

Filtrace piva a jeho mikrobiologická kontrola, vliv na trvanlivost a koloidní stabilitu piva

Jan Vasil

Bakalářská práce
2009

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan VASIL**

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

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Filtrace piva a jeho mikrobiologická kontrola, vliv na trvanlivost a koloidní stabilitu piva**

Zásady pro vypracování:

- Historie výroby piva.
- Technologie výroby piva.
- Filtrace piva.
- Mikrobiologická kontrola filtrovaného piva.
- Trvanlivost a koloidní stabilita piva.
- Shrnutí a závěr.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

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

[2]KAHLER, M. VOBORSKÝ, J. Filtrace piva, SNTL, Praha 1981

[3]TVRDOŇ, M. BÁLEŠOVÁ, B. Kvasná mikrobiologie, SNTL, Praha 1986

[4]BASAŘOVÁ, G. ČEPIČKA, J. Sladařství a pivovarství, SNTL, Praha 1986

[5]BLACKBURN, C. Food spoilage microorganisms, 1 st ed. New York: CRC Press 2006

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

[7]BASAŘOVÁ, G. HLAVÁČEK, I. České pivo, NUGA, Praha 1999

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Magda Doležalová

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2009

Ve Zlíně dne 31. května 2009

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Hlavním tématem této práce je filtrace piva, která je nedílnou součástí pivovarské technologie. Kvalita filtrace má rozhodující vliv na trvanlivost a koloidní stabilitu piva. V pivovarské praxi se používají různé druhy filtrace. Mezi nejběžnější metody patří křemelinová filtrace. Na základě výzkumů a modernizace pivovarů jsou do této výrobní sekce zaváděny nové vývojové trendy. Pro zjištění účinnosti filtrace se provádí mikrobiologické odběry vzorků. Vlastní kontrola je zaměřena především na přítomnost kvasinek, mléčných bakterií, plísní a jiných nežádoucích kontaminantů. Výsledky této kontroly přináší cenné informace o jakosti výrobku.

Klíčová slova: filtrace piva, křemelina, trvanlivost, koloidní stabilita, kvasinky, mléčné bakterie, mikrobiologická kontrola, jakost.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is beer filtration, what is an important part of beer technology. Quality of filtration has significant effect on shelf-life and colloidal stability of beer. Different types of beer filtration are used in brewery. The most common method is diatomeous filtration. New developments are implemented in brewery trying to reach modernization. Microbiology analyses of beer samples are performed for confirmation of filtration efficiency. It is focused on yeasts, lactic acid bacteria, moulds and other undesirable contamination.

Keywords: beer filtration, kieselguhr, stability, colloidal stability, yeast, lactic acid bacteria, microbiological control, quality.

Za odborné vedení, za poskytnutí zahraničních podkladů pro mou práci a cenné rady a připomínky, bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Doležalové Magdě.

V neposlední řadě patří také můj dík rodině za podporu, kterou mi během studia poskytovali.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Použitou literaturu a podkladové materiály jsem v práci citoval a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Ve Zlíně 2. 5. 2009

Podpis

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 HISTORIE VÝROBY PIVA	10
1.1 PIVO Z POHLEDU HISTORIE	10
1.2 HISTORIE VÝROBY PIVA V ČESKÝCH ZEMÍCH	12
2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA	15
2.1 ZÁKLADNÍ SUROVINY PRO VÝROBU PIVA.....	15
2.1.1 Varní voda	15
2.1.2 Slad.....	15
2.1.3 Chmel	17
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA.....	20
2.2.1 Výroba mladiny	20
2.2.2 Spilka.....	22
2.2.3 Ležácký sklep.....	23
2.2.4 Filtrace piva.....	24
2.2.5 Stáčení piva do lahví a KEG sudů.....	25
3 FILTRACE PIVA	26
3.1 TEORIE FILTRACE PIVA	26
3.2 FILTRAČNÍ MATERIÁLY.....	30
3.3 TYPY FILTRŮ	32
3.4 PRAXE FILTRACE	37
3.5 MIKROBIOLOGIE V PIVOVARSTVÍ.....	39
3.6 ROZDĚLENÍ NEŽÁDOUCÍCH MIKROORGANISMŮ	39
3.7 ZJIŠTĚNÍ ÚČINNOSTI FILTRACE MIKROBIOLOGICKÝMI ZKOUŠKAMI.....	41
3.7.1 Odběr vzorků.....	41
3.7.2 Stanovení počtu mikroorganismů	42
3.7.3 Stanovení biologické trvanlivosti piva.....	42
3.7.4 Stanovení technologicky škodlivých mikroorganismů.....	43
3.7.5 Rychlometody	43
3.7.6 Vyhodnocení výsledků.....	44
4 TRVANLIVOST A KOLOIDNÍ STABILITA PIVA	45
4.1 KOLOIDNÍ STABILITA PIVA.....	45
4.1.1 Chladové zákaly	45
4.1.2 Trvalý zákal.....	45
4.2 ZPŮSOBY ZVÝŠENÍ KOLOIDNÍ STABILITY PIVA	47
4.2.1 Křemičité gely	47
4.2.2 Polyvinylpolypyrrolidon (PVPP).....	47
4.3 VARIANTY FILTRAČNÍCH LINEK.....	49
4.4 HYGIENA, SANITACE A DEZINFEKCE V PIVOVARECH.....	50
4.4.1 Všeobecné pojmy	50
4.4.2 Teorie čištění	51
4.4.3 Faktory ovlivňující proces čištění	51

5	SHRNUTÍ A ZÁVĚR.....	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
	SEZNAM TABULEK.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Pivo je slabě alkoholický nápoj vyráběný z obilného sladu, vody a chmele. Z těchto tří základních složek se pivo vyrábí působením mikroorganismů, pivovarských kvasinek. Mezi základní znaky tohoto nápoje patří zlatavá barva, v chuti charakteristická hořkost, po nalití do sklenice tvorba kompaktní pěny [1].

Většina vyrobeného sudového piva se dříve většinou vypila v hospodách, restauracích a hotelech nejbližšího okolí jednotlivých pivovarů, to je už dávno minulostí. Pivovary dnes zaměstnávají obchodní zástupce převážně ve všech regionech, budují v regionech distribuční střediska a tak je sudovým pivem jednotlivých pivovarů možno zásobovat každý kout naší republiky. Také lahvoým pivem se pivovary neuzavřely jen na zásobování daného regionu, ale zásobují svým pivem po celé zemi poměrně hustou sítí super a hypermarketů. S tím přímo souvisí otázka trvanlivosti piva, na kterou jsou ze strany obchodníků kladeny velké požadavky. Dnes obchodníci požadují, aby pivo bylo trvanlivé a udrželo si po dlouhou dobu od stočení svoji jakost. Spotřebitel požaduje, aby pivo bylo: jiskrné a čiré, pěnlivé a řízné neboli perlivé, mělo pro daný typ odpovídající chuť, vůni a hořkost.

Po skončení dokvašování v ležáckém sklepě a stočení do transportních obalů by se pivo po velmi krátké době zkazilo a bylo by nepitelné. A to hned z několika důvodů: v pivu jsou obsaženy kontaminující mikroorganismy, které se při vyšších teplotách mohou rychle rozmnožit, produkty metabolismu těchto mikroorganismů jsou původcem vážných chuťových změn; koloidní látky v pivu se vysrážejí a vytváří sedimenty a zákaly; neupravené pivo se časem mění chuťově k horšímu. Pivovar proto musí garantovat po celou dobu záruky trvanlivost piva ve všech směrech, tj. trvanlivost:

- biologickou (mikrobiologickou)
- koloidní
- chuťovou.

Na varně, po skončení chmelovaru je uvařená mladina sterilní. V okamžiku, kdy se mladina ochladí, může dojít k rychlému pomnožení piva škodlivých mikroorganismů.

Základní zásadou pivovarského provozu je mimo dodržování technologických postupů výroby, úzkostlivé dodržování čistoty po celou dobu výroby, od skončení chmelovaru až po stočení do transportního obalu. A to nejen uvnitř technologických celků, ale i na povrchu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE VÝROBY PIVA

Přesná a historicky doložená odpověď na otázku, kdy vzniklo pivo neexistuje. Mnoho odborníků i milovníků zlatavého moku se snažilo z dostupných historických materiálů a poznatků odhalit možné varianty vzniku piva. Všichni se shodují v jedné věci – příprava piva nebyla vynalezena, ale výsledkem souhry náhod. Z toho se dá usoudit, že pivo vyráběné tehdy a dnes se nedá vůbec srovnávat. Postupem času došlo díky výzkumu a vývoji k poznatkům, které nám dnes dovolují vyrábět pivo na velmi vysoké úrovni [1].

1.1 Pivo z pohledu historie

Historie vaření piva je známa již 5000 let. První zmínky o pití piva pocházejí z Mezopotámie. V úrodném povodí Eufratu a Tigridu, kde se pěstoval ječmen i chmel, se vařil také nápoj, který byl spolu s chlebem základní potravinou. Rozluštěné mezopotámské tabulky do podrobnosti popisují způsob vaření piva i zvyky, které ho provázely [1].

Sumerové vařili více druhů nápoje, nazývaného kaš (později šikaru), které se od sebe lišili chutí i barvou. Přesto, že od pradávna byly vysoce oceňovány jeho výživové přednosti a schopnost uhasit žízeň, měl tento nápoj zásadní vadu: nebyl čirý, ale obsahoval kal a množství nerozpustných látek. Proto se také vždy pil pomocí stébel a rákosových rourek. Výrobou šikaru se zabývaly především ženy. Zpočátku vařily nápoj pro potřeby své rodiny, později se s přebytky začalo obchodovat. Teprve později vznikaly pivovary, mnohé z nich při chrámech. Již tehdy existovali profesionální sládci, kteří pracovali pod kontrolou královského paláce [2].

Na přelomu 7. a 6. století před naším letopočtem, za vlády Nabukadnesara II., bylo pivo nápojem velmi ceněným a uznávaným, protože, účinně hasilo žízeň a chránilo před melancholií. Známý byl rovněž jeho léčivé vlastnosti a sládek se těšil všeobecné vážnosti, byl zván dokonce i k nemocným. Vaření piva bylo ušlechtilé povolání a profese sládka byla vážená a privilegovaná.

V Číně se pivo nazývané kiu vyrábělo z rýže kolem 4000 let před naším letopočtem. O něco později, asi 3000 let př. n. l. – se pivo začalo vařit i ve starověkém Egyptě, kde byly podmínky přirozeně podobné těm v Mezopotámii. Zde jej zpočátku vyráběli dost originálním způsobem. Chléb pečený z ječné mouky sušili, rozdrčený pak zalévali vodou s přísadkou datlové šťávy a ponechali samostatnému procesu fermentace. Sládek potom nápoj přefiltroval a přemístil do sklepů, aby dozrál a dosáhl konečné chuti. Egypťané rádi

používali kromě šťávy z datlí i další přísady: jalovec, semena vlčího bobu, zázvor, šafrán i mořskou sůl, což nápojům dodávalo zvláštní barvu i chuť. Produkovalo se také dietní pivo s přídavkem oliv. Největším a nejvýznačnějším centrem výroby piva té doby se stal přístav Peluse (dnešní Port Said). Piva, která se tam vařila, měla dokonalou jakost i chuť. Byla velmi silná – s obsahem 7 až 10% alkoholu. Jejich výroba se brzy tak rozvinula, že po uspokojení domácích potřeb se pivo i vyváželo. Ve starém Egyptě byla technika a kultura jeho výroby na velmi vysoké úrovni. Při vaření byl používán zřejmě chmel i kvasinky. Objev kvasinek v egyptských amfórách v Amónově svatyni vzbudil nemalou senzaci, když si uvědomíme, že v naší době byly kvasinky uplatněny teprve v roce 1885 díky dánskému učenici Emilu Hansenovi [2].

„Móda ječného piva“ dospěla rovněž do Řecka, kde zpočátku nebyl tento nápoj příliš populární a neměl ani název. Později z egyptského zythum vznikl řecký název Athos. Řekové vařili pivo převážně z praženého obilí kořenili je různými bylinami [1].

V Galii bylo pivo známé pravděpodobně již ve 4. stol. př.n.l. Dodnes je možné podívat se v muzeu v Metách ve Francii sochám, představujícím dva bohy – Nantasuelta, strážce domácího ohně, držícího miniaturu domu, a Sucellusa, boha pivovarníků a bednářů, který s levou rukou opřenou v bok zdvihá obrovský pohár piva. Právě Galům vděčíme za vynalezení sudů, které tak dlouho a dobře slouží vinařům i výrobcům piva.

