

PIVOVARSTVÍ

Úvod a historie pivovarství v ČR. Trendy vývoje, technologické schéma.

Pivovarství patří v našem státě k významným oborům potravinářského průmyslu s mnohaletou úspěšnou tradicí. Pivovarský průmysl vyrábí jako hlavní výrobky světlá a tmavá výčepní piva, ležáky, speciální piva a piva se sníženým obsahem alkoholu. Nejproslulejší výrobky našeho pivovarsko-sladařského průmyslu - slad a pivo - jsou důležitými exportními položkami, stejně jako základní surovina chmel. V roce 2003 poprvé celkový export piva z ČR překročil 2 miliony hl.

V celkové světové produkci piva, která je přes 1,4 miliardu hektolitřů ročně, patří naše republika s 18,6 milióny hektolitřů ročně (2003) mezi přední světové výrobce a zaujímá 15. místo na světě. Ve spotřebě piva, která dosahuje 160,9 l na osobu a rok (2003), jsme dokonce tradičně již několik let na prvním místě na světě.

Historicky se za kolébku piva ve světě považuje oblast Mezopotámie, kde Sumerové, Arkádové, Babyloňané a Asyřané pěstovali již v 7. tisíciletí př.n.l. obilí a znali již obilné kvašené nápoje. Indoevropské kmeny, které v době stěhování národů ve 4. až 6. století př.n.l. osídlily evropský kontinent (Galové, Helvétové, Keltové, Bójové). K nejnáruživějším pijákům piva patřili Germáni. Slovanské kmeny, které sídlily především v Pobaltí, ve střední a jižní Evropě, znaly a v hohlné míře připravovaly různé piva z ječmene, ovsu a pšenice. První zpráva o výrobě piva u nás se váže k Břevnovskému klášteru. Uvádí se, že v roce 993 vyráběli mniši pivo a víno. Pravděpodobně nejstarším dokladem o pěstování chmele na našem území je nadační listina knížete Břetislava I. (1034-1055), kterou byl kapitule ve Staré Boleslavi udělen desátek z chmele. Pivo v té době bylo součástí stravy a převažovaly svrchně kvašená zejména pšeničná piva. V 18. století do pivovarství vnesl řád legendární sládek Poupě. Spodní kvašení bylo bavorským vynálezem, který se v Čechách uplatnil v 19. století, hlavně založením Prazdroje v roce 1842. V tomto roce se narodil asi nejúspěšnější typ piva na světě – světlý ležák. Tím byla odstartována zlatá éra českého pivovarství.

Finální výrobek pivovarského průmyslu - pivo - je nápoj připravený ze sladu, chmele a vody zkvašením kulturními pivovarskými kvasinkami. Slad jako výchozí surovina se vyrábí ve sladovnách ze sladovnického ječmene naklícením a hvozdením, neboť samotný ječmen neobsahuje dostatek enzymů a aromatických látek potřebných pro výrobu piva. Kromě uvedených surovin se v některých státech z ekonomických důvodů ve větší či menší míře používají náhražky nákladného sladu, např. nesladovaný ječmen, rýže, kukuřice, surová i rafinovaná sacharóza a další.

Pivo se vyrábí v pivovaru a technologie sestává ze tří výrobních úseků, zahrnujících řadu složitých mechanických, fyzikálně chemických a biochemických procesů:

1. **výroba mladiny**
2. **kvašení mladiny a dokvašování mladého piva**
3. **závěrečné úpravy a stáčení zralého piva**

První úsek se v moderních pivovarských učebnicích nazývá horká fáze a druhé dva studená fáze.

Výroba mladiny.

Cílem varního zpracování je převést za pomoci enzymů extraktivní látky sladu do roztoku, získaný extraktivní roztok sladiny oddělit s minimálními ztrátami od nerozpustných zbytků sladového zrna, tj. od mláta, a povařením sladiny s chmelem produkt ohořčit a tepelně stabilizovat. Získaná mladina je po odloučení kalů a ochlazení připravena pro kvasný proces.

Výroba mladiny může probíhat dvěma základními postupy. V České republice a Německu je nejrozšířenější vícermutový dekokční postup, zatímco v ostatních zemích je rozšířen jednormutový infuzní způsob.

Výroba mladiny se sestává z následujících technologických úseků:

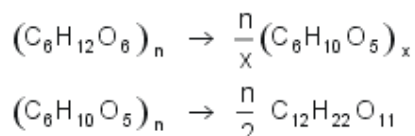
- šrotování sladu event. surogátů,
- vystírání sladového šrotu do vody,
- rmutování,
- scezování sladiny a vyslazování sladového mláta,
- chmelovar a chlazení mladiny.

Výroba mladiny probíhá na varně. Zařízení varny bývá vyrobeno buď z mědi, nebo z nerezové oceli.

Ve sladu a sladových náhražkách obsažené látky, především škrob, je nejprve nutné převést do roztoku, aby je sladové enzymy mohly přeměnit ve směs nížemolekulárních sacharidů, které později kvasinky zkvasí na etanol a oxid uhličitý. Slad se nejprve rozšrotuje, poté se smísí s vodou při tzv. vystírání. Pak následuje rmutování, při němž dochází k mnoha enzymovým reakcím včetně zcukření škrobu. Většina těchto pochodů probíhá při zvýšených teplotách optimálních pro činnost enzymů, které způsobují rozštěpení a převedení extraktu surovin do roztoku, aby se vytvořily podmínky pro výrobu piva žádaného typu. Rozhodující je činnost amylolytických, proteolytických a kyselinotvorných enzymů; druhotné jsou enzymové reakce štěpení gumovitých látek a hemicelulóz a další reakce. 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, podle nichž jsou teploty nazývány:

- 35 až 38 °C- kyselinotvorná teplota
- 48 až 52 °C- peptonizační teplota
- 60 až 65 °C- nižší cukrotvorná teplota
- 70 až 75 °C- vyšší cukrotvorná teplota
- 78 °C- odrmutovací teplota

Nejdůležitější chemickou reakcí při rmutování je štěpení škrobu na nížemolekulární cukry, zejména glukosu, maltosu a dextriny:



Štěpení škrobu má tři fáze - bobtnání a zmazovatění škrobu, ztekucení škrobu a zcukření škrobu. Zahřívá-li se škrobová emulze (nerozpuštěný škrob rozmíchaný ve vodě), dochází nejprve k **bobtnání a mazovatění**. Škrob přechází tímto fyzikálně chemickým dějem do roztoku a mění se v hustou viskózní kapalinu. Zmazovatělý škrob obsahuje vodou nabobtnalé částice, do nichž snadněji vnikají sladové enzymy. Teploty mazovatění u sladového škrobu jsou 50 až 57 °C, kdežto u kukuřičného 65 až 75 °C a u rýžového dokonce 80 až 85 °C, což je důležité pro zpracování náhražek.

V další fázi dochází účinkem sladové α -amylasy ke **ztekucení** škrobu za vzniku rozpustného amyloextrinu. Optimální teplota ztekucení škrobového mazu ve rmutech je 65 až 75 °C při pH 4,6. Ztekucující α -amylasa se inaktivuje při 80 °C.

V poslední fázi dochází účinkem komplexu více amylolytických enzymů, zejména však α - a β -amylasy, ke **zcukření** čili úplnému rozštěpení makromolekul škrobu za vzniku různých nižších cukrů a dextrinů. Optimální teplota zcukřující β -amylasy je 60 až 65 °C při pH 4,5. Při 75 °C se β -amylasa inaktivuje, ale oproti α -amylase snáší kyselější prostředí. Prodlužováním nebo zkracováním časových prodlev při optimálních teplotách pro

dextrinotvornou α -amylasu nebo cukrotvornou β -amylasu lze libovolně měnit složení extraktu. Delší časovou prodlevou při 65 °C se získá sladina s vyšším podílem zkvasitelných cukrů (maltosy a glukosy). Vyhřeje-li se rmut naproti tomu rychle na 70 °C a časová prodleva se udržuje až při této teplotě, potlačí se působení β -amylasy a sladina bude bohatá na dextriny. Sladiny s vysokým obsahem zkvasitelných cukrů poskytují piva hlouběji prokvašená s vyšším obsahem alkoholu, kdežto sladiny s více dextriny vedou k nízkoprokvašeným pivům s nižším obsahem alkoholu. Průběh štěpení škrobu se ve rmutech kontroluje jódovou zkouškou.

Kromě štěpení škrobu je při rmutování důležité i štěpení vysokomolekulárních bílkovin. Bílkoviny jsou důležité pro pěnivost piva i plnost chuti a jejich štěpné produkty aminokyseliny jsou důležité pro kvašení. Vysoký obsah bílkovin by však vedl k nízké stabilitě a trvanlivosti 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 vzniklými štěpením bílkovin snižuje pH a vytváří potřebnou kyselou reakci rmutů, důležitou pro činnost ostatních enzymů. Zařízení pro výrobu mladiny jsou umístěna obvykle ve varnách.

Klasické a moderní varny, šrotování sladu.

