 24–36 hodinách. Na povrchu se tvoří hustá bílá pěna, trvá 2–3 dny. Klesá pH, zvyšuje se množství CO₂ a teplota. Rychle se pomnožují kvasinky

3) FÁZE HNĚDÝCH VYSOKÝCH KROUŽKŮ: po 3–4 dnech jsou vynášeny chmelové pryskyřice a kaly, tím pěna hnědne, narůstá teplota (udržuje se chlazením na 10–12 °C). Probíhá intenzivní etanolové kvašení za úbytku extraktu.

4) PROPADÁNÍ DEKY: nastává shlukování kvasinek a jejich sedimentace na dno kádí, kvašení ochabuje. Pěna – deka se propadá (nesmí propadnout do mladého piva – obsahuje chmelové pryskyřice, způsobily by intenzivně hořkou chuť).

Konečným produktem kvašení je mladé pivo.

Způsoby zakvašování (přídavek kvasinek):

- **Ručním protahováním:** husté kvasnice se v potřebné dávce procedí přes síto do dřevěné nádoby a přidá se k nim malý objem mladiny - připravený zákvas se nalévá do kvasných nádrží. Po dávkování kvasnic následuje provzdušňování zakvašené mladiny, kdy se používá píšťala, do které se vhání vzduch a je rozptylován růžicí do kvasné kádě
- **Zakvašovacím přístrojem:** používá se pojízdná nádoba ve tvaru hrušky. Objem nádoby odpovídá objemu zákvasu pro jednu kád'. K vyprazdňování nádoby se používá stlačeného sterilního vzduchu. Po dávkování kvasnic následuje provzdušňování zakvašené mladiny – používá se píšťala, do které se vhání vzduch a je rozptylován růžicí do kvasné kádě
- **Dávkovacím čerpadlem:** kvasnice jsou dávkovány do protékající mladiny v potrubí přiváděné do kvasných kádí. Je to nejpoužívanější způsob

Během kvašení se udržuje maximální teplota 7–10 °C a dosahuje se jí chlazením:

- **Přímým:** do spilky zasahuje výparník nebo solankový chladič vzduchu, který odebírá okolí teplo a chladí prostor.
- **Nepřímým:** do spilky se vhání podchlazený vzduch
- **Vnitřním chlazením kádí:** jsou vybaveny hadovými nebo trubkovými chladiči se studenou vodou

Cílem dokvašování a zrání je pomalé zkvašování extraktu při nízkých teplotách. V mladém pivu je 2–5 % zbylého zkvasitelného extraktu. Dokvašení probíhá při 0–2 °C a musí probíhat v uzavřených nádobách, aby se zabránilo unikání CO₂ a podpořilo se jeho nasycení a fixování v pivu. Dochází i k vyčechání piva a vytváří se potřebné sensorické vlastnosti piva.

Dozrávání probíhá ve vychlazených izolovaných prostorách a mohou být podzemní (ležácké sklepy) nebo nadzemní. Prostory jsou chlazeny výparníky nebo chladiči vzduchu. Jsou v nich instalovány ležácké nádoby - uzavřené ležácké tanky ocelové s úponem, hliníkové nebo nerezové. Tanky jsou ležaté nebo stojaté tlakové nádoby. Prostory jsou chlazeny výparníky nebo chladiči vzduchu. (www.zapivem.cz)

- Pozvolný pokles teploty mladého piva

Z 5–6 °C na 0–2 °C. Pokles je o 1 °C na 1 den a chrání se tak před „chladovým šokem kvasinek“

- Pozvolné zkvašování zbylého extraktu

Obsah extraktu je 2–5 %. Sudované mladé pivo má stupeň prokvašení 72 % a konečný stupeň prokvašení má být 77–79 %.

Nízký rozdíl mezi stupněm prokvašení a dosažitelným stupněm prokvašení neumožní vytvoření potřebného tlaku CO₂.

Největší úbytek extraktu je první 3 dny po sudování a je způsoben provzdušňováním piva a zintenzivněním

Činnosti kvasinek – úbytek bývá na 1/2. (Besarošová et al. 2010)

3.7 Čeření piva

Sudované pivo obsahuje 10–15 milionů kvasinek/1 ml a velké množství kalů. Během dokvašování piva dochází k usazování kvasinek a kalů a tím k vyčeření. Vyčeření závisí na teplotě (čím je nižší, tím je čeření pomalejší), velikosti nádob, době dokvašování a množství kalů v pivě.