Ve Skandinávii se zpočátku přidával do piva jalovec. Konzervoval nápoj a dával mu určitou charakteristickou vůni a chuť. Vyráběli se zde dva druhy piva: jemné, tzv. ro-dinné ölen v Dánsku a Švédsku a öl v Norsku. Kromě toho velmi silné pivo bjorr, které bylo určeno pro slavnosti.

Pivo znali rovněž staří Britové, kteří vařili svoje ale. Také národy žijící v povodí Rýna, Dunaje, Visly i pobřeží Středozevního moře tento nápoj vyráběli [2].

Novou epochu ve zdokonalování pivovarského umění zahajuje středověk, především díky klášterům a opatstvím. Mniši, pěstující staré tradice a využívající zkušeností celých pokolení, dokázali stejně rychle uplatnit i nejnovější poznatky. O zdokonalování pivovarnictví se zasloužili zejména kláštery ve Francii a Belgii. Počátky sahají do 4. stol., kdy opatství v Saint - Denis u Paříže a v Saint-Remy a Corbie v Picardii vařila (podle tehdejších pramenů) nejlepší a nejvíce kupované pivo. Později – v 8. stol. – patřilo k nejznámějším opatství benediktýnů ve Vestfálsku a v Anglii [2].

V 10. století došlo k převratu v rozvoji pivovarnictví. Produkce piva, do té doby rodinná pro vlastní potřebu a klášterní již nedostačovala a bylo nutno ji zvýšit. K tomu přispěl i rozvoj měst a růst jejich významu. Štafetu převzali řemeslníci a začali tak ve Francii, Anglii, Flandrech, Porýní, Bavorsku i Rakousku vznikat první pivovary.

Přes stálé zdokonalování vaření piva a jeho obohacování drahým kořením dováženým z Východu, pivo stále nemělo takový charakter, jaký známe dnes. Teprve když konečně sládky začali běžně používat chmel, bylo možné hovořit o skutečných narozeninách piva. Stalo se tak ve 12. století, ačkoli se chmel pěstoval již mnohem dříve. Za latinský název chmele vděčíme už Římanům, kteří divoce rostoucí chmel mezi vrbami pojmenovali *Lupus salictarius* (vlk mezi vrbami). Nejlepší chmel pocházel v té době z Čech. Již tehdy byla v díle „Přírodní vědy“ zmínka o tom, že hořkost chmelu vyrovnává některé škodlivé substance způsobující fermentaci a konzervuje tak tento nápoj. Uplatnění chmele v pivovarnictví podstatně zlepšilo jakost nápoje, dodalo mu průzračnosti, nahořklostí dokázalo pivo uhasit žízeň.

Významné byly rovněž vědecké objevy. Velký francouzský biolog Louis Pasteur učinil senzační objev: kvašení (fermentaci) vyvolávají živé organismy – kvasinky. Tento objev ve spojení s objevy francouzských chemiků Payerse a Persose, kteří vyrobili ječný slad, a dánského botanika Emila Hansena, který zavedl do výroby kvasinky, způsobily přelom v mikrobiologii, a tím i v potravinářském průmyslu [2].

1.2 Historie výroby piva v Českých zemích

První zpráva o výrobě piva u nás se váže k Břevnovskému klášteru. Uvádí se, že v roce 993, kdy byl vysvěcen druhým českým biskupem Vojtěchem, vyráběli tamní benediktýni pivo i víno. Pod hrozbou exkomunikace jim vaření piva bylo zakázáno. Tento zákaz zrušil král Václav I., který tím umožnil legální rozkvět výroby piva. Nadešlo období velkého rozvoje pivovarů, čemuž napomohla vynikající úroveň pěstování chmele a podobně jako v celé Evropě – zvyšování významu měst a rozšiřování obchodu [1].

Vývoj pivovarnictví procházel obdobnými změnami jako v sousedních zemích až do 18. století, kdy další směry ve vaření piva určil ve svých spisech vynikající český sládek František Ondřej Poupě. Do té doby převládaly jen ústně tradované předpisy a v mnoha případech i pověry, pivo se vařilo bez hlubších odborných znalostí. Teprve s rozvojem vědy a techniky začaly být zaváděny objektivní metody kontroly technologie – teploměry,

hustoměry, vážení sladu na vystírku místo měření objemu apod. Od poloviny 18. století přecházelo české pivovarnictví z vrchního na spodní kvašení a od roku 1884 se tak vařilo již všechno pivo. Další změnou zvyšující kvalitu vyráběného piva, bylo zavádění čistých kultur kvasinek a nové kvasné nádoby, od 60. let pak využívání parního stroje a s tím spojených nových strojních zařízení a nových typů varných nádob.

K rozvoji výroby piva přispěl i rozmach dopravy, především železniční se zvláštními přepravními vagóny, které umožnili dodávky piva bez ohledu na počasí a vzdálenost, aniž by se přitom zhoršovala jeho kvalita. V konkurenčním boji slabší podniky nevydržely, výroba piva se stále více koncentrovala. Ještě v roce 1860 bylo v Čechách 1040 pivovarů, ale v roce 1905 již jen 740. Výroba piva však neklesala, ale rostla. V roce 1864 se u nás uvařilo 3 000 000 hl piva, o 41 let později to už bylo více než 9 000 000 hl piva.

Revolučním českým přínosem pro světové pivovarnictví se stal nový typ světlého piva – plzeňské pivo, které v roce 1842 uvařili sládkové z Měšťanského pivovaru v Plzni a nazvali ho Pilsner Urquell (Plzeňský Prazdroj) [2].

V průběhu celého 19. století, na základě využití nových vědeckých a technických objevů, pivovarnictví v Čechách postupně přechází na jinou úroveň - stává se průmyslovým podnikáním. V té době byly v českých zemích založeny desítky nových pivovarů a také mnoho malých pivovárků zaniklo. Vedle jiných vzniká v těch letech i pětice dnes nejnámějších českých pivovarů Plzeňský Prazdroj (1842), Smíchovský Staropramen (1869), pivovar Gambrinus v Plzni (1869), pivovar Velké Popovice (1874) a pivovar Budějovický Budvar (1895) a také známé moravské pivovary Přerov (1872) a Starobrnno (1872). Zprůmyslnění pivovarství bylo provázeno postupnou koncentrací výroby.

Po roce 1948 byl celý pivovarský průmysl znárodněn a v podmínkách socialistického řízeného hospodářství se dostal na dlouhou dobu na okraj zájmu vládnoucí moci. Dochází k další násilné koncentraci pivovarského průmyslu. Začátkem 70. let minulého století pak byly v českých zemích postaveny dva nové pivovary. Z nich pivovar Radegast se dnes velice dynamicky rozvíjí a zařadil se mezi největší pivovary [3].

Zásadní zlom v dalším vývoji pivovarského průmyslu v České republice nastává po roce 1989. V tomto roce bylo v českých zemích v provozu již jen 71 pivovarů, které vyrobily celkem 18,2 miliónů hl piva. Místo plošného direktivního řízení se rozvíjí konkurenční prostředí mezi zprivatizovanými pivovary. I pivovarský průmysl, který se nemohl před

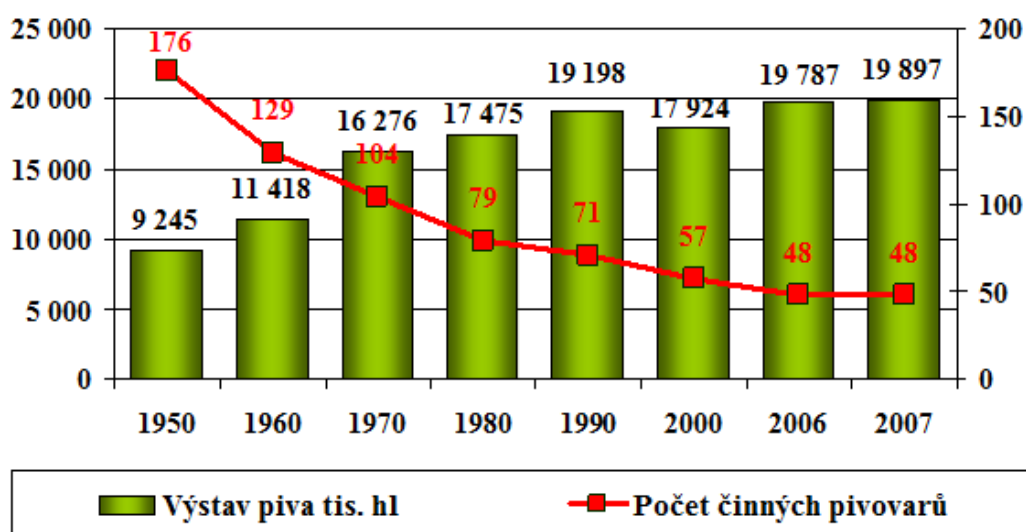
rokem 1989 rozvíjet podle potřeb, neměl k zajištění své obnovy dostatek finančních prostředků. Přesto však postupně došlo ke konsolidaci českého pivovarství.

V roce 2007 České pivovary vyprodukovaly 19 897 330 hl piva, což je nejvyšší výstav v dosavadní historii. V současné době je v českých zemích činných 48 komerčních pivovarů a více než 70 restauračních minipivovarů.

Celosvětově drží Česká republika primát ve spotřebě piva. Na hlavu a rok se u nás vypije 162 litrů, a to včetně kojenců, batolat a nezletilých.

Pro porovnání je uvedena celosvětová produkce piva, která v roce 2007 činila 1 787 415 000 hl [3].

Tab. 1. Vývoj produkce českého pivovarství v porovnání s počtem činných průmyslových pivovarů v letech 1950 – 2007.



2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

2.1 Základní suroviny pro výrobu piva

2.1.1 Varní voda

Je jednou ze základních surovin a její složení má vliv na konečný produkt. Z technologického hlediska nás zajímá tvrdost vody. V praxi pod tímto pojmem rozumíme obsah iontů Ca^{2+} a Mg^{2+} . V minulosti se uváděla v tzv. německých stupních, nyní se vyjadřuje dle jednotek SI v milimolech na litr. Tvrdost dále rozdělujeme na karbonátovou (přechodnou) a nekarbonátovou (trvalou).

Z hlediska tvrdosti se rozeznává:

měkká voda : $< 1,3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

středně tvrdá voda : $1,3 - 2,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

tvrdá voda : $2,5 - 3,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

velmi tvrdá voda : $> 3,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

Dle přepočtu: 1 stupeň německý = 10 mg CaO na 1 litr H_2O .

$$1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} = 5,6 \text{ německého stupně}$$

Pro výrobu piva je nejvhodnější voda měkká a středně tvrdá.

Všechny procesy probíhající během výroby piva jsou ovlivněny složením použité varní vody, tj. obsahem jejich jednotlivých iontů. Mezi kationty ve vodě obsažené patří: Ca, Mg, Mn, Fe, Na, K, Zn, Cu. Mezi anionty ve vodě obsažené patří: SO_4^{2-} , Cl, NO_3 , NO_2 [5].

2.1.2 Slad

Slad se vyrábí ve sladovnách (obr. 1.) z ječmene. Jeho kvalita ovlivňuje proces technologie výroby piva a má stěžejní význam i v docílení požadovaného chemického složení, organoleptických vlastností a koloidní stability tohoto nápoje. Technologické oddělení sladoven se dělí na pět základních článků:

1. příjem, čištění a skladování ječmene

2. máčení ječmene

3. klíčení ječmene
4. sušení a hvozďení zeleného sladu
5. úprava odsušeného sladu, skladování a expedice [5, 12].

U sladovnického ječmene obsah škrobu kolísá od 58 do 66 %. Během klíčení jsou z celkového množství v zrně 4,5 % prodýchána a 18 % je enzymově jinak rozštěpeno. Sacharózu spotřebuje zárodek v prvních fázích klíčení, současně je schopen ji opět syntetizovat (tzv. transportní cukr). Glukóza a v malém množství i další jednoduché sacharidy (isomaltóza, dextriny) vznikají jako konečné produkty zmíněného mírného štěpení škrobu. Nejdůležitější funkcí klíčení je tvorba a aktivace amylolytických enzymů, které mají zásadní význam v hydrolýze škrobu při výrobě mladiny [6].

Hemicelulózy a gumovité látky se štěpí komplexem cytolytických enzymů na nízkomolekulární bílkoviny. Tyto enzymy zajišťují mechanické rozluštění zrna, tzv. cytologické rozluštění, důležité pro uvolnění látek extraktu klíčícího zrna, sladu při rmutování a hladký proces celého varního postupu včetně mletí sladu a dobrého varního výtěžku. Štěpením vysokomolekulárních dusíkatých látek se zajišťuje tzv. proteolytické rozluštění zrna. Je tím větší, čím je vyšší stupeň domočení, teplota a delší doba klíčení. Působením fosfatáz se uvolňují z organických sloučenin anorganické fosfáty.