Klasické varny jsou buď jednoduché se dvěma nádobami (kád' pro vystírání a scezování a pánev či kotel pro rmutování a chmelovar), nebo dvojité s dvěma káděmi (vystírací a scezovací – obr.1) a s dvěma pánvemi či kotli (rmutovací a chmelovarová). Moderní vícenádobové varny mají 5 až 8 nádob s různými kombinacemi zdvojení funkčních nádob. Lepší využití prostoru a zejména energie umožňují **moderní blokové** a **spádové varny** s uspořádáním nádob nad sebou.

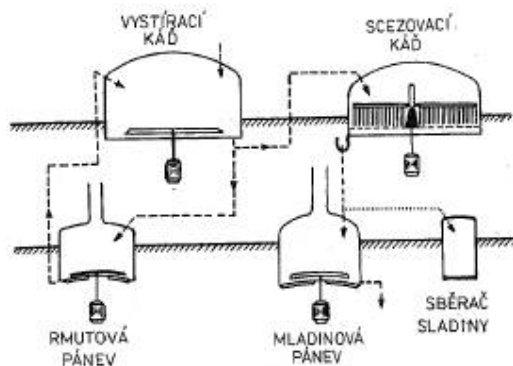
Šrotování je mechanické drcení sladového zrna s cílem dokonalého vymletí endospermu na vhodný poměr jemných a hrubších částic při zachování celistvosti pluch, neboť ty slouží v pozdější fázi výroby jako filtrační materiál při scezování. Slad i případné náhražky se melou ve šrotovnicích, které jsou opatřeny dvěma, čtyřmi, pěti či šesti válci. Slad se šrotuje buď za sucha, nebo kondicionovaný (zvlhčený parou) či za mokra. Jemnost šrotování přímo ovlivňuje činnost sladových enzymů, neboť čím jemnější je šrot, tím lepší je přístup enzymů k jednotlivým částem sladu. Na druhé straně příliš jemný šrot způsobuje ucpávání filtračních kanálek ve vrstvě mláta a způsobuje potíže při scezování.

Šrotování se dále musí přizpůsobit kvalitě sladu a technickému vybavení varny. Čím méně je slad rozluštěn, tím jemněji se musí šrotovat. Používá-li pivovar **scezovací kád'**, kde je filtračním materiálem asi 40 cm vysoká vrstva mláta, musí se šrotovat hruběji než při používání sladinového filtru, kde vrstva mláta je pouze 6 cm, hlavním filtračním materiálem je plachetka a využívá se přetlaku.

Větší poškození pluch snižuje porozitu mláta a negativně ovlivňuje chuť piva. Plucha obsahuje kromě nerozpustné celulosy polyfenoly, pentosany, hořké a barevné látky, jejichž vyluhování vzrůstá s dobou kontaktu a s poškozením pluchy. Jemné rozemletí endospermu je naopak předpokladem pro požadovaný průběh rmutování a vysoký varní výtěžek. Při klíčení postupuje rozluštění působením enzymů od zárodku směrem ke špičce zrna, a tudíž i míra rozluštění se mění podél podélné osy zrna. Nejméně rozluštěná špička zrna tvoří při šrotování hlavní podíl hrubé krupice, a naopak dobře rozluštěné spodní partie endospermu zrna se při průchodu válci snadno rozdrťí na jemnou krupici a mouku. Hrubá krupice se těžko rozpouští a pomalu zcukřuje. Je-li zastoupena ve větším podílu, klesá dosažitelné prokvašení mladiny a vzrůstá obsah nezucukřeného extraktu v mlátě. Zpracování hrubšího šrotu proto vyžaduje intenzivní, delší rmutování. Šrot pro scezovací kád' má tedy mít pokud možno nejlépe vymleté, minimálně poškozené pluchy, nízký podíl hrubé krupice a vysoký podíl jemné

krupice. Zastoupení nejjemnější části šrotu – moučky – je třeba přizpůsobit konkrétním podmínkám při scezování, zejména zatížení scezovacího dna a scezovací rychlosti. K problémům může dojít, je-li podíl moučky výrazně vyšší než 12 %. Při snížené propustnosti filtrační vrstvy stoupá vyloužitelný extrakt mláta a při častějším kopání se zvyšuje koncentrace suspendovaných látek ve sladince.

Šrot pro sladivový filtr má mít naopak dobře rozepleté pluchy. To je dáno odlišným způsobem scezování, které probíhá za přetlaku 0,04 – 0,08 MPa (0,4 – 0,8 bar) a při nízké vrstvě mlátového koláče 40 – 60 mm. Za těchto podmínek vzniká při větší ploše částic pluch tzv. taškový efekt, který zvyšuje tlakovou ztrátu (odpor koláče) a prodlužuje filtrační cyklus. Vyluhování chuťově nepříznivých látek z jemně rozdrčených pluch je částečně eliminováno kratší dobou vyslazování. Ke šrotování pro sladivový filtr se obvykle používají kladívkové mlýny. Pokud je k dispozici kondicionovací šnek a běžná válcová stolice, lze tohoto zařízení rovněž využít. Mlecí mezery musí být nastaveny tak, aby podíl mouky a moučky činil alespoň 50 % a oddělené pluchy se dezintegrují menším kladívkovým mlýnem.



Obr.1 – Schema klasické varny

Vystírání, rmutování, scezování a vyslazování mláta

Vystírání je smíchání šrotu, popř. šrotu sladových náhražek, s vodou. Množství sladu a náhražek použité pro jednu várku se nazývá sypání. Objem vody použité k vystírce se nazývá nálev a určuje se podle sypání a typu vyráběného piva. U dobře rozluštěných sladů se vystírá při teplotách 35 až 38 °C. Někdy se provádí zápařka, což je vyhřátí části vystírací vody k varu, po skončeném vystírání se přičerpáním této horké vody zvýší teplota vystírky na peptonizační teplotu.

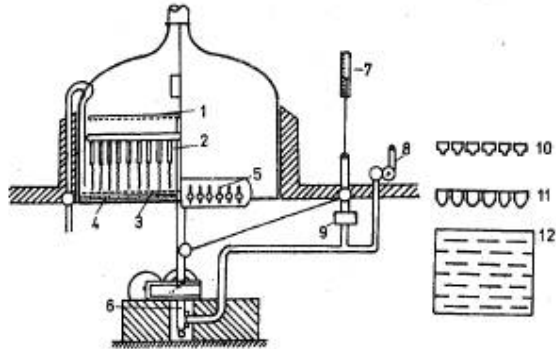
Rmutování slouží k přípravě sladiny s požadovanou extraktovou skladbou. Dosahuje se toho postupným vyhříváním části vystírky postupně na jednotlivé rmutovací teploty, optimální pro činnost různých skupin enzymů, až se dosáhne dokonalého zcukření škrobu. U dekokčního rmutování se nakonec rmuty povařují, u infúzního způsobu je nejvyšší odrmutovací teplota. Rozlišují se postupy jednorumtové, dvourmutové a třírumtové. Objem dílčích rmutů se volí tak, aby po přečerpání k zbytku vystírky stoupla teplota na požadovanou teplotu.

Naše pivovary používají převážně dvourmutové postupy, výjimečně třírumtový nebo jednorumtový postup. Zvláštní postup vyžaduje zpracování škrobnatých náhražek. Při zpracování více než 15 % podílu škrobnatých náhražek zpravidla nestačí sladové enzymy a musí se použít enzymové preparáty.

Scezování je operace prováděná za účelem oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny, od pevného podílu zcukření rmutu, tj. mláta. Scezování se provádí ve scezovací kádi vybavené dvojitém

děrovaným dnem a systémem odvodných trubek spojených s kohouty scezovací baterie (obr.2). Méně často se používá sladinný filtr pracující na principu rámového plachetkového filtru. Při scezování ve scezovací kádi se sladina odděluje od mláta přirozenou filtrací přes vrstvu sedimentovaných pluch a ostatních nerozpustných zbytků sladu. Zfiltrovaný roztok extraktu sladu se nazývá předeček a po jeho stečení následuje vyslazování.

Vyslazování mláta se provádí 75 °C horkou vodou, aby se z mláta vyloužily poslední zbytky rozpustného extraktu. Zfiltrovaný roztok extraktu při vyslazování se nazývá výstřelek a zpravidla se vyslazuje na 2 až 3 výstřelky. Předeček a výstřelky se shromažďují v mladinné pánvi, kde se pozvolným zahříváním zvyšuje postupně teplota tak, aby se po skončeném scezování sladina co nejdříve uvedla do varu.



Obr.2 – Schema klasické scezovací kádě a článku scezovacího dna

1 – kypřidlo, 2-kypřidlo, 3 – scezovací jalové dno, 4-sběrné trubky sladiny, 5-scezovací kohouty, 6-hydraulické zvedání kypřidla, 7-ukazatel výšky kypřidla, 8-čerpadlo, 9-zásobník kapalin, 10,11-řez scezovacím dnem z chromniklu, 12-segment scezovacího dna(2500 otvorů/m²)-délka otvorů 30-40 mm, šířka 3-4 mm

Chmelovar, fyzikální a chemické pochody, technologické postupy.