- Vytvoření sensorických vlastností

Proces se označuje jako zrání piva. Je ovlivněn změnami:

- **Mechanickými:** sedání bílkovinných kalů a hořkých látek – otupuje se bílkovinná hořkost piv
- **Chemickými:** změna koncentrace některých látek (klesá koncentrace acetaldehydů, vyšších alkoholů, SO₂, thiolů, zvyšuje se koncentrace esterů a vytváří se požadovaná vůně piva). (Kosař et al. 2012)

3.8 Sycení piva CO₂

Mladé pivo při sudování má obsah CO₂ asi 0,2 %, konečná hodnota má být 0,4–0,45 %. Obsah CO₂ v pivu závisí na tlaku a teplotě a uděluje pivu plnost chuti a říz a podílí se na tvorbě pěny. Čím nižší je teplota zrání, tím je absorpce a fixace CO₂ větší. Nasycení je rušeno přítomností kovových iontů, které ruší vazbu CO₂ a následuje bouřlivé pění. Může se vyskytovat i tzv. přepěňování piva „gushink“ a projevuje se intenzivním pění piva a je způsobeno nekvalitním sladem.

Při sudování piva se nechá volný prostor v tanku (3–5 %) pro polštář CO₂, tanky se vzduchotěsně uzavřou hradicím přístrojem s nastavením hradící tlaku, který odpovídá teplotě sklepa.

3.9 Plnění a pasterace

Stáčení piva = plnění: cílem je převést dokvašené a chuťově vyzrálé pivo do transportních nádob s minimálními ztrátami a změnami na kvalitě.

Základní požadavky při stáčení:

- minimální ztráta CO₂, aby neutrpěla jakost piva
- zachování tlaku – izobarické stáčení
- nízká teplota piva
- zabránit MB kontaminaci
- zabránit provzdušňování piva – zvýší-li se obsah kyslíku, dojde k oxidaci třísloviny na chinony, aminokyselin s SH skupinami – k vytvoření koloidního zákalu piva a ke změně chuti a vůně. Obsah volného kyslíku nesmí překročit 1mg /l piva. (Basařová, 2010)

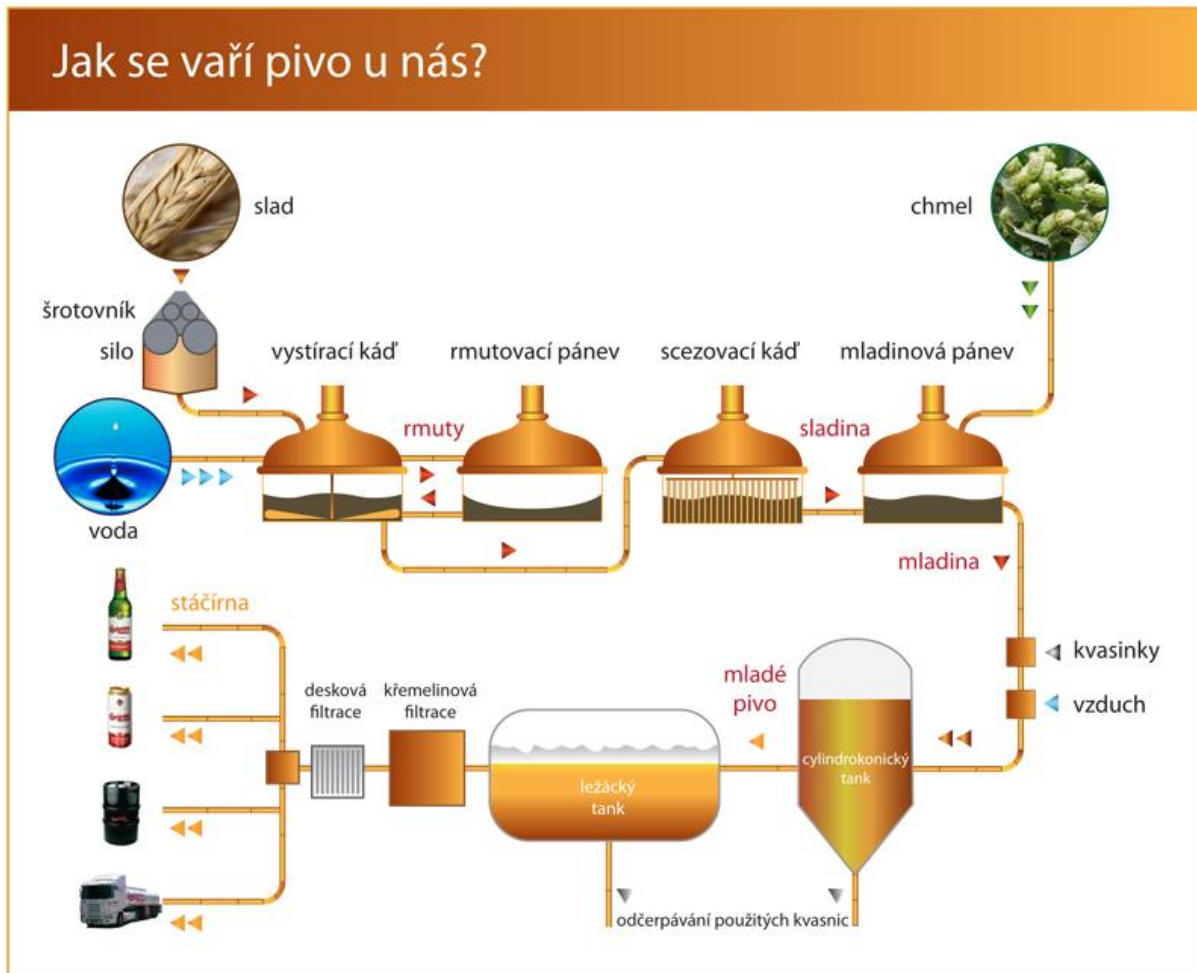
Zařízení pro stáčení piva má 2 oddělení:

- 1) Sklepy s přetlačnými tanky:** stojatými z nerez oceli, vytváří zásoby zfiltrovaného stabilizovaného piva. Z nich se pivo dopravuje přetlakem CO₂ přes směšovač piva do plniče.
- 2) Vlastní stáčecí linka:** typ závisí na používaném transportním obalu pro pivo linky na KEG sudy, lahve a plechovky.

3.10 Pasterace piva

Zajišťuje dlouhodobou MB stabilitu piva, pasterace se provádí usmrcením přítomných MO v pivu. PH piva je 3,9 až 4,1 – jedná se o kyselé prostředí, ve kterém vegetují citlivé formy MO. Pro jejich usmrcení stačí teploty do 1000 °C a v praxi se udává, že při sterilaci piva by měla působit teplota 650 °C po dobu 25 – 30 minut. Proces pasterace má mít minimální vliv na fyzikální stabilitu – barvu a pH.

(www.pasteurbrewing.com)



Obrázek 2: Schéma výroby piva (www.budejovickybudvar.cz)

3.11 Kvasinky

3.12 Obecná charakteristika

Kvasinky jsou obvykle kulovité nebo elipsovité jednobuněčné houby, které se rozmnožují pohlavně i nepohlavně. Jsou heterotrofní eukaryotní organismy, které náleží mezi houby (*Fungi*). Jejich český název vznikl ze schopnosti zkvašovat cukry (monosacharidy, některé disacharidy a trisacharidy životu. Mezi nejdůležitější zástupce této skupiny patří rody *Candida* a *Neurospóra*. (Šilhánková 2008).

Kvasinky jsou bohatým zdrojem vitamínu B. Různé formy pivovarských kvasinek se používají také jako doplněk stravy. Našli také uplatnění v genetickém inženýrství pro výrobu důležitých enzymů a hormonů, které se používají v lékařství k hojení ran a ke

snížení zánětu. Ne všechny kvasinky jsou zdravotně prospěšné, existují takové, které způsobují onemocnění jako kandidózu jako příklad. (Šilhánková, 2008)

Kvasinky se vyskytují v půdě, ve vodě, na povrchu rostlin, na kůži člověka a jiných živočichů. Stejně jako ostatní houby, kvasinky získávají jídlo z organické hmoty kolem nich; vylučují enzymy, které rozkládají organickou hmotu na živiny, které mohou absorbovat. (science.howstuffworks.com)

Kvasinky jsou nezbytně nutné při výrobě kvasných produktů, kdy zkvašují jednoduché cukry na alkohol (etanol) a přitom vzniká velké množství CO₂. Mezi technologicky nejvýznamnější kvasinku patří druh *Saccharomyces cerevisiae*. (www.rpi.edu)

3.13 Metabolismus

Je to souhrn látkových přeměn, při kterých dochází k přeměně látek i energie v živých organismech.