Tuky jsou hydrolyticky štěpeny lipázami. Produkty hydrolýzy jsou částečně oxidovány a prodýchány, částečně slouží jako stavební látky pro klíček. Většina nepozměněných tuků zůstává v aleuronové vrstvě.

Polyfenoly obsažené v pluchách, v aleuronu a v rezervních bílkovinách v endospermu se mění různě: z pluch se částečně vyluhují již při máčení, endospermální jsou odbourávány v závislosti na stupni proteolytického rozluštění a stávají se rozpustnějšími.

Další změny ve složení extraktu jsou způsobeny látkovou výměnou podle míry dýchání, případně kvašení [6].



Obr. 1. *Humno sladovny – klíčící zrno ječmene*

Základem pro výroby světlých piv se většinou používá slad světlý plzeňský. K výrobě tmavých a speciálních piv případně při použití určitých náhražek a při úpravě složení sladiny z běžných sladů se používají speciální slady. Od běžných světlých a tmavých sladů se liší speciální slady především v enzymové aktivitě, redoxní kapacitě, kyselosti, barvě a vůni. Jejich přidáním k běžným sladům se docílí úprava organoleptických vlastností piva, zejména chuti, barvy a pěnivosti. Mezi speciální slady u nás používané patří slad: karamelový, barvicí, diastatický, melanoidinový, proteolytický, zvyšující rH piva [6].

2.1.3 Chmel

Poskytuje pivu typickou hořkou chuť, přispívá k tvorbě charakteristického aroma a má další technologicky důležité vlastnosti. V minulosti se používal chmel hlávkový, v současné době se většinou používá chmel ve formě granulí a extraktů [5].

Jako jedna ze tří základních surovin pro výrobu piva, je představován usušenými hlávkami samičích rostlin chmele evropského. V České republice se pěstuje chmel na vysoké úrovni a velká část z celkové produkce se vyváží téměř do celého světa. Jejich hlavní předností je vynikající jemné aroma bez jakýchkoli tónů nežádoucích vedlejších vůní a pachů. Z obchodního i pivovarského hlediska se odrůdy chmele dělí na jemné čili aromatické, do nichž patří právě žatecké odrůdy (obr. 2.). Dále na hořké a vysokoobsažné odrůdy s vysokým obsahem pryskyřic, hlavně α -hořkých kyselin, ale s méně příznivým aroma, a na odrůdy ostatní. Podle zbarvení chmelové révy dělíme na červeňáky (žatecké odrůdy)

a zeleňáky (zahraniční). Podle vegetační doby zrání se rozeznávají odrůdy rané, polorané a pozdní. Aromatické odrůdy jsou většinou rané až polorané, hořké odrůdy bývají pozdní.

Každá odrůda má své kvalitativní faktory, které ji odlišují od ostatních, α -hořké kyseliny se skládají ze tří hlavních složek: humulonu, adhumulonu a kohumulonu. Analogy β -hořkých kyselin jsou lupulon, adlupulon a kolupulon. Při podrobnější charakteristice chmelových odrůd se uvádí podíl kohumulonu v α -hořkých kyselinách a poměr obsahu α -hořkých k obsahu β -hořkých kyselin. Odrůdy žateckého poloraného červeňáku jsou typické nižším podílem kohumulonu a vyšším podílem β -hořkých kyselin než zahraniční hořké odrůdy. Nejdůležitější složkou chmele jsou pryskyřice, které jsou zdrojem hořké chuti piva. K dalším pivovarsky cenným složkám chmele patří polyfenoly a silice [6, 13].



Obr. 2. *Humulus lupulus* - chmel otáčivý

Pivovarské kvasinky

Kvasinky jsou jednobuněčné mikroorganizmy, jejichž taxonomické zařazení je:

doména *Eukarya*

říše *Fungi* (houby)

třída *Ascomycetes*

čeleď *Saccharomycetaceae*

podčeleď *Saccharomycoideae*

Podle oficiální taxonomie nejsou dále jednoznačně odlišovány kvasinky pivovarské od divokých. Z toho důvodu existuje několik používaných taxonomických variant. Nejvhodnější označení pro druh u nás nejpoužívanějších spodních kvasinek je *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum carlsbergensis* [7].

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

Kvasinky (obr. 3.) se rozmnožují vegetativně – pučením, a za nepříznivých podmínek – sporulací. Počet pučení jedné mateřské buňky dosahuje průměrně asi 20 cyklů a může být kontrolován mikroskopicky, protože po každém pučení zůstává na povrchu buňky jizva, přes kterou již neprobíhá transport živin a metabolitů. V praxi se dnes jedna generace kvasnic nasazuje na 5 – 6 cyklů [4, 14].

Metabolismus kvasinek – látková výměna – je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů. Metabolismus kvasinek souvisí s mnoha dalšími složkami mladiny a vzniká při tom široké spektrum vedlejších produktů, které ovlivňují charakter hotového piva. Metabolismus kvasinek je ovlivňován složením mladiny, vlastnostmi kvasnic a podmínkami procesu [5].

Pro metabolismus kvasinek je kromě sacharidů významná celá řada dalších zdrojů výživy. Jedná se o aminokyseliny, peptidy, lipidy, vitamíny, růstové faktory, ionty Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , aj. [4].

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

Při určování technologických vlastností se využívají:

- modelové kvasné zkoušky kontrolující rychlost kvašení, sedimentaci, pomnožování, sensorický profil piva
- statistická kontrola výrobního procesu

Vhodný výběr metod pro kontrolu vlastností kvasnic je nutno doplnit kontrolou kvality mladiny a sledováním kontaminace [5].



Obr. 3. *Saccharomyces cerevisiae* - pivovarské kvasinky

Buněčný cyklus kvasinek je rozdělen do čtyř fází, G0/G1, S, G2 a M. Z nich je nejdůležitější fáze G1, neboť má největší význam z hlediska změn, které v buňce probíhají před jejím pučením. Proto je vhodné analyzovat biochemické změny v této fázi pro lepší kontrolu fermentačního cyklu. Výzkum ale narazil na skutečnost, že zatím neexistuje metoda sledování obsahu DNA a RNA v jedné buňce, a proto byla pro tento účel modifikována DNA/RNA metoda dvojitého barvení používaná pro savčí buňky [8]. DNA a RNA v buňkách kvasinek byla obarvena akridinovou oranží v kyselém prostředí v přítomnosti etylendiamintetraoctové kyseliny. Obsah DNA i RNA byl potom měřen pomocí průtokového cytometru. Autoři zjistili, že v průběhu G1 fáze byla nejdříve syntetizována RNA, kdežto DNA až později během vlastního pučení. Časový nástup syntézy obou typů nukleových kyselin ovlivňuje jak průběh kvašení, tak kvalitu hotového piva [8].

2.2 Technologie výroby piva

2.2.1 Výroba mladiny

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 kanálků ve vrstvě mláta a způsobuje potíže při scezování [6].

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. Následuje zápárka, 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 považují, u infúzního způsobu je nejvyšší odrmutovací teplota [4].

U nás pivovary používají převážně dvourmutové postupy, tzn., že dílčí část rmutu se 2x považuje. Zvláštní postup vyžaduje zpracování škrobnatých náhražek. Při zpracování více než 15 % podílu škrobnatých náhražek zpravidla nestačí sladové enzymy a musí se použít enzymové preparáty [5].

Scezování je operace prováděná za účelem oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny, od pevného podílu zcukření rmutu, tj. mláta [4]. Scezování se provádí ve scezovací kádi vybavené dvojitým perforovaným dnem a systémem odvodných trubek spojených s kohouty scezovací baterie. 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 75-78 °C horkou vodou, aby se z mláta vyloužily poslední zbytky rozpustného extraktu. Zfiltrovaný roztok extraktu při vyslazování se nazývá výstřelek. Předeček a výstřelky se shromažďují v mladinové pánvi, kde se pozvolným zahříváním zvyšuje postupně teplota tak, aby se po skončeném scezování sladina co nejdříve uvedla do varu (obr. 4.) [5, 15].

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 intenzívně hořké produkty zvané iso- α -hořké kyseliny. Dále probíhají Maillardovy 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. 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.

Chlazení mladiny probíhá na vířivé kádi, 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. Při spílání, před zakvašením se mladina ještě sytí za sterilních podmínek kyslíkem, který je nezbytný pro činnost kvasinek.

Pro výrobu světlých piv se připravují mladiny ze světlých sladů, pro výrobu tmavých piv ze směsi světlých, tmavých a barevných sladů [5, 6].



Obr. 4. Varna pivovaru

2.2.2 Spilka

Zde probíhá hlavní kvašení mladiny (obr. 5.). Pro kvašení mladiny se používá buď svrchních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) při teplotách kvašení až 24 °C, u nás většinou spodních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces uvarum*) při teplotách kvašení 6 až 12 °C. Provádí se obvykle v otevřených kvasných kádích. Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkvasitelných sacharidů glukózy, maltózy a maltotriózy na etanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením. Současně se v malé mí-

ře 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 se rozlišuje několik stadií. 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. Děký se z 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 [4, 5, 6, 21].



Obr. 5. Kvasící mladina ve spilce

2.2.3 Ležácký sklep

Zde probíhá dokvašování a zrání mladého piva, kde pivo při teplotách 1 až 3 °C velmi pozvolna dokváší, číří se, zraje a sytí se vznikajícím oxidem uhličitým pod tlakem v uzavřených ležáckých tancích (obr. 6.). Vytváří se zde konečný buket neboli charakter piva. Doba ležení je závislá na typu piva. U běžných piv do koncentrace mladiny 10 % bývá zhruba 3 týdny, pro speciální exportní piva se zvyšuje až na několik měsíců.

Jednofázové kvašení, při němž probíhá hlavní kvašení i dokvašování v jedné nádobě, obvykle v cylindrokónických velkoobjemových tancích, tzv. CKT, představuje nejmodernější technologii pivovarského kvašení s velkými nároky na dodržování technologického postupu i na hygienu a sanitaci, ale s výraznými ekonomickými přednostmi [4, 5, 6, 21].



Obr. 6. Dokvašování piva v ležáckém sklepě

2.2.4 Filtrace piva

Filtrační proces (obr. 7.) má za cíl odstranit z piva kalící látky a docílit požadovanou čírost 0,2 až 0,4 jednotek EBC. (Jednotky zákalu EBC jsou arbitrážní jednotky kalibrované na formazinovou suspenzi) [5, 16].

Filtraci piva se bude podrobně věnovat následující kapitola 3.



Obr. 7. Filtrace piva

2.2.5 Stáčení piva do lahví a KEG sudů

Pivo se stáčí izobaricky do lahví na lahvovnách (obr. 9.), stáčírních plechovek a stáčírních KEG sudů (obr. 8.). Před samotným stáčením probíhá proces sanitace obalů [6, 21].



Obr. 8. Stáčírna KEG



Obr. 9. Stáčírna lahví

3 FILTRACE PIVA

3.1 Teorie filtrace piva

Cílem filtrace je upravit pivo před stáčením tak, aby se po dobu několika měsíců nezměnila jeho čírost v transportním obalu, který byl vhodným způsobem skladován. Filtrační proces se definuje jako mechanická operace, při níž se pórovitým materiálem odděluje z heterogenní soustavy pevná fáze rozptýlená v kapalině nebo plynu. Kapalina prochází pórovitou filtrační vrstvou, v praxi se jako filtrační přepážky používá:

- a) síta z nerezového drátu nebo šterbinová síta z profilovaného drátu (filtrační svíčka).
- b) plachetky zhotovené z kovových, polypropylenových nebo textilních vláken. Polypropylenové plachetky se používají při filtraci sladiny. Plachetky zhotovené z nerezového drátu se používají při filtraci piva, protože se dají lépe sterilizovat. Tento typ filtru má však řadu nevýhod. Pro filtraci piva křemelinou je dnes nejvhodnější svíčkový filtr.
- c) filtrační desky zhotovené z celé řady komponent (např. celulóza, bavlna, křemelina, perlity, skleněná vlákna). Dříve se přidával do desek azbest, jeho používání je však nyní ze zdravotních důvodů zakázáno.
- d) porézní materiály, jako jsou sintrové nebo kovové frity.
- e) membrány, vyráběné z různých materiálů, hlavně z polyethylenu, polyakrylátu, polyurethanu, polyamidů. Vlastní membrána je velice slabá (0,02 – 1 mm), a proto musí být položena na nosiči, který zabrání jejímu protržení. Nanášení membrány na nosič se provádí nástřikem nebo naplavením. Při použití různých materiálů na výrobu nosiče a membrány je dnes možno vyrobit membránu, která má požadovanou velikost filtračních pórů. To umožňuje filtrovat na membráně molekuly podle požadované velikosti.