Chmelovar má za cíl převedení hořkých látek chmele do mladiny, sterilaci mladiny, inaktivaci enzymů a koagulaci bílkovin s polyfenolovými látkami sladu a chmele. Hlavními reakcemi při chmelovaru jsou izomerační reakce chmelových α -hořkých kyselin, při nichž vznikají intenzivně hořké produkty zvané iso- α -hořké kyseliny. Dále probíhají Maillgardovy reakce s tvorbou barevných a aromatických látek s oxidoredukčními vlastnostmi a denaturace sladových bílkovin. Chmel či chmelové přípravky se přidávají postupně, nejčastěji na dvakrát až třikrát, podle kvality a typu výrobku. Produktem chmelovaru, který trvá zpravidla 90 až 120 minut, je mladina. Po chmelovaru následuje oddělení zbytků chmele ve chmelovém cízu, pokud nebyl použit chmelový granulát či chmelový extrakt a následuje chlazení mladiny.

Při chmelovaru se uplatňují především fyzikální a chemické děje. Faktory, které ovlivňují kvalitu mladiny jsou: doba, intenzita chmelovaru, pohyb vařící mladiny, odpar a změna pH.

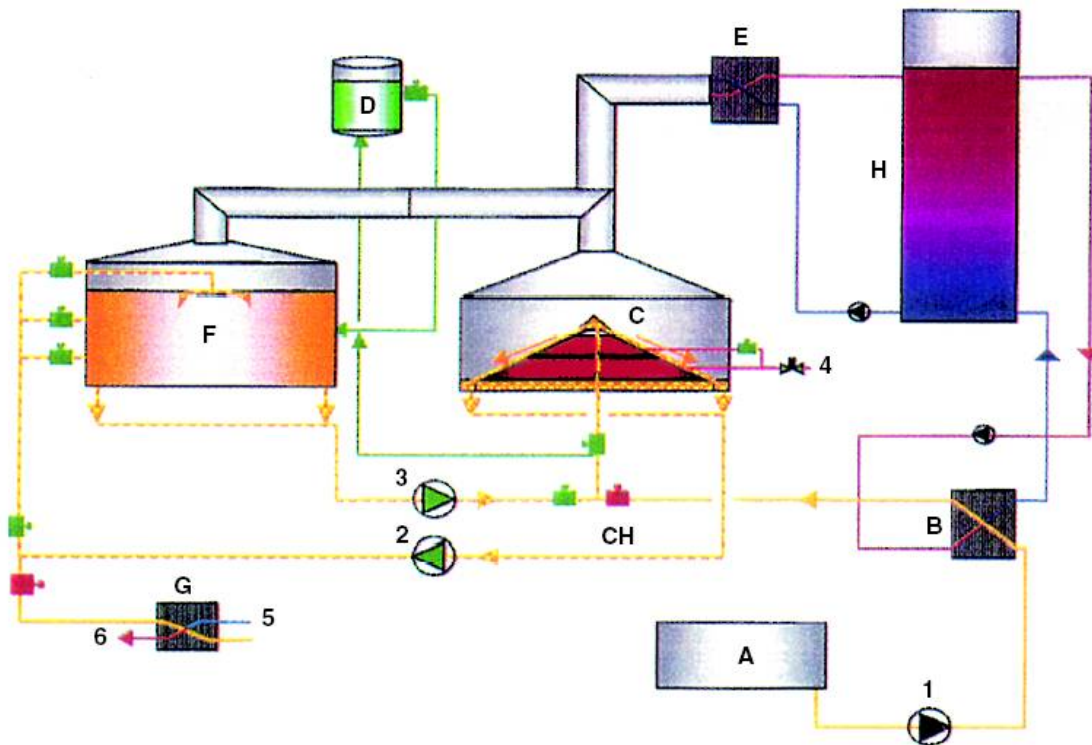
Protože k dokonalému vyslazení mláta je třeba určitého přebytku vyslazovací vody, musí se při chmelovaru odpařit, aby se získala mladina požadované koncentrace. U klasických varen je žádoucí odpar okolo 8% celkového objemu vyražené mladiny za hodinu. Hodnota pH se sníží během chmelovaru o 0,15 až 0,25. Zvýšení kyselosti mladiny je způsobeno rozpouštěním hořkých chmelových kalů, působením vápenatých a hořečnatých iontů a vyloučením fosforečnanů z roztoku. Barva mladiny se zvyšuje o 1 až 1,5 jednotky EBC za hodinu v závislosti na podmínkách chmelovaru a složení mladiny.

Varna se podílí na celkové spotřebě tepelné energie pivovaru 50 – 60 %. Měrná spotřeba tepla ve varně kolísá podle energetické úrovně a velikosti pivovaru v širokém rozmezí 50 – 120 MJ na hl piva k výstavu. Příprava mladiny, tj. ohřev sladiny do varu a vlastní var, je zastoupena na uvedené spotřebě více než 70 %. Jak vysoká je spotřeba energie to závisí na konstrukci mladinové pánve a způsobu jejího ohřevu. Vyhřívání může být přímé a nepřímé, realizované rovněž vnitřním nebo vnějším vařákem. Vložené teplo, ale lze využít. „Odpadní“ teplo lze z chladiče mladiny získat při chlazení várky. Je-li chladič dobře dimenzován, lze využít téměř veškerou tepelnou energii chlazené mladiny pro ohřev varní vody. Druhým největším zpětně využitelným zdrojem tepla ve varně je kondenzační teplo brýdových par odcházejících z mladinové pánve při chmelovaru. Při výběru vhodného systému tepelné rekuperace je nutno vycházet z konkrétních podmínek pivovaru. To platí zejména v případech, kdy se zařízení instaluje dodatečně. Používají se dva systémy: mechanická komprese brýdových par a termická komprese brýdových par s předehřevem sladiny. Při mechanické kompresi brýdových par se dosahuje čisté energetické úspory, tj. po odečtení zvýšené spotřeby elektrické energie, cca 56 %. Čistá energetická úspora při termické kompresi může přesáhnout 60 %.

Termická komprese má oproti mechanické kompresi brýdových par následující výhody: nízké investiční a provozní náklady, nenáročná údržba a dlouhá životnost kompresoru, nízký hluk a vibrace a rentabilita i pro malé a střední pivovary.

Naopak, jako nevýhody oproti mechanické kompresi je možno uvést: větší objem přebytečné horké vody, musí být dostupná pára s požadovaným přetlakem, menší návratnost parního kondenzátu.

Unikátní je systém firmy Steinecker - Merlin. Mladinová souprava zahrnuje běžné zařízení pro předehřev sladiny s kondenzátorem brýdových par, zásobníkem horké vody 96/76 °C a tepelným výměníkem, dále zásobníky chmele a vířivou káď s upraveným nátokovým potrubím a párníkem. Zcela odlišně je konstruována mladinová pánev, která je vybavena kónickým topným dnem, rozděleným do dvou zón a otápeným párou o přetlaku cca 0,25 MPa (obr.3).



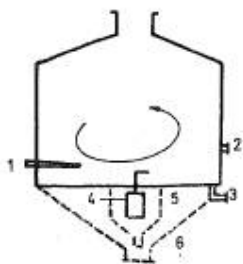
Obr.3 – Systém Merlin

A – sběrač sladiny, B – výměník pro predehřev sladiny, C – mladinová pánev systému Merlin, D – zásobník chmelových preparátů, E – kondenzátor brýdových par, F – vířivá kád', G – chladič mladiny, H – tank na horkou vodu, 1 – sladinové čerpadlo, 2 – mladinové cirkulační a spílací čerpadlo, 3 – mladinové cirkulační čerpadlo, 4 – parní regulační ventil, 5 – studená voda, 6 – horká varní voda

Chlazení mladiny, flotace mladiny, oxidace ve varně. Varní výtěžek.

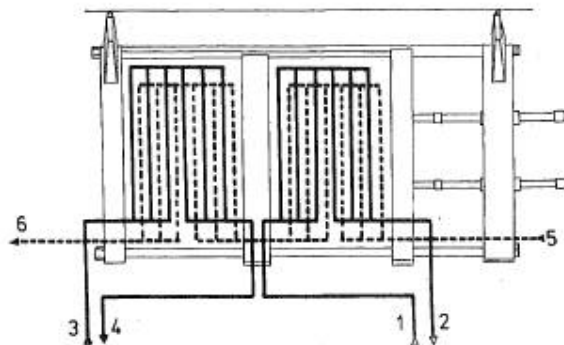
Chlazení mladiny se dříve provádělo v otevřených nádobách, kde mladina samovolně chladla a sytila se kyslíkem ze vzduchu. To však bylo často zdrojem mikrobiální kontaminace mladiny. Dnes se používají téměř výhradně uzavřené vířivé kádě (obr.4), kde při teplotách nad 60 °C dochází k usazení hrubých kalů, s následujícím dochlazením mladiny v deskových protiproudých výměnících tepla na zákvasnou teplotu 5 až 7 °C (obr.5). Před zakvašením se mladina ještě sytí za sterilních podmínek kyslíkem, který je nezbytný pro činnost kvasinek. Pro odloučení kalů a zároveň proprovzdušnění, lze použít i flotaci mladiny vzduchem.