Rozlišujeme dva procesy:

- **Katabolismus:** je to soubor rozkladných dějů při kterých z látek složitějších vznikají látky jednodušší
- **Anabolismus:** je soubor reakcí, kdy z jednodušších látek vznikají látky složitější. Energie je při těchto reakcích spotřebovávána. (Benešová et. al.,2003)

3.14 Rozmnožování kvasinek

Většina kvasinkových kmenů se rozmnožuje vegetativně pučením. Při pučení vzniká malá dceřinná buňka, která se nazývá pupen a je spojena kanálkem s mateřskou buňku. V počáteční fázi migrují z mateřské buňky do dceřinné vakuoly a mitochondrie následované jádrem a dalšími složkami cytoplazmy. Kanálek se uzavře cytoplazmatickou membránou. V poslední fázi se vytvoří buněčná stěna a začne okamžité oddělení dceřinné buňky. (Balasubramanian, 2004)

3.14.1 Pohlavní způsob rozmnožování

Pohlavní spóry jsou výsledkem pohlavního rozmnožování a nazývají se askospory umístěné ve vřecku neboli asku. Při rozmnožování se spojí 2 haploidní buňky a dochází ke

konjugaci. Při konjugaci se spojí jádra buněk za vzniku diploidního jádra, které se pomocí meiózy změní ve čtyři haploidní jádra. Dále se mohou vytvořit pohlavní spóry nebo se může dělit další mitózou a pak vznikne spóra. (Šilhánková et al. 2008)

3.15 Kvasinky při výrobě piva

Mezi nejčastěji používanou kvasinkou při výrobě piva je druh *Sacharomyces cerevisiae*. Je to technologicky nejvýznamnější kvasinka, která má tvar buňky kulovitý až oválný. Velikost 6–7 x 7,5–8,7 μm. Používá se především jako kvasinka vinná, lihovarnická a pivní.

3.15.1 Historie používání kvasinek

Kvasinky byly používány lidmi už od starověku, kdy ještě nebyl vynalezen psaný jazyk. První zmínka o kvasinkách pochází ze starého Egypta, kdy Egypťani používali kvasinky při fermentačním procesu výroby alkoholického nápoje asi před 5000 lety. Fermentační proces v té době nebyl pochopen a byl mnohdy přirovnáván k magickému činu. (www.dakotayeast.com)

3.15.2 Současné používání kvasinek

V dnešní době se nachází doslova stovka druhů a poddruhů kvasinkových kmenů. Dříve existovali jen 2 druhy kvasinek.

Klasické pivní kvasinky pro svrchní kvašení (*Saccharomyces cerevisiae*), jsou používány v rozmezí teplot 10–25 °C, ale některé kmeny kvasinek neprokváší při teplotě pod 12 °C. Pivovarské kvasinky pro svrchní kvašení při fermentaci putují k povrchu a vytváří bohatou bílou pěnu. Tyto děje se dějí ve spilce a má 4 fáze. Kvašení v těchto poměrně vysokých teplotách vzduchu vytváří v pivě estery, které dodávají pivu specifickou tvář. Tento způsob kvašení je ideální pro výrobu piva Porter, Strout a pšeničných piv.

Pivovarské kvasinky pro spodní kvašení (*Saccharomyces cerevisiae*, dříve známé jako *Saccharomyces uvarum*). Ležácké kvasinkové kmeny se nejčastěji používají v rozmezí teplot 7–15 °C. Při těchto relativně nízkých teplotách kvasinky rostou pomaleji než u svrchních kvasinek. Produkují menší pěnu při kvašení a usazují se na dně kvasné kádě, když už se blíží konec kvašení.

Konečná chuť piva závisí na mnoha faktorech: teplota vzduchu, kmen pivovarských kvasinek a vlhkost.

Piva, která se vyrábí způsobem spodního kvašení jsou Pilsner, Dortmunders, Bocks.

V důsledku nedávné klasifikace pivovarských kvasinek jak pro spodně a svrchně kvašené pivo jsou všechny kvasinky klasifikovány jako druh *Saccharomyces cerevisiae*.

Existuje ještě jeden druh fermentace, a to spontální kvašení, kdy je pivo otevřeno tak, aby kolem něho proudil vzduch. Toto kvašení probíhá pomocí divokých kvasinek.