Na tvorbě filtrační vrstvy se podílejí i hrubé částice oddělované fáze. Často přebírají v průběhu filtrace úlohu filtračního materiálu.

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

$$\text{rychlost filtrace} = \text{konstanta} \frac{\text{hvací síla}}{\text{filtrační odpor}} \quad (1)$$

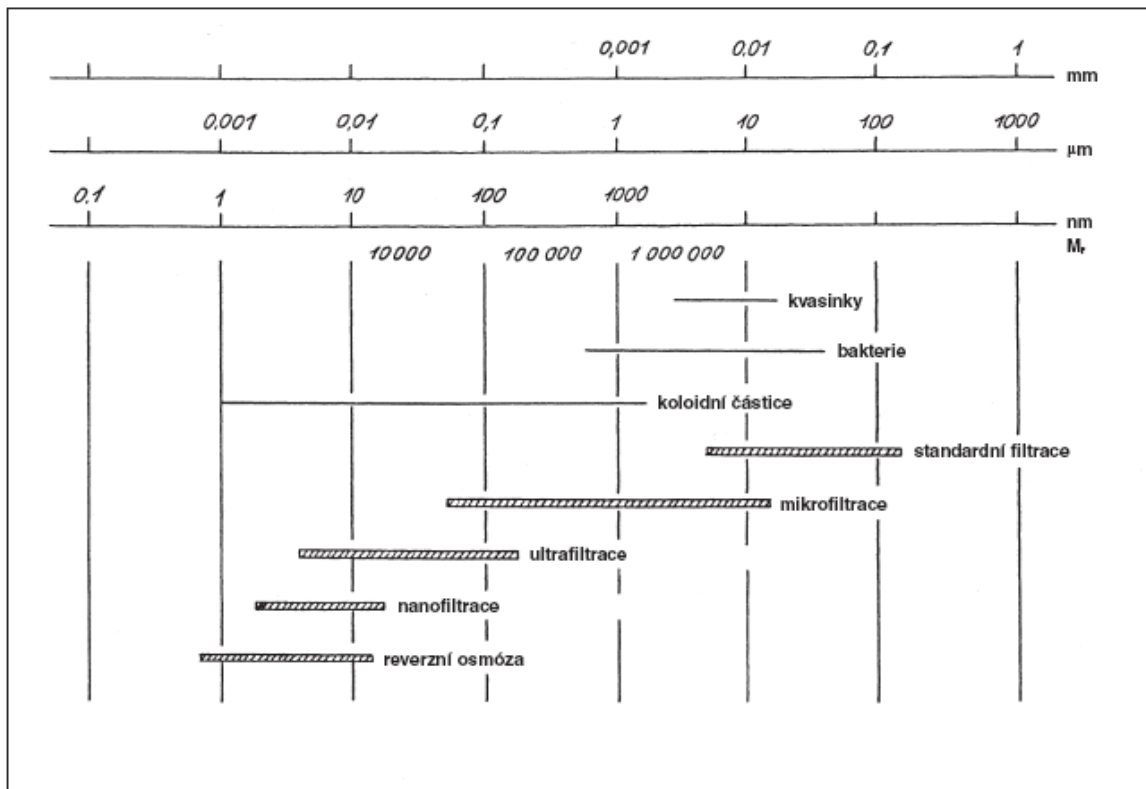
Při praktických výpočtech se vyjadřuje rychlost filtrace ω objemem filtrátu V proteklého za jednotku času τ jednotkovou plochou filtru S_f :

$$\omega = \frac{dV}{S_F d\tau} \quad [ms^{-1}] \quad (2)$$

V pravé části rovnice (1) je hnací silou tlakový rozdíl Δp před filtrační přepážkou a za ní; naopak proti rychlosti filtrace působí filtrační odpor R a viskozita kapaliny η . Tyto úvahy formuloval matematicky Ruth rovnicí:

$$\frac{dV}{S_F d\tau} = \frac{\Delta p}{\eta R} \quad (3)$$

Ruthova rovnice vyjadřuje velmi dobře dynamiku filtračního procesu. Význam tohoto vztahu je v zavedení filtračního odporu, ve kterém jsou zahrnuty vlastnosti filtrační přepážky [5, 9].



Obr. 10. Rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky

Nefiltrované pivo je složitý heterogenní koloidní a krystaloidní systém, který lze z hlediska koloidní chemie označit za disperzní soustavu. Každá disperzní soustava je složena ze spojitého disperzního prostředí, které může tvořit kapalina, plyn i tuhá látka,

a z rozptýlených částic, tzv. disperzního podílu nebo disperzní fáze. Disperzní prostředí nefiltrovaného piva tvoří voda. Disperzní podíl jsou vysrážené bílkovinné komplexy a další složky s vlastnostmi lyofilních solů (tuhá fáze) a oxid uhličitý (plynná fáze) [4].

Disperzní soustavy dělí podle různých hledisek. Nejpoužívanější klasifikace je založena na velikosti disperzních částic nebo na stupni disperzity. Stupeň disperzity zavedl Ostwald a definoval jej jako reciprokou hodnotu charakteristického lineárního rozměru částic. Systémy, jejichž částice mají průměr v rozmezí od 1 nm do 1 μm (10^{-9} až 10^{-6} m), se považují za koloidní soustavy. Hrubě disperzní soustavy obsahují částice větší než 1 μm .

V nefiltrovaném pivě jsou kromě částic s rozměry odpovídajícími koloidním soustavám i částice hrubší. Bílkovinné vločky dosahují velikosti asi do 0,5 μm a velikost mikroorganismů, zvláště kvasinek, je až 12 μm . Nestejná velikost způsobuje, že hmotnost jednotlivých zákalotvorných složek není v přímém vztahu k čirosti piva, ať je posuzována subjektivně nebo nefelometricky. Pro částice koloidních rozměrů je možno říci, že při stejném hmotnostním podílu vytvoří menší částice větší zákal. Např. při chlazení mladiny z 10 na 5 °C se vyloučilo pouze 0,5 mg sušiny kalů na 100 g mladiny, avšak absorpce vzrostla o 18 %. Naopak při chlazení mladiny ze 40 na 20 °C vzrostla absorpce pouze o 10 %, zatímco se vyloučilo 1,8 mg sušiny kalů na 100 g mladiny [9].

Přímá filtrace kalových látek přes propustnou podložku je prakticky nemožná, protože filtrační vrstva vytvořená z bílkovinných vloček a mikroorganismů je silně stlačitelná, a tím je těžko propustná. Musí se proto při filtraci použít buď konstantní vrstva z porézních materiálů (filtrační koláče z celulosových vláken) nebo vhodný filtrační prostředek (naplavovací filtrace). Obr. 10. znázorňuje rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky [5, 9].

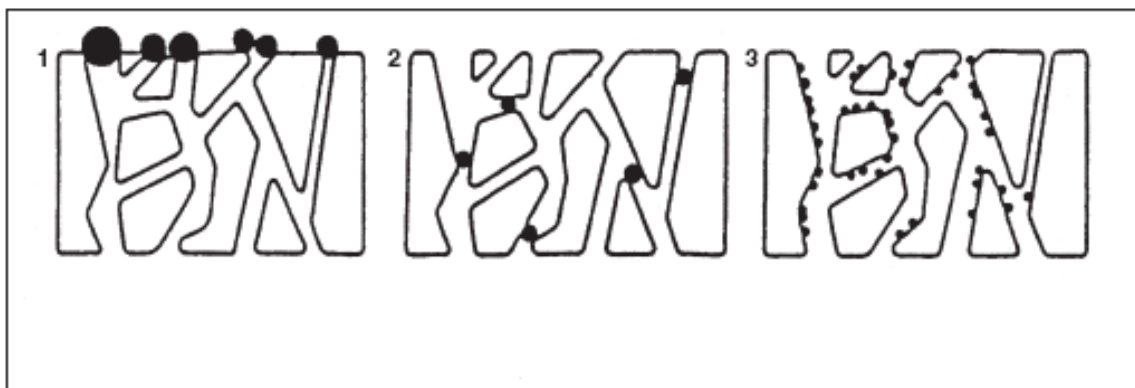
Plynnou fází disperzního podílu piva je oxid uhličitý. Jeho obsah nesmí být filtrací redukován, protože je sensoricky významnou složkou piva. Tento požadavek se musí přísně dodržet při konstrukci filtrů. Při filtraci dochází přesto k určitému poklesu koncentrace oxidu uhličitého, a to vlivem snížení obsahu látek, na které je vázán. Kromě rozpuštěné formy (Henryho zákon) se v pivě uplatňuje ještě fyzikálně chemická vazba, především adsorpce na koloidních částicích, dále chemisorpce a konečně kapilární kondenzace na tuhých látkách, jež mají póry o poloměru od 2 do 30 nm. V dutinách pórů kondenzuje plyn za nižších tlaků, než je tlak jeho nasycených par nad rovinným povrchem. Adsorbenty mo-

hou být nejen bílkoviny, nýbrž i pektiny, dextriny a chmelové třísloviny. Ztráty oxidu uhličitého vzniklé úbytkem jmenovaných absorbentů však nepřesahují hodnotu ztrát, které bývají způsobeny nevhodnou manipulací při stáčení. Rozdíl obsahu oxidu uhličitého před filtrem a za ním při naplavování křemeliny není větší než 0,03 % hmot. [9].

Při filtraci se mohou uplatňovat tři efekty (obr. 11.):

- a) Sítový efekt, kterým se oddělují hrubé částice. Pevné částice jsou natolik velké, že nemohou proniknout do filtrační přepážky. Vytváří proto stále silnější, méně prostupnou vrstvu. Filtrace je stále jemnější, ale naopak průtok filtrátu se snižuje. Tohoto principu využívá i cross-flow filtrace.
- b) Mechanické zachycování částic ve filtrační vrstvě. Filtrační přepážka je tvořena vysokoporézním materiálem, který má velkou povrchovou plochu, kde se částice mechanicky zachycují. Vyšší průtočná rychlost pronikání částic do filtrační přepážky podporuje.
- c) Adsorpční efekt. Nejjemnější částice se zachycují uvnitř filtrační přepážky adsorpcí, která je důsledkem rozdílného elektrického náboje.

Při křemelinové filtraci se využívá všech tří efektů [5].



Obr. 11. Porovnání povrchové a hloubkové filtrace

- 1- filtrace na povrchu filtrační přepážky – sítový efekt, částice neprostupují do pórů filtrační vrstvy, 2 – filtrace uvnitř filtrační přepážky – částice jsou zachycovány na mechanickém principu, 3 – filtrace uvnitř filtrační přepážky – částice se udrží ve filtrační vrstvě na základě adsorpce

3.2 Filtrační materiály

Filtrační materiály jsou práškové substance, jako např. křemelina nebo perlity, které se naplavují na filtrační přepážku. Filtrační materiál bez filtrační přepážky je nepoužitelný.

V pivovarech se používají převážně dva typy filtračních materiálů – křemelina a perlity:

Křemelina na filtraci piva. Křemelina se skládá z drobných skořápek pravěkých rozsivek (diatomaceí) z oxidu křemičitého (SiO_2). Tyto rozsivky žily v počtu asi 15000 druhů v mořích. Jejich zbytky – fosilie – pokrývaly dna těchto moří v silných vrstvách. Díky posunům zemské kůry je dnes nacházíme v ložiscích, která mají výšku až několik set metrů. Nejznámější je ložisko Lompoe v Kalifornii, ale vyskytují se i u nás (např. v Borovanech u Českých Budějovic).

Křemelina se musí po vytěžení upravovat. Výsledkem úprav je několik základních typů křemeliny, které se liší způsobem úpravy i praktickým využitím:

- Sušená křemelina, která vzniká sušením surové křemeliny v rotační peci při teplotě okolo 400 °C. Při této teplotě se přírodní forma diatomaceí neporuší, zachová si svou porozitu. Takto vyrobená křemelina se používá k nejostřejší filtraci.
- Kalcinovaná křemelina, která vzniká sušením surové křemeliny v rotační peci při teplotách až 800 °C, kdy dochází ke spékání diatomaceí. Vznikají větší částice, ale vnitřní struktura se nemění. Tato křemelina má vyšší průtočnost.
- Tekutá kalcinovaná křemelina. Při kalcifikaci se k surové křemelině přidává chlorid sodný nebo uhličitan sodný. Přídavek těchto solí snižuje bod tání SiO_2 , který je hlavní složkou diatomaceí. Teplota v rotační peci dosahuje 800 – 900 °C. Při spékání vznikají ještě větší částice. Dochází k vázání anorganických oxidů železa a hliníku na obtížně rozpustné směsné silikáty. Takto vyrobená křemelina má bílou barvu, má vysokou průtočnost a používá se k prvnímu náplavu.