Vyrobená mladina musí svou koncentrací extraktivních látek odpovídat vyráběnému pivu, tzn. že při výrobě 10 % piva musí obsahovat 10 % hm. extraktivních látek. Velice často se také uplatňuje tzv.HGB technologie, kdy se vaří silnější mladiny, které projdou kvasným cyklem a na žádanou hodnotu původní koncentrace mladiny se upravují ředěním odplyněnou a odsolenou vodou. Pro výrobu světlých piv se připravují mladiny ze světlých sladů, pro výrobu tmavých piv ze směsi světlých, tmavých a barevných sladů.



Obr.4 – Schema vířivé kádě

1-tangenciální přívod mladiny, 2,3-odtahy vyčeřené mladiny, 4-rotací výstřík kalů, 5-kuželový nástavec na kaly(jiná varianta konstrukce), 6-kónické dno kádě (další varianta konstrukce)



Obr.5 – Schema deskového chladiče

1-vodovodní voda, 2-ohřátá voda (pro varnu), 3-ledová voda nebo solanka, 4-ohřáté chladící medium, 5-horká mladina, 6-ochlazená mladina

Kvašení, sudování a dokvašování mladého piva - teorie a praxe.

Pro **kvašení mladiny** se používá buď svrchních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) při teplotách kvašení až 24 °C, nebo spodních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae (uvarum)*) při teplotách kvašení 6 až 12 °C. Kvašení mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází: na hlavní kvašení a dokvašování. Hlavní kvašení se u nás provádí obvykle v otevřených kvasných kádích spodními pivovarskými kvasinkami. Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkrasitelných sacharidů glukosy, maltosy a maltotriosy na etanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením: Současně se v malé míře tvoří i vedlejší kvasné produkty, alifatické alkoholy, aldehydy, diketony, mastné kyseliny a estery. Všechny tyto látky a jejich vzájemný poměr spoluvytváří chuť a aroma piva.

V průběhu hlavního kvašení v kádích umístěných v chlazených místnostech zvaných spilka, se rozlišuje několik stadií. Brzo po zakvašení dochází k **zaprášování**, kdy se objevuje první bílá pěna na povrchu kvasící mladiny. Následuje odrážení při němž pěna houstne a je vytlačována do středu kvasné kádě. **Nízké bílé kroužky** představují hustou smetanovou pěnu s kučeravým povrchem a jsou stádiem nejintenzivnějšího kvašení. **Vysoké hnědé kroužky** jsou způsobeny poklesem pH a vyflováním vyloučených chmelových a tříslo-bílkovinných sloučenin. Následuje **propadání** za tvorby husté deky z vyloučených látek na povrchu prokvašené mladiny, tj. mladého piva. Na konci hlavního kvašení sedimentují spodní kvasinky na dno kvasné kádě a po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují do provozu. Deky se s hladiny mladého piva sbírají, aby do něho nepropadly a nezpůsobily zhoršení chuti piva. Hlavní kvašení trvá zpravidla 6 až 8 dní podle druhu vyráběného piva.

Kromě klasického postupu kvašení se v současnosti uplatňují i různé způsoby polokontinuálního kvašení (semispilka) i kontinuálního kvašení. V zahraničí, často v návaznosti na infúzní způsob rmutování, se vyrábějí i svrchně kvašené piva při vyšších teplotách, která se však chuťově odlišují od spodně kvašených piv.

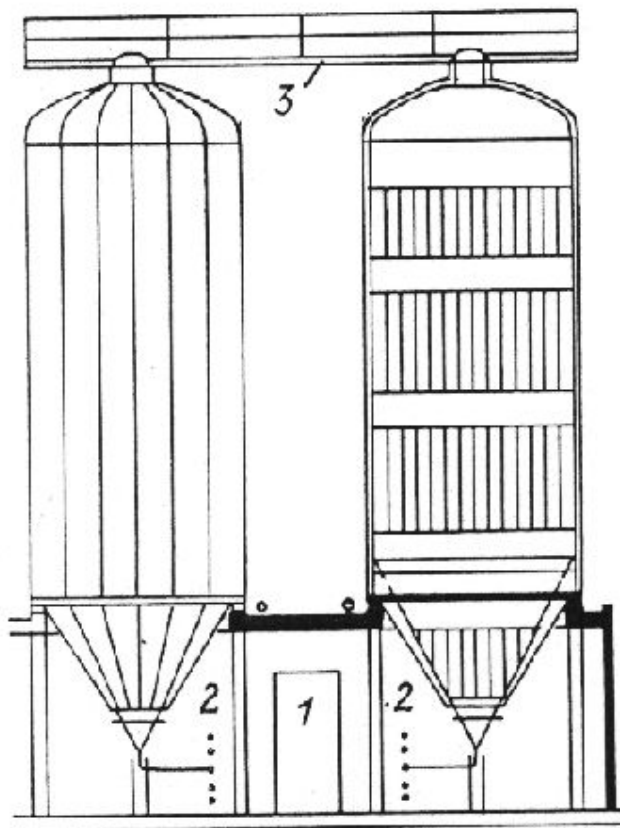
Dokvašování a zrání mladého piva se provádí v ležáckém sklepě, kde pivo při teplotách 1 až 3 °C velmi pozvolna dokvaší, čirí se, zraje a sytí se vznikajícím oxidem uhličitým pod tlakem v uzavřených ležáckých tancích. Doba ležení je závislá na typu piva. U běžných piv do koncentrace mladiny 10 % bývá 3 týdny, pro speciální exportní piva se zvyšuje až na několik měsíců.

Moderní intenzifikované postupy kvašení, velkoobjemové nádoby, CKT.

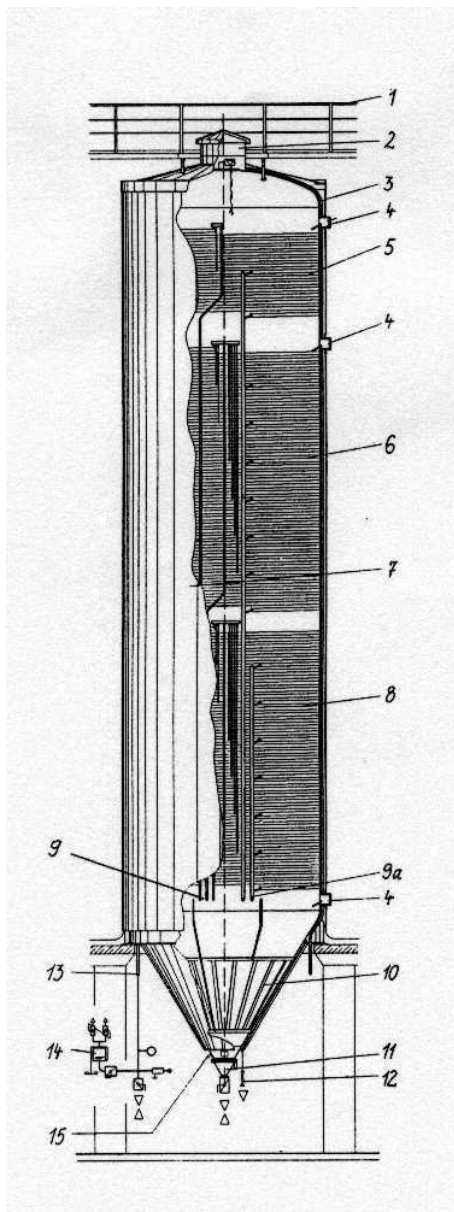
Hlavní předností cylindrokonečných tanků (CKT) jsou nízké pořizovací náklady, snadná a rychlá montáž, malá potřeba zastavěné plochy, možnost jímání oxidu uhličitého a jednoduchá obsluha s možností automatizace včetně sanitačního procesu. Tanky jsou vyráběny v různých velikostech podle kapacity varny.

Cylindrokonečné tanky jsou vyrobeny z nerezů a mohou být umístěny venku nebo uvnitř chlazené budovy. Pokud jsou tanky postaveny ve volném venkovním prostoru, jsou dokonale izolovány vrstvou polyuretanové pěny a opatřeny pláštěm z pozinkovaného nebo hliníkového plechu.

Chlazení je uspořádáno ve dvou až ve třech sekcích pomocí venkovních chladicích plášťů a provádí se buď přímým odparem čpavku nebo glykolem či etanolem. Obvyklý objem nádoby je 2000 až 2500 hektolitřů, ale může být i větší. Míchání kvasící mladiny se děje samovolně následkem rozdílu teplot v různých vrstvách.