Jedním z typických zástupců je kmen *Brettanomyces Lambicus*. Pivo vyrobené tímto způsobem je kyselé, nefiltrované a inspirované tradiční metodou v oblasti Zenne regionu. Tento způsob vaření byl po desetiletí používán v regionu Západní Flandry v Belgii. (www.howtobrew.com)

3.15.3 Vedlejší produkty kvasinek

Kvasinky mají velký vliv na vůni a chuť vyráběného piva. Chuť a vůně piva je velmi složitá, je odvozena z široké škály prvků, které vznikají z různých zdrojů. Nejen, že slad, chmel, voda a mají vliv na chuť, tak se syntézu kvasinek, které tvoří vedlejší produkty během kvašení a zrání. Nejdůležitějšími produkty jsou alkohol (etanol), oxid uhličitý a mnoho dalších látek, jak už pozitivně ovlivňující pivo, tak i negativně:

acetaldehyd (aroma zeleného jablka)

diacetyl (máslová nebo karamelová chuť a vůně)

dimethyl sulfid (chuť nebo aroma sladké kukuřice)

hřebíček (pikantní charakter připomínající hřebíček)

ovocný / estery (chuť a aroma banánů, jahod, jablek, nebo jiné ovoce)

léčivé (chemické nebo fenolické znaky)

fenolické (chuť a aroma nemocnice, plastu)

rozpouštědla (připomínající aceton nebo lak na ředění)

síra (připomínající vůni zkažených vajec) (www.beeradocate.com)

3.16 Kmeny kvasinek používané při výrobě piva

3.17 Kvasinkové kmeny používané při výrobě svrchně kvašených pív

RIBM 139 California Ale Yeasts

Tento kmen je vhodný pro výrobu jakéhokoli piva typu Ale. Kmen produkuje piva s výraznou chmelovou příchutí a snáší vyšší koncentrace alkoholu.

Prokvašení je mezi 73–80 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 20–23 °C

Tolerance k alkoholu: vysoká (www.beerresearch.cz)

RIBM 145

Kmen vhodný k výrobě tradičního německého pšeničného piva. Produkuje banánové a hřebíčkové aroma.

Prokvašení: 72–76 %

Sedimentace: nízká

Optimální teplota kvašení: 20–22 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.beerresearch.cz)

RIBM 146

Původní americký kmen, který je vhodný pro výrobu pšeničných pív s nižší produkcí banánového a hřebíčkového aroma.

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: nízká

Optimální teplota kvašení: 18–21 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.beerresearch.cz)

RIBM 153- Wit Ale Yeast

Původem belgický kmen vhodný pro výrobu piva Wit. Vytvářené aroma je lehce fenolické až kyselé s banánovými a koriandrovými tóny.

Prokvašení: 74–78 %

Sedimentace: nízká až střední

Optimální teplota kvašení: 19–23 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.beerresearch.cz)

RIBM 154 Trappist Ale Yeasts

Vhodné pro výrobu trapistických silných piv, belgických Ale, piv Dubbles a Tripples. Produkuje ovocité příchutě a švestkové aroma.

Prokvašení: 75–80 %

Sedimentace: střední až nízká

Optimální teplota kvašení: 18–22 °C

Tolerance k alkoholu: vysoká (www.beerresearch.cz)

RIBM 155 Abbey Ale Yeasts

Slouží podobně jako kmen RIBM 154 k výrobě trapistických piv. Má méně ovocité příchutě a snáší vyšší koncentraci alkoholu.

Prokvašení: 75–80 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 19–22 °C

Tolerance k alkoholu: vysoká

Typ vyráběného piva: belgický Ale, Dubble a Tripples (www.beerresearch.cz)

RIBM 156 Belgian Ale Yeasts

Univerzální kmen sloužící pro výrobu široké škály belgických piv. Chuťovému profilu dominuje fenolická a kořená příchut'. Ovocité příchutě jsou slabší.

Prokvašení: 78–85 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 20–26 °C

Tolerance k alkoholu: střední až vysoká

Typ piva: Red, Brown a White beer (www.beerresearch.cz)

RIBM 157 Walonia Saison Yeasts

Původní kmen z jižní Belgie, vhodný pro výrobu belgického piva Saison. Pivo má zemitou pepřovou a kořeněnou mírně nasládlou chuť

Prokvašení: 65–75 %

Sedimentace: středí

Optimální teplota kvašení: 20–24 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.beerresearch.cz)

RIBM 158 Belgian Golden Ale Yeasts

Belgický kmen vhodný pro výrobu lehkých i silných belgických piv. Chuťovému profilu piva dominují fenolické a ovocité příchutě.

Prokvašení: 73–78 %

Sedimentace: nízká

Optimální teplota kvašení: 20–24 °C

Tolerance k alkoholu: vysoká (www.beerresearch.cz)

RIBM 147 German Hefeweizen Yeasts

Kmen produkující pšeničné pivo s výraznou fenolickou příchutí a s náznakem citrusů a meruněk. Produkce banánového aroma je minimální.