Základním parametrem křemeliny je její průtočnost (permeabilita). Tab. 2. znázorňuje porovnání tuzemského výrobce. Obecně lze říci, že průtočnost křemeliny je přímo úměrná její jemnosti. V důsledku toho platí, že čím jemnější křemeliny k filtraci použije-

me, tím ostřejší filtrace docílíme. Naší snahou musí být hledání kompromisu mezi ostrostí filtrace a zfiltrovaným množstvím piva. Důležitou vlastností křemeliny je její porozita. Filtrační koláč vytváří jemně porézní vrstvu, která je schopna zachytit kalové částice až do velikosti $0,1 \mu\text{m}$ [2, 5, 9].

Při výběru křemeliny je nutno znát její hmotnost za sucha ($70 - 146 \text{ g.l}^{-1}$) a objem za mokra, který informuje o případném zaplnění kalového prostoru. Při vyšších hodnotách musíme počítat s vyšší spotřebou. Spotřeba křemeliny kolísá mezi $80 - 200 \text{ g}$ na 1 hl zfiltrovaného piva. Za standardní můžeme považovat spotřebu $120 - 150 \text{ g}$ na 1 hl zfiltrovaného piva. Spotřeba křemeliny je závislá na objemu zfiltrovaného piva na jeden náplav, což je dáno filtrovatelností piva, volbou odpovídající filtrační směsi a kapacitními možnostmi filtrační linky.

Vážným problémem se stává likvidace použité křemeliny. Je proto snaha použitou křemelinu recyklovat. V provozu je nyní několik pilotních jednotek, např. v pivovarech skupiny Plzeňský Prazdroj, kde se odpadní filtrační křemelina využívá k zaorání a zlehčování půdy pro rekultivovaná území. Ročně se jí takto využije 430 tun [5].

Použitá křemelina představuje asi 50% celkových odpadů z pivovaru. Tento odpad přináší značné problémy s jeho likvidací. Článek se zabývá využitím tohoto odpadu v zemědělství. Ke křemelině se přidává hašené vápno, které zvyšuje hodnotu pH a zabraňuje slepování křemeliny. Takto upravená odpadní křemelina se vpravuje se do půdy. Zlepšuje se tím struktura půdy a zejména se zlepšuje zadržování vody v půdě a obohacuje se dusíkem [10].

Tab. 2. Porovnání analytických parametrů různých křemelin

Křemelina		P_V [L.min ⁻¹ .m ⁻²]	β [mDarcy]	MFO [10 ¹¹ .m ⁻²]	V_m [l.kg ⁻¹]	ρ_s [g.l ⁻¹]
Calofrig F 10	střední	98,0	149,2	76,1	2,46	222
Calofrig F 15	střední	103,6	144,0	75,7	2,44	218
Calofrig F 50	hrubá	473,3	612,1	16,6	2,30	220
Calofrig F 60	hrubá	596,2	956,2	9,5	2,50	226
Calofrig F 60	hrubá	714,1	1049,5	9,8	2,50	228
CECA CBL-3	jemná	36,9	96,8	104,6	4,35	142
CECA CBL	jemná	48,6	140,8	79,6	4,18	140
CECA CBR	střední	136	471,8	33,1	3,65	166
CECA CBL-3	střední	192	556,4	26,3	3,98	172
CECA DIC B	hrubá	594	993,8	10,2	3,05	235
Celite FC-E	jemná	48,4	83,3	120,3	3,00	193
Celite SSC	střední	138	240,1	47,2	2,97	203
Celite C 512	střední	229	458,2	22,1	3,40	201
Celite HSC	hrubá	605	1094,7	9,0	3,28	226
FHM 100	jemná	51,8	88,4	145,2	2,70	216
FHM 200	střední	112,4	150,0	70,4	2,92	218
FHM 700	hrubá	707,2	1392,4	7,2	3,34	198
Seitz Extra	jemná	49,4	80,3	125,4	2,70	204
Seitz Medium	střední	102,4	258,0	78,4	2,82	201
Seitz Super	hrubá	499,2	1032,4	9,2	2,94	196

Průtočnost – P_V – jednotky L.min⁻¹.m⁻²

Definice: množství vody protéká vrstvou křemeliny odpovídající 1000 g.m⁻² při tlaku 0,147 MPa

Permeabilita – β – jednotky mDarcy

Definice: křemelina má permeabilitu 1 Darcy, jestliže proteče krychlí vzorku o hraně 1 cm 1 ml kapaliny o viskozitě 10 mPa.s za 1 sekundu při tlaku 0,098 MPa.

Měrný filtrační odpor – MFO – jednotky 10¹¹.m⁻²

Definice: MFO se číselně rovná ztrátě tlaku při průtokové rychlosti kapaliny 1 m³.m⁻².s⁻¹ a viskozitě 1 mPa.s filtrační vrstvou o tloušťce 1 m

Objem za mokra – V_m – jednotky l.kg⁻¹

Definice: Objem, který zaujímá filtrační materiál rozmíchaný ve vodě po 24 h usazování.

Sypná hmotnost – ρ_s – jednotky g.l⁻¹

Definice: Hmotnost 1 litru filtračního materiálu volně sypaného z výšky 20 cm.

Perlity jsou křemičitany hlinité vulkanického původu, které v přírodním stavu obsahují 2 – 3 % vázané vody. Surový perlit se suší v rotační peci při teplotě 800 °C. Vázaná voda při tom expanduje a perlit zvětší asi 30x svůj objem. Perlit se poté rozemele a vznikne jemný lehký prášek. Vyrábí se několik druhů o rozdílné jemnosti. Z perlitů se při nižším pH uvolňuje železo a vápník, proto se používají pouze pro filtraci sladiny, která má pH 5,4 – 5,5 [5].

3.3 Typy filtrů

a) Deskový naplavovací filtr (obr. 12.) se skládá ze dvou pevných čel, která jsou spojena vodicími tyčemi, na nichž jsou postaveny filtrační rámy a pohyblivé čelo. Filtrační rámy mají obvykle čtvercový tvar a jsou dvojí:

- komory na křemelinu jsou 3 – 4 cm hluboké a přitéká do nich nefiltrované pivo s křemelinou,

- rámy, na které jsou pověšeny filtrační desky [5].

Nosné desky jsou vyrobeny ze směsi plastů, bavlny a celulosy. Nemají žádný filtrační účinek. Na jejich vnější straně se při filtraci vytváří filtrační koláč. Průtoková rychlost je $3 - 3,5 \text{ hl} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$. Počet filtračních cyklů je $20 - 30$, desky se mohou používat nejdéle 4 týdny. Výkon filtru může dosahovat až $2000 \text{ hl} \cdot \text{h}^{-1}$.

b) Kombinovaný (zdvojený) rámový křemelinový filtr je spojením křemelinového naplavovacího a deskového filtru na jednom nosném rámu. Na nosném rámu je pověšen modul, který odděluje křemelinovou a deskovou sekci.

c) Naplavovací svíčkový filtr (obr. 13.) je dnes nejpoužívanějším typem křemelinového filtru. Je to válcová tlaková nádoba s kónickým dnem. Pod horním odnímatelným víkem je deska, na které jsou pověšeny filtrační svíčky. Filtrační svíčka (obr. 14.) je filtrační přepážkou, na kterou se naplavuje křemelina. Na filtrační svíčku je navinut profilovaný drát s přesně danou mezerou $50 - 80 \mu\text{m}$. Filtrační svíčka může být až 2 m dlouhá. Navinutý drát vytvoří velice úzkou, ale dlouhou přepážku. Filtr má filtrační plochu, která odpovídá počtu svíček, dá se neomezeně regenerovat a nemá žádné pohyblivé díly. (Např. svíčka délky 2 m o průměru 35 mm má filtrační plochu $0,22 \text{ m}^2$).

d) Síťový naplavovací filtr je složen z válcové tlakové nádoby s hřídelem, která slouží k přívodu a odvodu filtrovaného piva z vodorovných kruhových filtračních článků. Filtrační článek má spodní část plnou, horní tvoří síto z nerezového drátu, které vytváří filtrační přepážku. Hustota síta je $50 - 80 \mu\text{m}$. Síto musí být vodorovné a perfektně napnuté.

e) Modulový filtr (obr. 15.). Filtrace pomocí filtračních modulů je moderním způsobem dofiltrace s vysokým filtračním efektem. Jeden modul se skládá až z dvaceti kusů modulových desek, které jsou naskládány na středovou nerezovou trubku a pevně spojeny. Podle výkonu je možno dát až čtyři moduly na sebe.

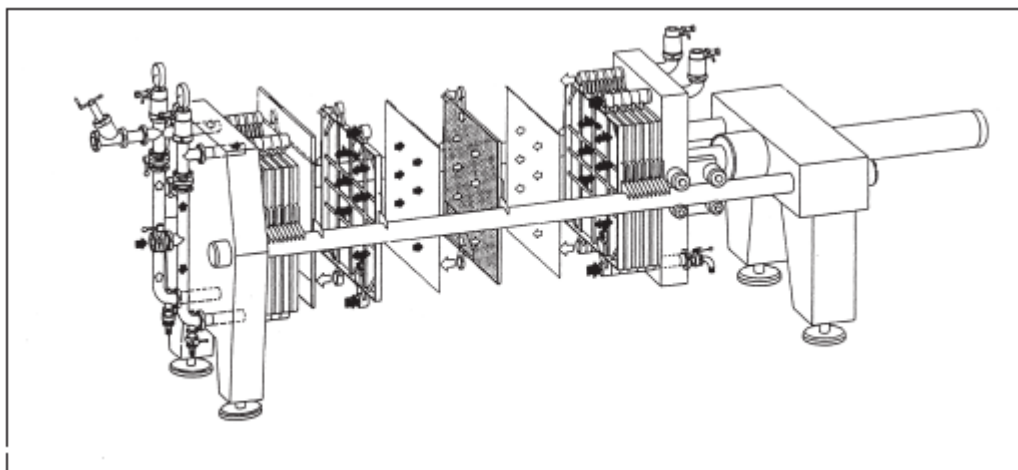
Nefiltrované pivo je přiváděno do filtru a je rovnoměrně děleno na všechny modulové desky. Drenážní kanálky uvnitř desek odvádějí filtrát do středové trubky k výtoku z filtru, který je v dolní části středové trubky. Každý výrobce nabízí celou řadu typů modulů podle požadavků zákazníků. V nabídce jsou také stabilizační moduly, adsorbující prekurzory koloidních zákalů.

f) Membránové svíčky. Ve válcové tlakové nádobě jsou paralelně propojeny membránové svíčky. Filtrační svíčka je tvořena vrstvami filtračních přepážek, které jsou vyrobeny z polypropylenu. Jejich hustota se zvyšuje do středu svíčky. Jednotlivé vrstvy jsou skládány tak, aby se dosáhlo zvětšení filtrační plochy.

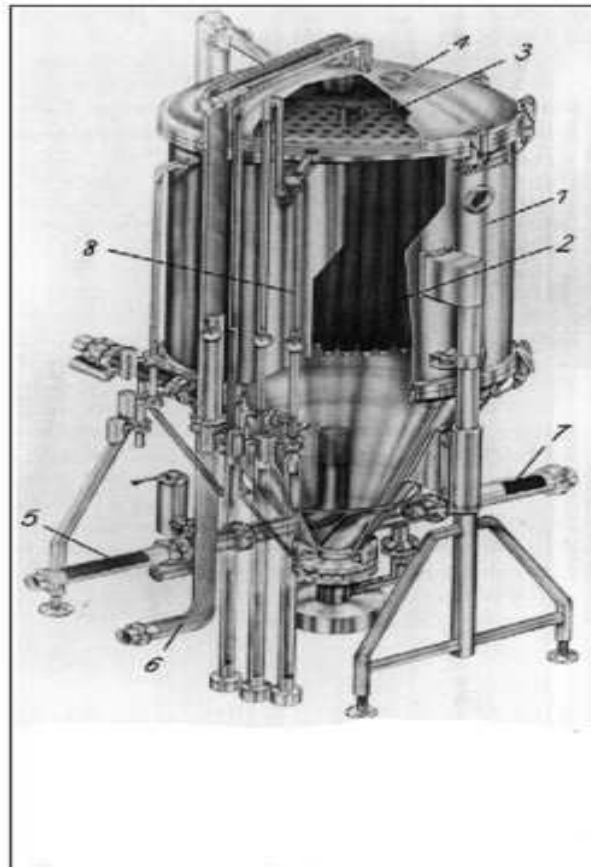
Efektivní použití obou typů filtrů (modulového i svíčkového) je možné jedině tehdy, když je zajištěna dobrá předfiltrace piva. V opačném případě se zvyšují náklady na pořizování membrán a zhoršuje se jejich funkce.

g) Cross – flow filtrace. Membránové modulové a svíčkové filtry jsou z funkčního hlediska variantou deskového filtru. Cross – flow filtr je membránový filtr. Membránou není pivo (nebo jiné médium) protlačováno, ale z vnější strany membránu omývá a jen malá část projde jako filtrát membránou. Kalové částice a mikroorganismy zůstávají na vnější straně membrány, kde se jejich koncentrace zvyšuje. Filtrát se naopak získává na druhé straně membrány. Vzhledem k tomu, že přes membránu projde jenom malá část filtrované kapaliny, je nutno pracovat s velkou filtrační plochou. Byly proto vyvinuty tzv. navíjené membrány (obr. 16.), což je kombinace membrány, nosiče a mezivrstvy.