Obr. 6 - Schéma venkovní instalace tanků - takto jsou tanky instalovány v pivovaru Radegast v Nošovicích nebo v pivovaru Braník (Pražské pivovary a.s.). V pivovaru Braník jsou tanky zapuštěny hluboko pod úroveň terénu, aby nerušily historické panorama pivovaru. Kónusy těchto tanků jsou pod zemí. (1 - prostor pro obsluhu, 2 - rozvodné armatury, 3 - lávka)



Obr.7 - Schéma cylindrokónického tanku s chlazením přímým odparem čpavku
 1-lávka pro obsluhu, 2-víko pro armatury a ventily, 3-rozvod kabelů a odvodnění pod izolací, 4-teplotní čidlo, 5-menší chladicí zóna pro dokvašování, 6-chladicí zóna pro kvašení, 7-izolace, 8-chladicí zóna pro kvašení, 9-přívodní trubky pro kapalný amoniak s ventily, 9a-odváděcí potrubí pro odpařený amoniak, 10-chladicí zóna konusu, 11-hrdlo konusu s průřezem, 12-vzorkovací kohout, 13-přívod a odvod z kupole (oxid uhličitý, vzduch, CIP) - pod izolací, 14-hradicí aparát, 15-sonda na měření obsahu tanku

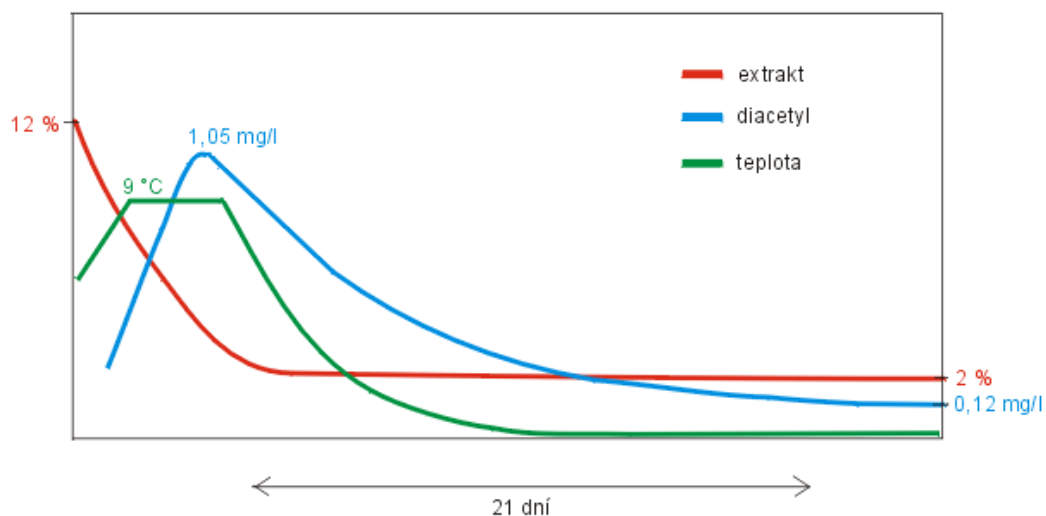
Kvašení probíhá zpravidla za tlaku 0,1 až 0,15 MPa. Tlak je nutný pro fixaci oxidu uhličitého v pivo, ale zase se jím inhibuje kvašení a vzrůstá i tvorba diacetylu. Kvašení je možné v CKT tancích jednofázové (kvašení i dokvašování probíhá ve stejném tanku) i dvoufázové.

Kvašení může probíhat při nižší teplotě nebo při vyšší teplotě. Vyšší teploty jsou příznivější z hlediska urychlení celého procesu, ale z hlediska sensorického profilu nejsou příliš vhodné (vznik většího množství vedlejších produktů kvašení). Proto se častěji pracuje při nižších teplotách. Při nižší teplotě dochází i k lepší fixaci oxidu uhličitého. Teplota při kvašení roste v

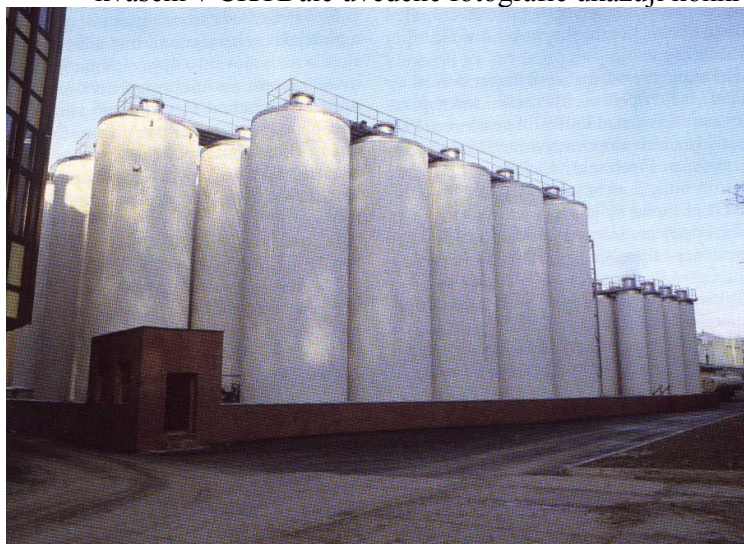
důsledku vývinu kvasného tepla a musí být pomocí automatické regulace výkonu chladicího systému udržována na požadované technologicky vhodné hodnotě tak dlouho, dokud se nedosáhne konečného stupně prokvašení. Potom se odpustí kvasnice usazené v kónusu a pivo se ochladí a nechá zrát. Číření piva se podpoří ochlazením až na 0°C . Po stočení piva se tank automaticky čistí a dezinfikuje vstřikovací hlavicí umístěnou pod víkem tanku.

Ze sensorických důvodů je velmi zajímavá problematika vzniku a rozkladu diacetylu při kvašení. Diacetyl vzniká z 2-acetolaktátu neenzymovou oxidativní dekarboxylací hlavně v počáteční fázi kvašení. Při další fázi kvašení a při zrání piva dochází k jeho odbourávání. Při vyšší teplotě je jeho odbourávání rychlejší.

Na následujícím grafu je vidět typický průběh hlavních sledovaných veličin při kvašení v CKT při jednofázovém kvašení.



Obr. 8 – Průběh teplot, koncentrace diacetylu a koncentrace extraktu při jednofázovém kvašení v CKT. Dále uvedené fotografie ukazují konkrétní instalace CKT v pivovarech.



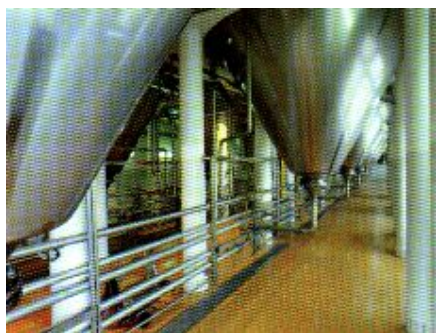
Obr. 9 - Instalace CKT v pivovaru Braník



Obr. 10 - Venkovní instalace cylindrokónických tanků v pivovaru Radegast Nošovice



Obr. 11 - Instalace tanků v budově v pivovaru Prazdroj (Plzeňský Prazdroj a.s. Plzeň).



Obr. 12 - Pohled na kónusy CKT

Filtrace, druhy filtrů a filtračních materiálů, moderní postupy filtrace

Filtrační proces má za cíl odstranit z piva kalcíí látky a docílit požadovanou čírost 0,2 až 0,4 j.EBC. (Jednotky zákalu EBC jsou arbitrážní jednotky kalibrované na formazinovou suspenzi). Nejčastěji se používá filtrace s přídavkem křemeliny do kalného piva. Křemelina vytváří na pevných přepážkách filtrační vrstvu, ve které se zachycuje jemný kal.

Filtrace se provádí na křemelinových svíčkových a deskových filtrech různé konstrukce. Pro dosažení vysoké biologické stability se používají i tzv. EK-filtry, kde je pivo filtrováno přes celulosové desky. Výjimečně se používají i odstředivky. Nejmodernějším, ale dosud velmi nákladným způsobem, je membránová filtrace.

Všechny filtry pracují na stejném principu, tj. filtrační vrstva se vytváří z křemeliny naplavením na pevné přepážky. Rozdíly jsou pouze v mechanickém uspořádání filtru a způsobu jeho čištění. Univerzálním a nejčastěji používaným filtrem je filtr deskový. Technologický postup filtrace je cyklický a je zhruba následující:

1. **naplavování filtru:** do vyčištěného a uzavřeného filtru se vháá pivo s přídavkem křemeliny a filtrát se vrací zpátky do dávkovače křemeliny tak dlouho, dokud není čirý
2. **vlastní filtrace:** do filtru se vháá kalné pivo, do kterého se přidává stále křemelina (buď stále ve stejné koncentraci, nebo se její přídavek v průběhu procesu snižuje), zfiltrované pivo se odváá do stáčírny; v průběhu filtrace se vlivem tvorby filtračního koláče snižuje filtrační rychlost, což se obvykle kompenzuje postupným zvyšováním tlaku na vstupu do filtru
3. **konec filtrace:** proces se ukončí, jestliže tlak na vstupu do filtru již nelze zvyšovat
4. **čištění filtru:** filtr se otevře, filtrační koláč se odstraní (vede se obvykle do stanice pro regeneraci křemeliny), filtr se vymyje, uzavře, vysanituje a připraví pro další cyklus.