Prokvašení: 73–80 %

Sedimentace: nízká

Optimální teplota kvašení: 19–21 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.beerresearch.cz)

RIBM 148 British Ale Yeasts

Typický anglický kmen, který zachovává v pivu silnou sladovou chuť.

Prokvašení: 67–74 %

Sedimentace: vysoká

Optimální teplota kvašení: 18–21 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: Pale, Porter, Brown (www.beerresearch.cz)

RIBM 149 Dry English Ale Yeasts

Hlubokoprokvašující kmen vhodný pro výrobu piv typu Ale. Produkuje piva s obsahem alkoholu až 10 %

Prokvašení: 70–80 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 18–21 °C

Tolerance k alkoholu: střední až vysoká (www.beerresearch.cz)

RIBM 150 Irish Ale Yeasts

Původní irský kmen vhodný pro výrobu skotského piva se silnou sladovou a chmelovou příchutí.

Prokvašení: 69–74 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 18–20 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: Strout, Porter, Pale Ale (www.beerresearch.cz)

RIBM 151 Scottish Ale Yeasts

Ideální kmen pro výrobu typického skotského Ale se silnou sladovou a chmelovou příchutí.

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 18–21 °C

Tolerance k alkoholu: střední až vysoká (www.beerresearch.cz)

RIBM 152 Burton Ale Yeasts

Anglický kmen s vyšší produkcí jablečných, hruškových a medových příchutí.

Prokvašení: 69–72 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 20–23 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: IPA, Bitter, Porter, Strout (www.beerresearch.cz)

Pro výrobu svrchně kvašeného piva typu Ale bych použil kvasinkový kmen RIBM 139 California Ale Yeasts, který má vysokou toleranci k alkoholu a produkuje piva s chmelovou příchutí. Pro typickou ovocnou vůni bych použil kvasinkový kmen RIBM 152 Burton Ale Yeasts. Pro co největší procentuální prokvašení bych použil kmen RIBM 156 Belgian Ale Yeasts, který má i vysokou toleranci k alkoholu.

3.18 Kvasinkové kmeny používané při výrobě spodně kvašených pív

Safale US-05

Klasické americké kvasinky, které se dostaly teprve nedávno do Evropy. Tento druh pomáhá vytvářet dobře vyvážená piva s čerstvou chutí a nízkými diacetylovými hodnotami.

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 15–24 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: American Pale Ale, Porter, Classic Strout (www.svoboda-frankova.cz)

RIBM 2 Old Czech Lager Yeasts

Tradiční český kmen, který je typický vyšší tvorbou esterů a vyšších alkoholů a nižší produkcí vicinálních diketonů.

Prokvašení: 75 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 9–12 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: český ležák (www.beerresearch.cz)

RIBM 6 Old Czech Lager Yeasts

Tradiční český kmen, hlubokoprokvašující, dobře sedimentující. Zkvašuje při relativně nízkých teplotách. Vyznačuje se nižší tvorbou esterů, vyšších alkoholů a vicinálních ketonů.

Prokvašení: 80 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 8–12 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: český ležák (www.beerresearch.cz)

RIBM 95 Lager Yeasts

Tradiční kmen německého původu, hluboko prokvašující, dobře sedimentující. Rychle zkvašuje extrakt, vhodný pro kvašení v širokém rozmezí teplot. Produkovaná piva se vyznačují vyrovnaným, čistým sensorickým profilem. Tento kmen je ponejvíce používán českými sládky. Kvasinky se vyznačují velmi dobrou flokulací při teplotách kolem 1-3°C, při delším ležení piva jsou schopné odbourat i vyšší množství diacetylu, vzniklé při vyšších teplotách při hlavním kvašení obvykle chybou sládka. Piva vzniklá kvašením tohoto kmene vykazují minimální obsah vyšších alkoholů a esterů, nepůsobí rušivě ve vůni a jsou chuťově čistá.

Prokvašení: 82 %

Sedimentace: střední až vysoká

Optimální teplota kvašení: 10–14 °C

Tolerance k alkoholu: střední

Typ piva: český ležák (www.beerresearch.cz)

RIBM 143 Bock Lager

Kmen německého původu vhodný pro výrobu piva typu Bock, Helles a Doppelbock.

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: střední

Optimální teplota kvašení: 9–13 °C

Tolerance k alkoholu: střední až vysoká (www.beerresearch.cz)

Saflager S-23

Kmen který pochází z Berlína a je vhodný k výrobě piva s lehce ovocitou a esterovou příchutí.