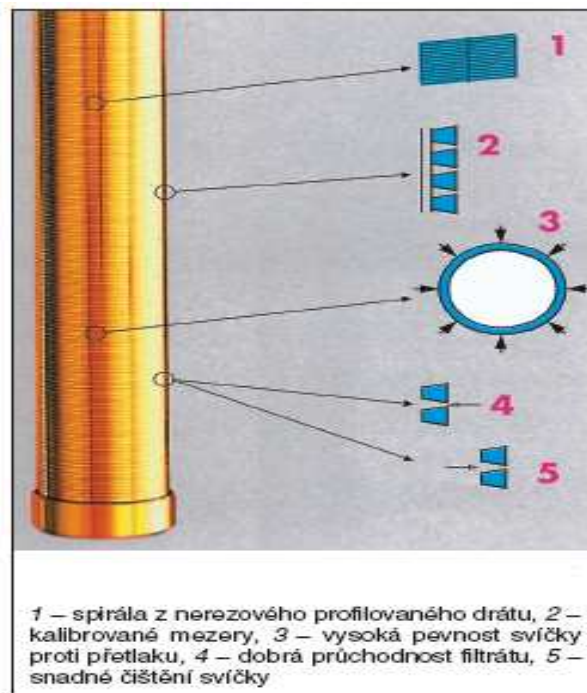
K tomu, abychom docílili požadovaný výkon cross – flow filtrační jednotky, musíme použít sadu filtračních modulů, které jsou paralelně propojeny. Jedná se o filtrační postup, jehož využití v praxi je stále ve vývoji [5, 9].



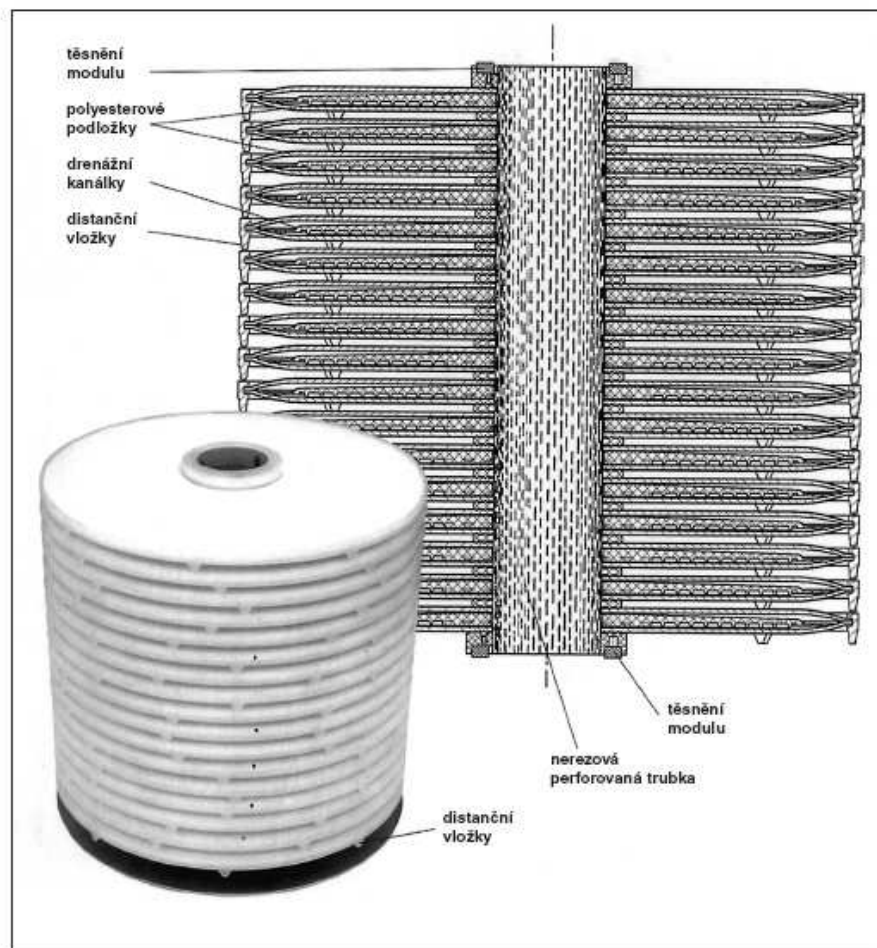
Obr. 12. Deskový naplavovací filtr NIRO



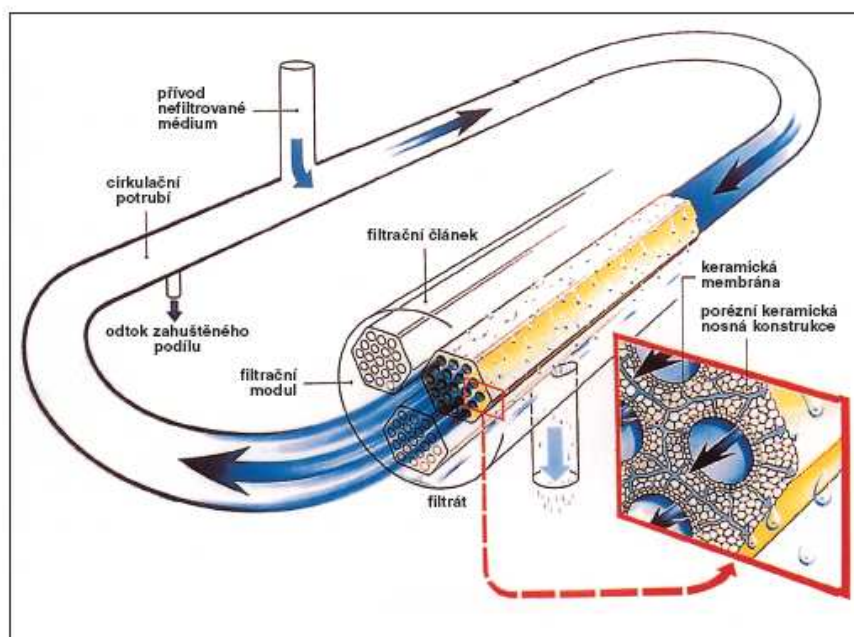
Obr. 13. Naplavovací svíčkový filtr (řez)



Obr. 14. Filtrační svíčka



Obr. 15. Filtrační modul (fa SeitzSchenk Filtersystems)



Obr. 16. Navíjené membrány (fa SeitzSchenk, Bad Kreuznach)

3.4 Praxe filtrace

Při používání naplavovacích filtrů platí některé obecné zásady platné pro všechny typy. Základní náplavy: filtrační přepážka může být vyrobena z rozličných materiálů.

V každém případě jsou póry filtrační přepážky mnohem větší než velikost částic křemeliny (2 – 4 μm). V případě ještě většího rozdílu velikosti pórů filtrační přepážky a částic křemeliny by nebylo možno provést náplav. Póry filtrační přepážky jsou rovněž mnohem větší než kalové částice v pivu. Proto před zahájením vlastní filtrace musíme provést jeden až dva základní náplavy, které upraví hustotu pórů tak, aby kalové částice z filtrovaného piva byly na přepážce zachyceny (obr. 17.) [5].

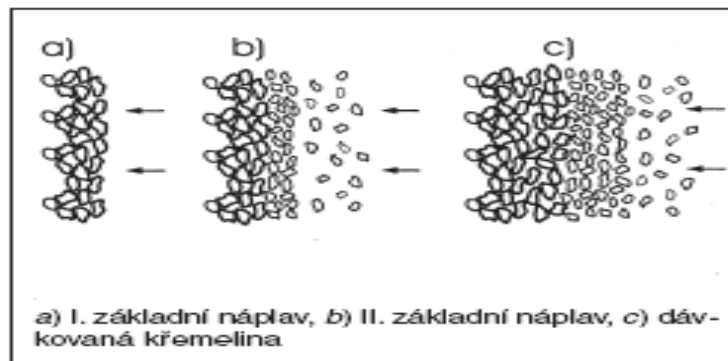
I. základní náplav provádíme hrubou křemelinou, kterou naplavujeme vodou (nebo zfiltrovaným pivem) v cirkulačním okruhu na přepážku. Cílem je vytvořit na přepážce souvislou vrstvu, na kterou naplavujeme další vrstvu s jemnější křemelinou. Dávkování je 700 – 800 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je asi 70 % z celkového základního náplavu.

II. základní náplav provádíme křemelinou o velmi podobném nebo stejném složení jako křemelina určená na dávkování během celé filtrace. Naplavujeme vodou (nebo zfiltrovaným pivem) v cirkulačním okruhu. Cílem je docílit od samého počátku filtrace požadovanou čistotu filtrátu.

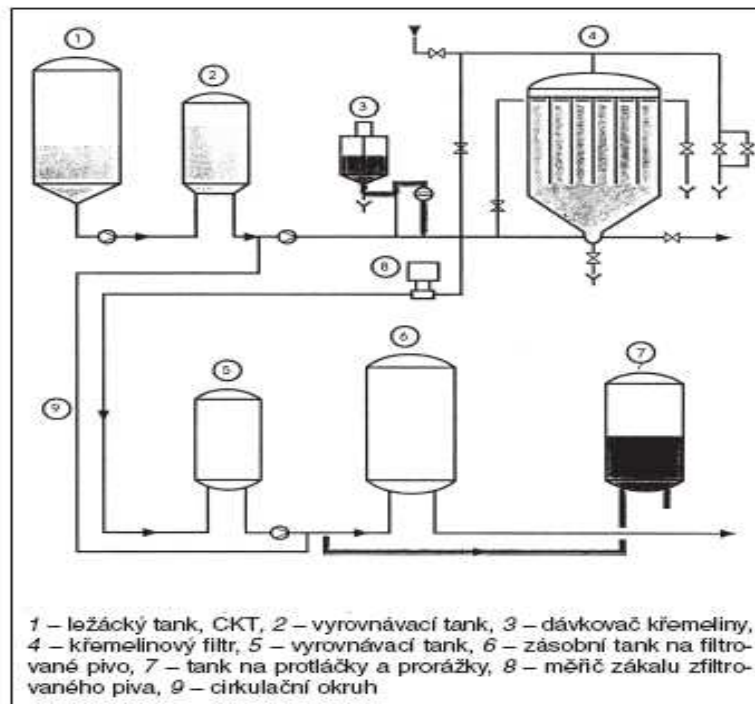
Celková dávka I. a II. náplavu je 1000 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, výška vrstvy na přepážce je asi 3 mm.

Při provádění obou základních náplavů se musíme vyvarovat tlakových rázů, neboť jedině zcela rovnoměrné naplavení křemeliny na celou plochu filtrační přepážky zajistí úspěšnou filtraci. Dávkování křemeliny v průběhu filtrace: po celou dobu filtrace musíme usilovat o údržnosti průtočnosti filtrátu základním náplavem. Proto po dobu filtračního cyklu přidáváme do filtrovaného piva směs křemeliny, obvykle středně hrubé (2/3) s jemnou křemelinou (1/3). I při správném dávkování se vrstva křemeliny zvyšuje spolu se zachyceným pevným podílem a klade také vyšší odpor. To se projevuje stále vyšším rozdílem tlaku na vstupu a výstupu z filtru. Nárůst tlaku by neměl být vyšší než 0,015 – 0,030 $\text{MPa}\cdot\text{h}^{-1}$ u rámových filtrů a 0,030 – 0,050 $\text{MPa}\cdot\text{h}^{-1}$ u síťových filtrů. Tyto hodnoty platí pro bezporuchový průběh celého filtračního cyklu. Filtrační cyklus je nutno ukončit, jestliže tlak na vstupu do filtru stoupne na 0,2 – 0,5 MPa u rámových filtrů a na 0,3 – 0,5 MPa u kotlových filtrů [5, 9].