Časový průběh filtrace lze obecně vyjádřit vztahem mezi rychlostí filtrace a silou, která překonává filtrační odpor a způsobuje průtok filtrátu:

$$\text{rychlost filtrace} = \text{konstanta} \cdot \frac{\text{hnací síla}}{\text{filtrační odpor}}$$

Průběh filtrace lze obecně vyjádřit vztahem mezi rychlostí filtrace (vyjádřenou jako objem filtrátu proteklého jednotkovou plochou za jednotku času) a hnací silou (rozdílem tlaků před a za filtrační plochou). Matematicky zapsáno je filtrační rychlost dána vztahem:

$$w = \frac{1}{S} \cdot \frac{dV}{dt}$$

a filtrační rovnice (formulovaná Ruthem) je:

$$w = \frac{\Delta p}{\mu \cdot R}$$

kde jsou: w -filtrační rychlost (m/s), S -filtrační plocha (m²) V -objem filtrátu (m³), t -čas (s), μ - dynamická viskozita filtrátu (Pa.s), R -celkový odpor filtrační vrstvy (filtrační podložka + filtrační koláč) (m⁻¹) Δp - tlakový spád na filtrační vrstvě (Pa).

Při obvyklém postupu se do piva přidává křemelina, která v průběhu filtrace vytváří spolu s kalem filtrační koláč. Ten v průběhu procesu jednak narůstá, jednak se vlivem tlakového spádu na filtrační vrstvě stlačuje a zhutňuje. Celkový odpor filtrační vrstvy v tomto případě vypočteme podle vztahu:

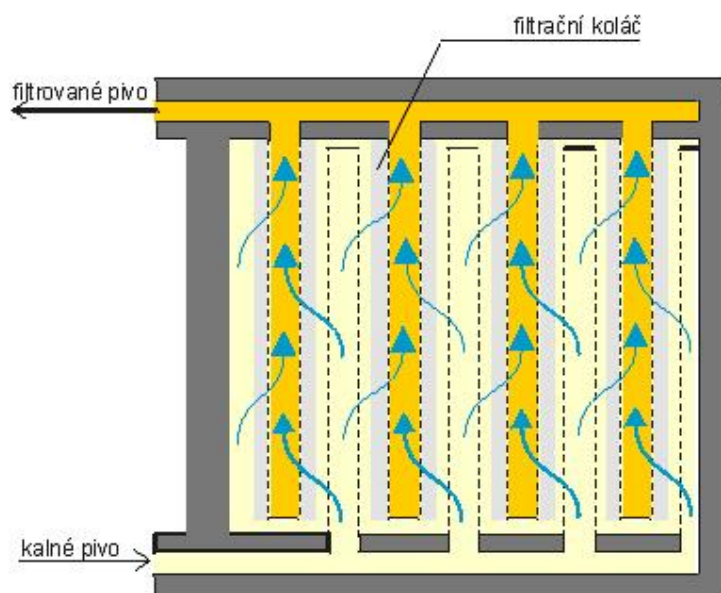
$$R = \alpha \cdot \frac{M_k}{S} + r$$

kde jsou: M_k -hmotnost koláče(kg), r -specifický odpor filtrační přepážky (m^{-1}), α - koeficient odporu koláče (m/kg), který se mění se s tlakovým spádem, což lze popsat empirickým vztahem:

$$\alpha = k \cdot \Delta p^u$$

kde k a u jsou empirické konstanty (např. pro obvykle užívanou křemelinu jsou $k = 3,6 \cdot 10^9$ a $u = 0,15$).

Vztah pro nárůst hmotnosti koláče v průběhu filtrace odvodíme z bilance hmotnosti křemeliny.



Obr.13 - Schema průtoku piva článkem deskového filtru



Obr.14 - Provozní deskový křemelinový filtr

Koloidní stabilita piv a stabilizační postupy.

Doba, kdy k dodržení trvanlivosti stačila samotná filtrace piva je minulostí. Je to způsobeno především náročností spotřebitelů, kteří vyžadují dlouhodobou trvanlivost piva.

Filtrace je však stále součástí samotné koloidní stabilizace piva. I proto patří filtrace se stabilizací v pivovarech do jednoho oddělení. Filtrací odstraňované kvasnice na sebe adsorbují určité množství koloidních prekurzorů, čímž zvyšují předpověď koloidní trvanlivosti.

Cílem stabilizace je snížit náchylnost piva k tvorbě koloidních zákalů, a tím zvýšit trvanlivost piva. Stabilizace úzce souvisí s filtrací, která však samostatná není dostatečná na dosažení několikaměsíční trvanlivosti piva. Proto jsou spolu s vyššími nároky zákazníků na trvanlivost piva vyvíjeny nové stabilizační materiály.

Koloidní stabilitu piva včetně účinnosti dávkovaných stabilizátorů ovlivňuje přirozená koloidní stabilita, která je závislá na kvalitě použitých surovin, dodržování optimálních podmínek technologie a na minimálních oxidačních změnách v závěru výroby piva.

Podle účinku se stabilizátory dělí na přípravky, které:

- sráží, adsorbují, nebo štěpí vysokomolekulární dusíkaté látky
- sráží, adsorbují, nebo štěpí polyfenoly
- snižují redukci vliv kyslíku

Již na počátku dvacátého století byly testovány různé typy materiálů pro stabilizaci vína. Postupem času ze začali poprvé objevovat tyto materiály v pivovarství a od 70-tých let se začali používat v průmyslovém měřítku. S vývojem moderních technologií se od přírodních materiálů přešlo k silikagelům a polymerům.

Adsorpční materiály

Adsorbenty dusíkatých a polyfenolových látek patří k nejpoužívanějším stabilizátorům. Požaduje se hygienická nezávadnost, nerozpustnost v pivu, charakteristická velikost částic se specifickým povrchem, objemem i průměrem pórů zaručujícím vysokou sorpční aktivitu pro prekursorů zákalu a s minimální vedlejší sorpční aktivitou.

I přesto, že již existuje velký počet získaných zkušeností v oboru stabilizace piva, není zatím možné jednotlivým pivovarům při těžkostech s koloidními zákalů, bez předběžných pokusů, dávat závazné rady na nasazení určitého stabilizačního materiálu. Pivovar musí vždy nově vybraný stabilizační materiál otestovat nejen laboratorně, ale i v provozním měřítku.

Adsorbenty dusíkatých látek

Stabilizace piva použitím křemičitých gelů se začala prosazovat v sedmdesátých letech. Silikagely jsou adsorbenty dusíkatých látek, které se vyrábí reakcí kyseliny sírové a křemičitanu vápenatého. Silikagely adsorbují bílkovinné frakce aniž by významně ovlivnily chuť a pěnivost piva. Průměr póru tohoto materiálu je 3 až 20 mikrometrů a měrný povrch 200 až 500 m²/g. Dalším postupem přípravy vznikají buď xerogely, nebo hydrogely.

Xerogely se také nazývají suché, protože obsah vody se pohybuje do 5 %. Mají vyšší účinnost než hydrogely, a proto se používají v pivovarství častěji. Problémem je prašnost materiálu. Používá se dávkování v rozmezí 50 až 200 g/hl do filtrační křemeliny, ojedinele při sudování. Interní povrchovou plochu mají 400 m²/g při obsahu póru od 1 do 1,2 ml/g, přičemž převážná část póru křemičitanového gelu disponuje průměrem větším než 5 nanometrů.

Hydrogely obsahují přes 50 % vody a mají o 30 % více hydroxidu křemičitého. Jsou vyráběny stejným způsobem jako xerogely, jen poslední fáze - sušení - se vynechá. Nižší účinnost některých gelů je zde nahrazena možností použít tento druh silikagelu v kombinaci s nerozpustným polyvinylpyrrolidonem.

Hydratizované silikagely byly speciálně vyvinuty firmou Stabifix Brauerei-Technik z důvodu poptávky po selektivním stabilizačním prostředku, který by se v účinnosti blížil xerogelu, ale jeho použití by bylo bezprašné jako u hydrogelu.

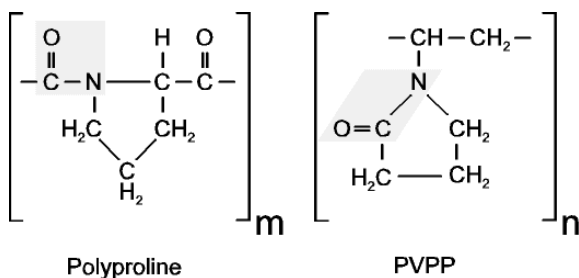
Adsorbenty polyfenolových látek

Nejmodernější stabilizační materiály jsou založeny na bázi polymerů různých typů, které selektivně vážou fenolické látky piva vodíkovými můstky. Nevýhodou takto ošetřených piv bývá vysoká náchylnost k oxidaci. Polymery se dávkuje různými technologickými postupy při filtraci v množství 30 až 100 g/hl. Mezi dnes známé a nejpoužívanější polymery patří:

- materiály na bázi polyvinylpyrrolidonu (PVPP) nebo polyvinylpyrrolidonu (PVP)
- polyamidy na bázi polykaprolaktamu a polyethylenoxidu
- materiály na bázi nylonu
- materiál získaný z kaprolaktamu pomocí polyethyltereftalátu

Na množství a kvalitě odstraněných polyfenolových sloučenin závisí reálná doba trvanlivosti piva, která může být i více než půl roku podle typu piva. Velké pivovary především z ekonomických důvodů využívají možnost recyklace PVPP.