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: vysoká

Optimální teplota kvašení: 9–15 °C ideální teplota 12 °C

Tolerance k alkoholu: střední (www.svoboda-frankova.cz)

SaflagerS-189

Původní švýcarský kmen, který se používá k výrobě chuťově neutrálních ležáků

Prokvašení: 70–75 %

Sedimentace: vysoká

Optimální teplota kvašení: 9–15 °C ideální teplota 12 °C

Tolerance k alkoholu: nízká až střední (www.svoboda-frankova.cz)

Pro výrobu spodně kvašených piv typu ležák je vhodné použít kmen RIBM 6 Old Czech Lager Yeasts, který má vysoké procentuální prokvašení a vyznačuje se tvorbou esterů a má střední toleranci k alkoholu.

3.19 Mikrobiální kontaminace piva

Kontaminace piva patří mezi skutečnosti, které narušují průběh kvašení vznikem aromatických látek, jenž výrazně ovlivní výsledný charakter piva. Problém nastává i při kontaminaci várek ležáku svrchními kvasinkami, např. při kvašení v otevřených kádích, kdy svrchní kvasinková mikroflóra a její metabolity ovlivní rušivě až nevhodně výsledný charakter ležáku. Při opačné kontaminaci, tj. při průniku spodních kvasinek do svrchního kvašení tento problém nenastává. Mezi nejčastější typy kontaminace patří mléčné bakterie a potom kvasinky produkující velké množství organických kyselin. Organické kyseliny se potom v pivu při jeho ležení esterifikují vyššími alkoholy, ve výsledku je potom produkt převoněný ovocnými a květinovými tóny, což je v případě ležáku nežádoucí. Možné nejčastější druhy kontaminace uvádím v tabulce 1.

Mikroorganismy	Výskyt	Druh nebo rod
Škodlivé	Roste v pivu a kvasinkách	<i>Lactococcus Pediococcus</i>
Potencionálně škodlivé	Roste v pivu a kvasinkách po adaptaci nebo ve zbytcích substrátu	<i>Mikrococcus, Zymomonas</i> , divoké kvasinky
Nepřímo škodlivé	Rostou v meziproduktech	Divoké kvasinky, enterobakterie
Idikátorové	Rostou ve zbytcích substrátu	Octové bakterie, <i>Bacillus</i>
Latentní	Přežívají ve výrobě	<i>Clostridium, Bacillus</i>

Tabulka 1: Mikrobiální kontaminace piva

4 ZÁVĚR

V práci byla popsána současná technologie výroby piva a dále byla věnována pozornost dostupným kmenům kvasinek používané při jeho výrobě.

Ze zjištěných informací o kvasinkových kmenech je zřejmé že v České republice se stále používají především kmeny kvasinek pro spodní kvašení. Je to dáno historicky, kdy kmeny kvasinek pro spodní kvašení od konce 19 století poskytovaly piva plné chuti, středního obsahu alkoholu, dokonale odbourávaly diacetyl, nevznikaly žádné ovocné a květinové tóny, kvasinky velice dobře flokulovaly a pivo tak bylo čiré, s jemnými tóny sladové chutě a typickými chmelovými tóny dané použitím chmelových odrůd, obvykle jemných aromatických chmelů. V západních státech, obzvláště pak v anglosaských zemích, je trend spíše opačný, majoritu zde mají piva svrchně kvašená s esterovými tóny květin a ovoce, nicméně i zde se vyrábějí piva typu ležák spodně kvašená, ale v menší míře.

Mezi nejpoužívanější kmeny pro spodní kvašení patří kmen 95, který je používán v České republice pivovary jako jsou Bernard, Budějovický Budvar, Černá hora, který rychle zkvašuje extrakt, vhodný pro kvašení v širokém rozmezí teplot. Produkovaná piva se vyznačují vyrovnaným, čistým sensorickým profilem. Tento kmen je používán i dalšími českými sládky, kteří požadují od svých piv menší stupeň prokvašení a velmi dobrou flokulaci. Při delším ležení piva jsou tyto kvasinky schopné odbourat i vyšší množství diacetylu, vzniklé při vyšších teplotách při hlavním kvašení, vyšší teploty při hlavním kvašení jsou obvykle chybou sládků. Piva vzniklá kvašením tohoto kmene vykazují minimální obsah vyšších alkoholů a esterů, nepůsobí rušivě ve vůni a jsou chuťově čistá. Dalším doporučeným kmenem je kmen 6, ale na rozdíl od kmene 95 poskytuje piva méně plná a s vyšším obsahem alkoholu.