Základním předpokladem úspěšné křemelinové filtrace je vyloučení tlakových rázů a rychlosti změny průtoku filtrovaného piva po celou dobu filtračního cyklu. Při nedodržení těchto předpokladů může dojít k porušení filtrační vrstvy na přepážce a čírost filtrátu se okamžitě zhorší. Další obecnou zásadou platnou pro všechny typy filtrů je zamezení oxidace piva vzdušným kyslíkem. Po dobu celé filtrace by se měl obsah kyslíku zvýšit maximálně o $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ [5].



Obr. 17. Náplav křemeliny na filtrační přepážku



Obr. 18. Schéma linky na filtraci křemelinou

3.5 Mikrobiologie v pivovarství

Pivo není příliš příznivým prostředím pro růst mikroorganismů vzhledem k nízkému pH, anaerobní atmosféře (CO₂), hořkým chmelovým látkám, obsahu alkoholu a postupně klesajícímu obsahu zkrasitelných cukrů. V tomto velmi selektivním prostředí část mikroorganismů rychle odumírá, část přežívá po více či méně dlouhou dobu a vyskytují se v pivu v latentní formě, aniž by jej jakýmkoliv způsobem ovlivňovaly. K těmto mikroorganismům náleží všechny tepelně rezistentní bakterie vytvářející endospory, zvláště bacily a klostridia. Proto může být pivo velmi šetrně ošetřeno krátkodobým záhřevem nebo pasterací v lahvích. Také patogenní mikroorganismy nemají v pivu žádnou možnost pomnožování a odumírají (při případné kontaminaci) v krátkém čase [4, 5, 9].

3.6 Rozdělení nežádoucích mikroorganismů

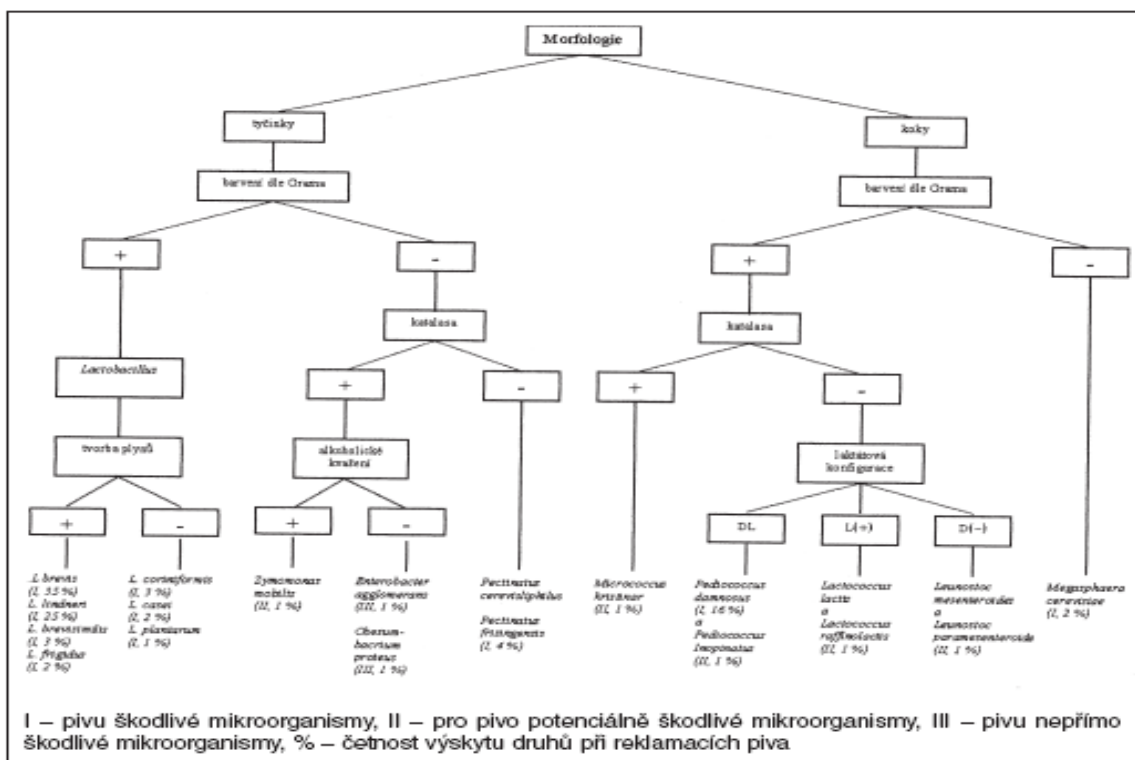
Dle Backa lze mikroorganismy, jejichž přítomnost v pivu je nežádoucí, rozdělit na:

- a) Latentní zárodky – v pivu se vyskytují vzácně. Jedná se o rody *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacteriaceae*, *Micrococcus*, a křísovité kvasinky. V pivu se nepomnožují. Některé produkty jejich metabolismu jsou toxické. Významné jsou mykotoxiny, které jsou produkty plísní pocházející z napadených surovin. Představitelem půdní mikroflóry jsou *Fusaria*, produkující mykotoxiny deoxynivalenol, nivalenon, apod.
- b) Indikátorové mikroorganismy – nejsou škodlivé, pokud se nejedná o masivní kontaminaci. Jedná se o *Acetobacter pasteurianus*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces chevalieri*.
- c) Pivu nepřímo škodící mikroflóra – může škodit, ale v hotovém pivu se nepomnožuje. Jedná se například o *Enterobacter agglomerans*, *Obesumbacterium proteus*, *Candida kefyri*, *Hansenula anomala*.
- d) Pivu potenciálně škodící mikroflóra – k pomnožení v pivu dochází pouze za určitých podmínek. Jedná se o přítomnost kyslíku, zvýšené pH piva (nad 4,7), nižší chmelení. Do skupiny těchto mikroorganismů patří např. *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus lactis*, *Micrococcus kristinae*, *Zymomonas mobilis*, *Saccharomyces cerevisiae pastorianus*.
- e) Pivu škodící mikroflóra (obligátně škodlivé mikroorganismy) – pomnožuje se v pivu za vzniku sedliny a zákalu. Současně dochází ke změně chuťových vlastností piva (vznik zá-

pachu, tvorba diacetylu apod.). Patří sem *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus lindneri*, *Pediococcus damnosus*, *Pectinatus cerevisiiphilus*, *Saccharomyces diastaticus* [5, 22].

Škodlivé mikroorganismy se v pivovarství vyskytují často ve specifickém rozsahu, a proto je důležitá znalost jednotlivých druhů. Získají – li se dostatečné informace, mohou následovat cílená protiopatření. Jako nejdůležitější hlavní skupiny zde rozeznáváme primární a sekundární kontaminanty. K primárním kontaminantům vyskytujícím se především v kvasnicích a nefiltrovaném úseku (spilka, ležácký sklep), náleží především druhy *Lactobacillus lindneri*, *Lactobacillus brevisilis*, *Lactobacillus frigidus*, *Pediococcus damnosus*. Jako sekundární kontaminanty vystupují většinou *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus coryniformis*, *Pediococcus inopinatus*, *Megasphaera* a *Pectinatus* [5].

Ve volně kvasícím pivo (lambic beer, Belgie) se běžně vyskytují kvasinky rodů *Dekkera* a *Brettanomyces* [11].



Obr. 19. Rozdělení pivo škodlivých bakterií

3.7 Zjištění účinnosti filtrace mikrobiologickými zkouškami

Běžná kontrola z hlediska využití kapacity filtru, spotřeby filtračního materiálu, čirosti piva apod. se musí doplňovat mikrobiologickým testem. Zásadně je nesprávné posuzovat biologickou účinnost filtrace piva podle čirosti, protože mezi oběma hodnotami není přímý vztah. Aby se zajistila trvanlivost piva, je nutná velmi dobrá spolupráce na tomto výrobním úseku se závodní laboratoří. Bez její pomoci veškeré úsilí vynaložené při filtraci piva zpravidla nepřináší kladné výsledky. Biologické šetření se musí konat pravidelně, aby se získal dostatečný přehled o celkovém stavu. Nejčastěji se biologické zkoušky zužují na určení celkového počtu mikroorganismů a trvanlivosti piva. Pouze v nutných případech se sleduje výskyt technologicky škodlivých zárodků [9].

3.7.1 Odběr vzorků

Správné výsledky mikrobiologických rozborů jsou závislé na dodržení aseptického odběru vzorků. Proto se musí nejdříve důkladně očistit a vydezinfikovat místo odběru. Většinou jsou to odběrové kohoutky, ve kterých se snadno usazují mikroorganismy a nečistoty. K mechanickému čištění slouží tenký kartáček namočený v čisticím prostředku a k výplachu zředěný roztok etanolu. Kohoutky se potom ještě otřou z vnější strany a před vlastním odběrem se odpustí asi 0,5 l piva. Také všechny ostatní pomůcky, které přijdou při odběru do styku s pivem, musí být sterilní [22].

Při filtraci piva se obvykle odebírají vzorky do sterilních lahví s obloučkovým uzávěrem, které se plní přes sterilní odpěňovací přístroj. Pryžová těsnění k uzávěrům se uchovávají ve zředěném etanolu. Z jednoho filtračního cyklu se odebere nejméně 5 vzorků. Účinek sterilace filtrů se zpravidla vyšetřuje jednou za týden. U filtru se posuzuje podle čistoty výplachové vody; u stáčecího stroje se zřetelem na pracovní postup při sanitaci, se posuzuje buď výplachová voda, nebo pivo. Sleduje – li se účinnost mytí lahví, porovnávají se výsledky rozborů piv stočených do sterilních a do normálně umytých lahví. Před uzavřením korunkou se přikryje hrdlo sterilních lahví sterilní staniolovou nebo hliníkovou fólií. Odebrané vzorky se pečlivě označí údaji o odběru (místo, čas, druh piva apod.), aby bylo možno porovnat výsledky při různých změnách filtračních podmínek, složení dávkovacích směsí, technologie apod. [9, 22].

3.7.2 Stanovení počtu mikroorganismů

K počítání mikroorganismů se nejčastěji používá Bürkerova komůrka. Kapka vyšetřovaného vzorku se přenese do středu počítací komůrky a ihned se přikryje krycím sklíčkem. Preparát se nechá chvíli ve vodorovné poloze, aby buňky klesly ke dnu. Vzhledem k tomu, že se mřížka komůrky při větším zvětšení špatně hledá, použije se nejdříve malé zvětšení k jejímu vyhledání a potom se zasune takový objektiv, aby preparát byl zvětšen asi 500x. V jednom políčku nemá být více než 5 buněk, v opačném případě se musí suspenze zředit, a to buď v poměru 1+1, nebo 1+10. Asi ve 40 polích se stanoví počet buněk, přitom se počítají i buňky ležící na čárách políček. Pučící buňka se hodnotí jako jedna buňka, neoddělená mateřská a dceřiná buňka se naopak hodnotí jako buňky dvě. Celkový počet buněk se přepočte na průměrné množství v jednom poli a po vynásobení faktorem komůrky získaná hodnota udává jejich počet v 1 ml suspenze [9].

3.7.3 Stanovení biologické trvanlivosti piva

Touto zkouškou se doplňuje stanovení celkového počtu mikroorganismů ve zfiltrovaném pivu. Ve většině případů vyrostou na sladínovém nebo mladínovém agaru převážně kulturní kvasinky, zatímco zárodky technologicky škodlivé se na této půdě nevyvíjejí (např. pediokoky, mléčné bakterie). Divoké kvasinky na sladínovém nebo mladínovém agaru rostou. Kultivací odebraného piva v láhvi se naopak pomnoží i mikroorganismy technologicky škodlivé [9].

Do dvou sterilních lahví s patentním uzávěrem se odebere pivo přes odpěňovací přístroj a lahve se ihned asepticky uzavřou. Láhve se musí naplnit co nejdříve, aby obsah vzduchu v nich byl minimální. Vzorky se udržují při teplotě 20 až 22 °C až do vytvoření sedliny nebo zákalu. Druh mikroorganismů se zjistí mikroskopicky. Mikroskopický preparát se připraví smíšením stejných dílů sedliny a desetiprocentního roztoku NaOH. Prohlíží se při 500-700násobném zvětšení. V dobře připraveném preparátu má být v zorném poli 50 – 180 buněk. Zředěné vzorky se proto musí odstřeďovat (2000 – 2300 otáček za minutu). Při mikroskopické prohlídce jde v podstatě o určení divokých kvasinek, pediokoků a laktobacilů. Divoké kvasinky se celkem dobře rozeznají od kvasinek kulturních podle charakteristického tvaru. Buňky bývají protáhlejší s jemně zrnitou a jasnější plazmou. Také buňky nápadně malé jsou výrazně odlišné. Nesnadno se rozeznávají druhy oválné, např. *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. Bakterie se v mikroskopickém preparátu poznají jednoznačně, nelze je však bez dalších zkoušek druhově identifikovat [9, 22].