Mezi původní prostředky patřily polyamidové deriváty, které jsou strukturně podobné peptidům (Obr. 15). Při jejich aplikaci se tvoří vodíkové můstky mezi hydroxylovými skupinami polyfenolů a peptidovými vazbami polyamidů. Sorbenty této skupiny např. Nylon a Perlon nenašly širší uplatnění, neboť měly vedlejší účinky na kvalitu piva a jejich účinnost nebyla vysoká. V dnešní době se používají pouze pro laboratorní účely.



Obr. 15 Podobnost polyprolinu a PVPP

Originální látky tohoto druhu vynalezli pracovníci Ústavu polymerů VŠCHT Praha pod názvy Sorsilen a Amidap. Jejich výhodou byla specifická sorpce polyfenolových látek, zaručující vynikající smyslové vlastnosti stabilizovaného piva. Kromě toho se jednalo o přípravky polymerů, zatímco v praxi dnes nejvíce používaný nerozpustný polyvinylpyrrolidon s obchodním názvem Polyclar AT je zesítený materiál.

PVPP je zesítený PVP. Polyvinylpyrrolidon je za normálních podmínek rozpustný ve vodě a tedy i v pivu. Je otázkou, zda při regeneraci PVPP, kdy by mohlo teoreticky dojít k odmytí síťovacího činidla nedochází alespoň k minimální rozpustnosti PVPP do piva. Tento předpoklad nebyl zatím nikdy ověřován, nejkuli publikován, protože za PVPP není v současné době adekvátní náhrada. Dá se předpokládat, že polyamid jako pravý polymer tuto negativní vlastnost nemá. Na druhou stranu se dá předpokládat, že jeho sorpční afinita k polyfenolům je menší než u PVPP.

Pasterace piva, teorie a praxe.

Pasterace je tepelné ošetření piva s cílem zvýšit jeho biologickou trvanlivost.

Pasterace se používá pro zvýšení biologické stability piva. Rozšířená je zejména pasterace piva v lahvích či plechovkách v ponorných a tunelových pastérech při teplotě 62 °C, méně častá je mžiková pasterace v průtokových pastérech při vyšší teplotě.

Aby bylo možno úroveň pasterace kvantifikovat, byla zavedena tzv. Pasterační jednotka PJ (často se lze rovněž setkat s anglickým označením této jednotky PU). Pasterační jednotka je definována jako pasterační účinek tepla působící při teplotě 60 °C přesně 1 minutu. I když k zajištění biologické stability normálně prokvašeného a zfiltrovaného piva by postačovalo cca 5 až 10 PJ, používá se v evropské praxi bezpečná hodnota 20 až 30 PJ.

Při použití termínu letální rychlost (tj. rychlost biologického umrtvení, používaná zkratka LR) můžeme celkový pasterační účinek určit vztahem:

pasterační účinek = letální rychlost x čas působení

neboli

$$PJ = LR \cdot t$$

Pro letální rychlost při různých teplotách platí:

$$LR = 1.3932^{(T - 60)}$$

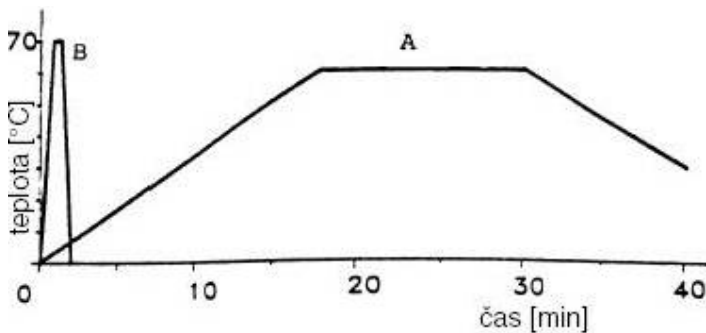
t – doba působení tepla [min]

T – teplota [°C]

Vlastní pasterace se provádí v pastérech.

V praxi se používají dva základní druhy pastérů:

- pastér průtokový,
- pastér tunelový (sprchový).



Obr. 16 - Základní schéma rozdílů tunelového a průtokového pastéru
A – časově delší působení tepla při nižší teplotě (tunelový pastér), B – působení tepla při vyšší teplotě kratší dobu (průtokový pastér)

Stáčení piva.

Stáčení piva do transportních obalů je konečnou fází výroby. U nás se pivo stáčí do cisteren pro dislokované stáčírny a pro export do sudů, lahví a plechovek pro vnitřní obchodní síť i pro export. Při stáčení je nutné zamezit ztrátám oxidu uhličitého, aby neutrpěla kvalita piva, proto jsou stáčeční stroje konstruovány na izobarickém principu. Dalším požadavkem je nutnost zamezení styku piva s kyslíkem a proto se v moderních linkách stáčí pivo pod tlakem oxidu uhličitého do obalů předplněných oxidem uhličitým. Neméně důležitým požadavkem je zajištění dokonalé sanitace všech zařízení, která přicházejí do styku s pivem.

V současné době se v České republice podíl piva plněného do lahví nebo plechovek pohybuje mírně nad 50 % celkového výstavu piva. Z toho plyne význam provozního souboru stáčírny lahví. Z hlediska investičních nákladů stáčírna lahví představuje asi 22 – 25 % stavebních nákladů a 27 – 30 % strojních nákladů na výstavbu nového pivovaru.

Sestavu strojů a zařízení funkčně seřazenou, propojenou dopravníky (lahví, přepravky a palet), určenou k zajištění operací spojených s plněním lahví, v rozsahu od vstupu prázdných lahví až po výstup plných lahví (v přepravních obalech nebo na paletách) nazýváme souhrnně **lahvárenskou linkou**.

V mokré části linky jsou realizovány základní technologické operace: mytí lahví, kontrola lahví, mytí přepravek, plnění a uzavírání lahví, pasterace, etiketování.

Plnič lahví, který je hlavním strojem lahvárenské linky, je pro plnění piva (obdobně jako jiných nápojů obsahujících CO₂) konstruován konstruován na principu výškového, izobarometrického, přetlakového plnění při nízké teplotě. Výškové plnění je založeno na odvodu zpětného vzduchu či plynu z plněné lahve. Jakmile plněná kapalina dosáhne otvoru zpětného vzduchu, vyrovnají se výšky hladin a plnění končí.

Modernější princip je založen na elektronické sondě, umístěné na plnicí trubce, která vysílá při dosažení kapaliny do její výšky impuls k uzavření kapalinového ventilu (zpožděním impulsu lze regulovat výšku plnění). **Izobarometrický přetlakový princip** znamená, že plnění je zahájeno a probíhá až po vyrovnání tlaku v lahvi a v zásobníku piva, který je vyšší než tlak atmosférický. Provozní nastavení tohoto přetlaku, nazývaného „protitlak“, závisí na obsahu CO₂ v pivu, na teplotě piva a na pevnosti vazby CO₂ na kapalnou fázi. Plnič lahví je kruhový automatický stroj, v jehož pevné spodní části nesené řadou nastavitelných noh je umístěn pohon, převody, rozvod vzduchu, systém apod. Spodní část přechází do centrálního ložiska, které nese otočnou část. Na otočné části plniče umístěna přítlačná zařízení, prstencový zásobník piva a po jeho obvodu orgány. Zásobník piva je buď jednokomorový, nebo vícekomorový, což že zpětný plyn, případně i protitlakový jsou prostorově odděleny střední částí v návaznosti a odvodový dopravník lahví je rozvodový stůl, jehož hlavní části rozdělovací šnek, vstupní a výstupní a vodící oblouky.

Základním prvkem plniče **plnicí orgány**, pomocí nichž se v průběhu jedné otočky horní části postupně realizují jednotlivé fáze vlastního plnění piva.

Kromě způsobu ovládání ventilů se plnicí orgány rozlišují podle délky plnicí trubky:

- Dlouhá plnicí trubka zajišťuje šetrnější plnění a nižší oxidaci piva, neboť styčná plocha piva a vzduchu během plnění je menší, ale má menší průtok.

- Krátká plnicí trubka má větší průtok a umožňuje menší rozteče plnicích orgánů (tzn. menší průměr zásobníku a menší rozměry plniče). Je však příčinou větší styčné plochy pivo/vzduch. Proto musí být tento negativní vliv ošetřen evakuací lahví před vlastním plněním a používáním CO₂ jako protitlakového plynu.

Vlastní plnění lahve má vždy čtyři základní fáze: (1) vytvoření protitlaku v lahvi, (2) plnění, (3) ukončení plnění, (4) odlehčení tlaku.

Do jednoho celku s plničem, do monobloku, je dnes běžně začleňována i uzavíračka lahví, jejíž pohon je synchronizován s pohonem plniče. K vlastnímu uzavření lahve korunkovým uzávěrem nebo jiným druhem lahvového uzávěru dochází v uzavíracích hlavících, umístěných v příslušném počtu kolem středového sloupu stroje. Výkon jedné uzavírací hlavice je 1800 až 3000 lahví za hodinu.