Pro svrchní kvašení lze dnes doporučit desítky kvasinkových kmenů, lze vybrat mezi kmeny neutrálními, zkvašujícími při vyšších teplotách, pivovaru tak prakticky odpadá držení kvasících mladin při nízkých teplotách, pivovary používající tento typ neutrálních kvasinek tak vůbec nedisponují chladicími agregáty, pro chlazení mladiny stačí studená voda z vodovodního řádu nebo z vrtu, stejně tak i pro dokvašování nejsou potřeba nízké teploty pod 10°C, někteří sládkové je nesprávně používají i pro piva typu ležák, ale méně zkušený konzument nemusí poznat rozdíl. Stejně pestrá paleta kvasinek je i na poli aromat produkujících kvasinek, hlavně díky vlastnosti kvasinek nazývané biotransformace, kdy

vznikají větší množství esterů vlivem esterifikace organických kyselin a vyšších alkoholů, produkovaná finální piva tak obsahují širokou paletu ovocných i květinových tónů, což je u svrchně kvašených piv typu Ale žádoucí.

Nabídka kvasinek na současném trhu je více jak dostačující, sládkové si mohou vybrat z široké palety kvasinkových kmenů, jak pro spodní tak i pro svrchní kvašení. Kvasinky se dnes distribují v oblíbené formě sušených aktivních kvasinek, které jsou dobře použitelné i skladovatelné po řadu měsíců při jejich uchování při chladírenských teplotách.

5 LITERATURA

Balasubramanian M.K., Bi. E., Glotzer M. "Comparative Analysis of Cytokinesis in Budding Yeast, Fission Yeast and Animal Cells". *Curr. Biol.* 14 (18) (2004)

BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7

BEER ADVOCATE, 2011: *Yeasts Guide* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.beeradvocate.com/beer/101/yeast/>

BEER BREWING; THE ART AND SCIENCE, 1999: *Yeast* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/beer/yeast/yeast1.htm>

BENEŠOVÁ, Marika. *Odmaturuj! z biologie*. 2., přeprac. vyd. Brno: Didaktis, c2013, 256 s. Odmaturuj!. ISBN 978-80-7358-231-9

HISTORY OF YEASTS [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: http://www.dakotayeast.com/yeast_history.html

HOW STUFF WORKS, 2010: *Yeasts* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://science.howstuffworks.com/life/fungi/yeast-info.htm>

HOW TO BREW BY JOHN PALMER, 1999: *Yeast Types* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.howtobrew.com/section1/chapter6-4.html>

KOSAŘ, Karel a Stanislav PROCHÁZKA. Technologie výroby sladu a piva. 3. vyd., 2. na CD-ROM. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-86576-52-7

PASTEUR BREWING, 1886: The pasteurization of beer [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.pasteurbrewing.com/articles/beer-wine-a-fermentation/the-pasteurization-of-beer.html>

PIVNÍ DENÍK, 2001: *Vystírání a rmutování* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.pivnidenik.cz/clanek/237-Vystirani-a-rmutovani/index.htm>

SVOBODA-FRAŇKOVÁ, 2011-2015: *Sušené kvasnice*. [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na <http://www.svoboda-frankova.cz/dalsi-produkty/susene-kvasnice/>

ŠAVEL J., 2002: *Názvosloví a druhy kvasnic*. [online] [cit. 2015-04-28]. Dostupné na: <http://www.pivnidenik.cz/clanek/287-Varecne-kvasnice-I/index.htm>

ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. [i.e. 4.], opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia, 2008, 363 s. ISBN 978-80-200-1703-1

VÝZKUMNÝ ÚSTAV PIVOVARSKÝ A SLADAŘSKÝ, 2012: *Kmeny pivovarských kvasinek*. [online] [cit. 2015-04-28] Dostupné na: http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=112&lang=cs

ZA PIVEM, 2005: *Technologický postup výroby piva* [online]. [cit. 2015-04-28] Dostupné na: <http://www.zapivem.cz/encyklopedie/technologicky-postup-vyroby-piva.html>

Seznam zkratek

%	procenta
m	.metr
kg	kilogram
cm	centimetr
l	litr
h	hodina
hl	hektolitr
°C	stupeň Celsia
t	teplota
mg	miligram
CO ₂	oxid uhličitý
K	draslík
Ca	vápník
Zn	zinek
Mg	hořčík
MB	mikrobiologie
pH	vodíkový exponent
tzn	to znamená
CKT	cylindrokónické tanky
mm	milimetr
SO ₂	oxid siřičitý
µm	mikrometr
MO	mikroorganismy
KEG	nerezový sud na pivo
SH	thiolová skupina