Obecně důležitým požadavkem na plnicí a uzavírací monoblok je vybavení pro možnost jeho komplexního připojení na účinný sanitační systém CIP. Jedním z důležitých požadavků při plnění piva do lahví je minimalizovat objem vzduchu v hrdlovém prostoru lahve.

Nízkoalkoholická piva, druhy a rozdělení piv.

Ze zdravotních a legislativních důvodů vzniká někdy požadavek na redukci obsahu alkoholu na minimální hodnoty (pod 0,5 % hm).

Při výrobě tohoto piva se uplatňují dva základní postupy:

- Odstranění alkoholu z hotového piva pomocí vakuové destilace nebo membránových procesů.

- Speciální vedení hlavního kvašení.

Technologicky jednoduchou variantou je zastavení kvašení. Podmínky kvašení, zákvasná dávka, teplota, doba, koncentrace původní mladiny vedou k omezené tvorbě alkoholu. Při těchto postupech lze využívat imobilizované kvasinky. Při výrobě nealkoholických piv lze

předpokládat určité změny senzoričského profilu, jejichž význam je nutno omezit.

Druhy pív

V současné době se ve světě vyrábí široká škála pív a vytvořit jejich nějakou jednotnou klasifikaci je úkolem značně obtížným. Postupem času se vyhranily dva hlavní typy pív, lišící se způsobem kvašení: piva spodně kvašená, piva svrchně kvašená.

Rozdíl mezi nimi spočívá v tom, že zatímco při výrobě spodně kvašených pív kvasnice postupně klesají ke dnu, kde vytvoří kompaktní vrstvu, u svrchně kvašených pív jsou kvasnice na konci kvašení vynášeny k povrchu.

Spodně kvašená piva, původem ze střední Evropy, se dnes vyrábějí v celém světě. Svrchně kvašená piva se tradičně vyrábějí ve Velké Británii, v Belgii, částečně ve Francii a v Německu. Mají jiný organoleptický charakter, který se českému konzumentovi jeví jako nezvyklý. Podle barvy se piva dělí na piva světlá, piva tmavá, existují i přechodné typy (piva polotmavá).

V České republice se až na výjimky vyrábějí pouze spodně kvašená piva. Základním druhem je tzv. pivo českého (plzeňského) typu, které je reprezentováno světlým ležákem. Rozumí se jím světlé pivo o koncentraci původní mladiny 11 – 12 %, s dobrou plností, výraznou hořkostí a dobrou pěnivostí. Vyrábí se obvykle dvourmutovým dekokčním způsobem a je středně prokvašené. K tomuto typu náleží většina pív u nás vyráběných, která se mírně liší v použitých surovinách a místními výrobními podmínkami. Podle obsahu původního extraktu mladiny se piva podle potravinového zákona dělí na:

lehká – do 7,99 % extraktu původní mladiny

výčepní – 8,00 – 10,99 % extraktu původní mladiny,

ležáky – 11,00 – 12,99 % extraktu původní mladiny,

speciální – nad 13,00 % extraktu původní mladiny.

Dále se u nás vyrábějí piva určená většinou ke speciálním účelům a určitému okruhu spotřebitelů.

Pivo se sníženým obsahem alkoholu: pivo s obsahem alkoholu nejvýše 1,2 % objemových (1 % hmotnostních). Toto pivo nesmí být požíváno řidiči;

Nealkoholické pivo: pivo s obsahem alkoholu nejvýše 0,5 % objemových (0,4 % hmotnostních) určené pro řidiče.

Pivo se sníženým obsahem cukrů (dia-pivo): hluboce prokvašené pivo s obsahem zatěžujících sacharidů nejvýše 7,5 g.l⁻¹ a bílkovin 4,0 g.l⁻¹. Je určeno převážně pro diabetiky.

Pšeničné pivo: pivo vyrobené s podílem extraktu pšeničného sladu vyšším než jedna třetina hmotnosti celkově dodaného extraktu.

Kvasnicové pivo: pivo vyrobené dodatečným přídavkem malého podílu rozkvašené mladiny do hotového piva v průběhu stáčení. Obsahuje rozptýlené živé kvasinky.

Bylinné pivo: pivo vyrobené s přídavkem části bylin, dřevin nebo jejich extraktů.

Lehké pivo: piva s obsahem původního extraktu mladiny do 7,99 % nebo hluboce prokvašené pivo s obsahem využitelné energie nejvýše 1300 kJ.l⁻¹.

Zpracování odpadů pivovarské výroby.

Při výrobě piva, stejně jako při jiných průmyslových výrobcích, dochází cestou od výchozích surovin ke konečným produktům ke kumulaci odpadů.

Podle konzistence je možno rozdělit odpadní produkty na pevné, polotekuté a tekuté. Odpady mohou být rozdělovány i podle příslušných fází výrobních procesů, ve kterých vznikají, podle jejich charakteru a dalších kritérií.

Pivovarské odpady představují typický příklad odpadů potravinářského průmyslu. Tento průmysl minimálně znečišťuje ovzduší, ale značně znečišťuje odpadní vody organickými látkami. V tabulce I je uveden podíl pivovarských odpadů.

Tab. I: Pivovarské odpady

Látka	CHSK [mg.kg ⁻¹]	Kapalný odpad [hl.den ⁻¹]	Celkové znečištění [kg.den ⁻¹]
Vlhké mláto	200 000	765	15300
Lisování mláta:			
odpadní voda	46 000	192	883
usazený zbytek	100 000	128	1280
Patoky	55 000	56	308
Kaly	225 000	20	450
Odpad při transportu mladiny	20 000	20	40
Odpadní pivo	20 000	233	446
Kvasnice a pivo:			
hlavní kvašení	200 000	476	9520
Dokvašování	200 000	279	5580
Odpadní křemelina	180 000	76	1368
Odpad při plnění	40 000	327	1308
Celkem:		2572	36503

Z hodnot v tabulce je zřejmé, že odseparováním hlavních pivovarských odpadů, které se nejvíce podílejí na biologickém zatížení odpadních vod, se znečištění výrazně sníží. Největší podíl organického znečištění připadá na mláto (40 %) a na kvasnice, ať již várečné nebo stažkové (40 %). Z dalších již menších položek znečištění je nutné obrátit pozornost na poslední výstřelkovou vodu (tzv. patoky), kaly, odpadní filtrační materiál, protláčky, dotáčky a odpadní pivo. Využit se rovněž dá odpadní oxid uhličitý, pokud jde o uzavřené kvašení a lze také izolovat odpadní chmelové silice z kondenzátu brýdových par. K využitelným odpadům se řadí i etikety a sklo.

K největším zdrojům znečištění odpadních vod by patřilo mláto, pokud by nebylo zachyceno. Mláto obsahuje 80 % vody. Sušina mláta obsahuje přibližně 41 % bezdusíkatých extraktivních látek, 28 % bílkovin, 18 % celulosy, 8 % lipidů a 5 % popelovin. Mokrý mláto je oblíbenou přísadou ke statkovým krmivům, rychle se však kazí a proto nemá-li jeho krmná hodnota klesnout, musí se spotřebovat do 24 hodin nebo vhodně konzervovat. Nejlepší konzervace mláta je lisování a sušení horkým vzduchem.

Hořké kaly se většinou vracejí po považení s poslední výstřelkovou vodou do scezovací nádoby. Odpadní křemelina se může přidat k mlátu nebo odsušit na válcové sušárně a přidávat ke krmným podílům sušeného mláta do 3 %. Odpadní křemelinu lze rovněž regenerovat. Pivovarské kvasnice mohou při odpovídajícím zpracování přinášet vysoké zisky a jejich využití může být velmi mnohostranné.

Jestliže vezmeme v úvahu celoroční výstav pivovarů v ČR 18,6 mil. hl, pak na toto množství piva připadá 5 400 tun odpadní kvasničné sušiny ročně

Krmné kvasnice se suší a mají tak poměrně velkou trvanlivost. Dnes se již výhradně suší na sprejových sušárnách. Z krmivářského hlediska je rozhodující zastoupení tzv. čisté bílkoviny a v ní zastoupení jednotlivých aminokyselin..

V potravinářském průmyslu se odpadní pivovarské kvasnice mohou uplatnit jako aditivum. Pokud se využívají celé buňky, jsou dávky omezeny vzhledem k vysokému obsahu nukleových kyselin.

Část odpadních pivovarských kvasnic se ve světě zpracovává na kvasničný extrakt. V Anglii se takto zpracovává až 75 % odpadních pivovarských kvasnic. Extrakty jsou používány především v potravinářském průmyslu. Výroba je založena na principu autolýzy nebo plasmolýzy, případně na kombinaci obou těchto principů.

- Doporučená literatura:
- Basařová, G., Čepička, J.: Sladařství a pivovarství, skriptum VŠCHT, SNTL, Praha 1985
 - Basařová G. a kol.: Pivovarsko-sladařská analytika I/III Merkanta, Praha 1993
 - Hough, J.S. et al.: Malting and Brewing Science, Chapman-Hall, London 1989
 - Kunze W.: Technology Brewing and Malting, 2nd Edition, VLB Berlin 1999
 - Kosař K., Procházka S. a kol.: Technologie výroby sladu a piva, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha 2000.