Trvanlivost vyjadřuje počet dní, než vznikne zákal nebo sedlina. Současně se uvede i vzhled sedliny nebo zákalu. Kvasinky vytvářejí většinou jemnou až hrubou sedlinu. Druh i množství mikroorganismů se uvede běžnými zkratkami a počtem křížků, označujících orientačně stupeň kontaminace [9].

3.7.4 Stanovení technologicky škodlivých mikroorganismů

Tyto mikroorganismy způsobují vážné chuťové závady v hotovém výrobku a podstatně zkracují jeho trvanlivost. Patří k nim divoké kvasinky, laktobacily a pediokoky. Infekce divokými nebo cizími kvasinkami je téměř vždy při výrobě piva přítomna. Pod označením cizí kvasinky se zahrnují i mutanty kulturních kmenů, jejichž původní vlastnosti jsou v určitém směru pozměněny. Nežádoucí jsou hlavně respiračně deficientní mutanty tvořící někdy nadbytek diacetylu. Daleko větší význam má kontaminace divokými kvasinkami, ke kterým se zařazují např. *Saccharomyces* var. *ellipsoideus*, *exiguus*, *pastorianus*, *Pichia membranaefaciens* nebo *Hansenula anomala*. Jejich činností v mladině nebo v pivu se zvyšuje obsah diacetylu, esterů, mastných kyselin a tvoří se nepříjemná trpkohořká, ovocná, máselná i fenolová příchut'. Hlavním zdrojem kontaminace je nedostatečná sanitace především na úseku stáčení piva [4, 9, 22].

Baktérie rodu *Lactobacillus* a *Pediococcus* patří k hlavním technologicky škodlivým mikroorganismům. Pomnožují se především při dokvašování za anaerobních podmínek a při nižším pH. Vyskytují se již v mladině po zakvašení, protože častým zdrojem kontaminace jsou špatně ošetřované várečné kvasnice. Filtrací se neodstraní, protože jsou menší než póry běžně používaných čířících desek nebo filtračních vrstev u naplavovacích filtrů. Ve stočeném pivu, zejména v lahvovém, se rychle pomnožují. V krátké době se piva zakalí nebo se vytvoří sedlina. Piva mají nepříjemnou vůni, nakyslou a máselnou chuť.

Ke zjištění uvedených kontaminantů byla vypracována řada metod, které využívají selektivní živné půdy k jejich pomnožení. V našich pivovarech se k průkazu divokých kvasinek používají dvě metody, a to kultivační metody s kyselinou monojodoctovou a s krystalovou violetí. Pro získání úplného přehledu o kvasinkovité infekci se musí kultivovat zkoušený vzorek souběžně na obou půdách [9].

3.7.5 Rychlometody

Rychlometody se snaží přinést výsledek v takovém časovém úseku, který ještě umožní účinné nápravné opatření. Jsou využívány různé principy stanovení kontaminace:

- Fyzikální metody (turbidimetrie, impedimetrie, radiometrie, mikrokalorimetrie, cytometrie).
- Mikroskopické metody (počítání mikrokolonií, analýza obrazu).
- Imunochemické metody (ELISA).
- Měření ATP – bioluminiscence.
- Molekulárně – genetické metody (analýza nukleových kyselin – PCR techniky, elektroforéza, chromatografie).

Aby bylo možno úspěšně provádět různé metody mikrobiologické kontroly, musí být k dispozici příslušné vybavení a vyškolení pracovníci [5].

3.7.6 Vyhodnocení výsledků

Pro úspěšné vyhodnocení mikrobiologické kontroly je výhodné využívat následující postupy:

- Srovnání změn úrovně mikrobiologické kontaminace při jednotlivých výrobních operacích – tím je umožněno specifikovat oblast nárůstu kontaminace.
- Statistické metody – výsledky mikrobiologické kontroly mohou být zatíženy značnou chybou, a proto je využívání statistiky velmi významné.

Pokud výsledky mikrobiologické kontroly neurčují dostatečně přesně zdroj kontaminace, provádí se podrobnější sledování. Proto je součástí mikrobiologické kontroly sledování úrovně výčepních zařízení, skladů a vyhodnocování příčin reklamací piva [5].

Turbinimetrická titrace zákalotvorných polyfenolů v pivu. Analýza zákalotvorných polyfenolů patří k těžkým oříškům hlavně díky jejich nízké koncentraci v pivech. Studovali se manuální turbidimetrické titrace s rozpustným polyvinylpyrrolidonem v modelových systémech se zákalotvorným taninem, epikatechinem, který zákaly netvoří, se zákalotvorným proteinem gliadinem a lysozymem, který zákaly netvoří. Při pokusech s epikatechinem a lysozymem v podstatě zákal nevznikl. Gliadinové roztoky zprvu vykazovaly mírný zákal, který se snižoval s rostoucím množstvím titračního činidla. Byl studován přírůstek epikatechinu, lysozymu a gliadinu k taninu. V případě epikatechinu nebo lysozymu se bod titrace posunul výše, při přírůstku gliadinu k taninu byl bod titrace stejný jako u samotného taninu. Pomocí titrace PVP byl rovněž studován vliv křemelinu a PVPP u piva náchylného na tvorbu zákalu. Byly zjištěny očekávané hodnoty. U piva ošetřeného PVPP byl zaznamenán výrazný vliv, zatímco křemelina měla vliv nepatrný [20].

4 TRVANLIVOST A KOLODNÍ STABILITA PIVA

4.1 Koloidní stabilita piva

Po určité době může dojít i u piva s dobrou biologickou stabilitou k tvorbě sedimentů a zákalů. Jedná se o koloidní sedimenty a zákal. Dělí se na dvě základní skupiny:

- chladové zákal
- trvalé zákal

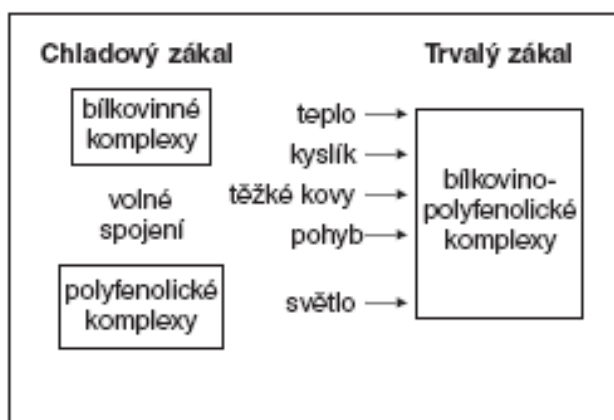
4.1.1 Chladové zákal

Chladový zákal se z piva vylučuje při jeho ochlazení na 0 °C. Při opětovném zvýšení teploty na 20 °C se zákal rozpustí. Kvašení, a hlavně závěr dokvašování při vyšších teplotách, oxidace piva vzdušným kyslíkem, přítomnost iontů těžkých kovů a světlo podporují vznik chladových zákalů [4].

4.1.2 Trvalý zákal

Trvalý zákal je v podstatě druhou fází chladového zákalu. S postupujícím časem dochází ke stálému zvětšování koloidních částic, které se z piva nevratně vyloučí. Doba, za kterou se od stočení vyloučí nevratný zákal, je při posuzování koloidní stability piva velice důležitá [5].

Princip vzniku koloidních zákalů je uveden na obr. 20.



Obr. 20. Schéma vzniku koloidních zákalů

Z obr. 20. vyplývá, že existují dva základní způsoby, jak prodloužit dobu vzniku trvalého zákalu:

- vyloučit z piva látky, které zákal způsobují,
- eliminovat faktory, které vznik zákalů urychlují,
- kombinace obou způsobů.

Prakticky jsou proveditelné následující možnosti:

- omezení vzniku vysokomolekulárních bílkovin při výrobě,
- částečné oddělení vysokomolekulárních bílkovin nebo jejich enzymatické štěpení,
- částečné oddělení polyfenolů z piva při výrobě a během filtrace, případně jejich enzymatické štěpení,
- studené dokvašování,
- vyloučení oxidace piva při filtraci a stáčení,
- omezení možnosti působení solí těžkých kovů na pivo,
- šetrná manipulace a omezení přístupu světla.

Přehled nejdůležitějších technologických opatření, která vedou ke zlepšení koloidní stability piva:

- Suroviny – výběr odrůd ječmenů s jemnou pluchou, obsahem bílkovin pod 11 %, bez anthokyanogenů a se sníženým obsahem šťavelanů.
- Sladování – dlouhé a studené klíčení s dobrým rozluštěním sladu zakončené intenzivním hvozděním.
- Výroba mladiny – varní voda s nízkou zbytkovou alkalitou, dobré vymletí pluch sladu, krátké prodlevy štěpení bílkovin, dobré zcukření, šetrné vyslazování mláta, intenzivní chmelovar, mladina jiskrná s dobrým lomem, pH mladiny 5,1 – 5,2; dobré oddělení hrubých kalů a optimální oddělení jemných kalů.
- Kvašení – intenzivní provzdušnění mladiny, rychlý počátek kvašení, které je intenzivní při studeném vedení. Dokvašování nejméně 7 dnů při teplotách -2 až 0 °C před filtrací.
- Filtrace – vyloučení kontaktu piva se vzdušným kyslíkem a nepasivovanými kovy (s výjimkou nerezooceli).
- Stáčení – vyloučení kontaktu piva se vzdušným kyslíkem. Použití čistého CO₂ nebo N₂ jako inertního plynu [5, 6].

4.2 Způsoby zvýšení koloidní stability piva

Dodržování správného technologického postupu při výrobě trvanlivého piva od výběru surovin až po správné stáčení a skladování může vznik sedlin a zákalů omezit, nikoli však vyloučit. Proto se piva s dlouhou trvanlivostí stabilizují. Dnes jsou ke stabilizaci používány dva základní postupy, které lze vzájemně kombinovat:

- stabilizace pomocí křemičitých gelů
- stabilizace pomocí PVPP (polyvinylpolypyrrolidon).

4.2.1 Křemičité gely

Stabilizace piva použitím křemičitých gelů se začala prosazovat v sedmdesátých letech minulého století, kdy firma „Brauerei Technik“ Mnichov uvedla na trh křemičitý gel s názvem Stabifix.

Křemičité gely jsou produkty reakce kyseliny sírové s křemičitanem vápenatým. Podle dalšího postupu zpracování se používají:

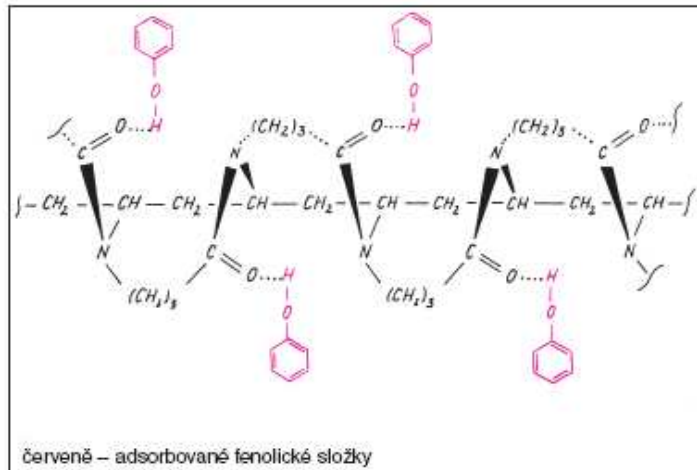
- hydrogely (obsah vody přes 50 %),
- xerogely – tzv. suché gely (obsah vody 5 %).

Křemičité gely na sebe vážou zákalotvorné frakce bílkovin, aniž by významně negativně ovlivnily chuť a pěnivost piva. Dávkují se buď při sudování nebo při filtraci. Gely lze dávkovat do základního náplavu (např. Stabifix super) nebo do směsi (Stabifix W) [5].

4.2.2 Polyvinylpolypyrrolidon (PVPP)

Polyvinylpolypyrrolidon je makromolekulární, ve vodě nerozpustná sloučenina, která je schopna na sebe vázat selektivně všechny třísloviny obsahující fenolické složky piva. PVPP má trojrozměrnou strukturu, zpevněnou molekulovými řetězci (obr. 21.). Reakce probíhá jenom v určité oblasti pH. V alkalickém prostředí se vazba uvolňuje a adsorbované látky přecházejí zpět do roztoku. Na tomto principu je založena regenerace PVPP:

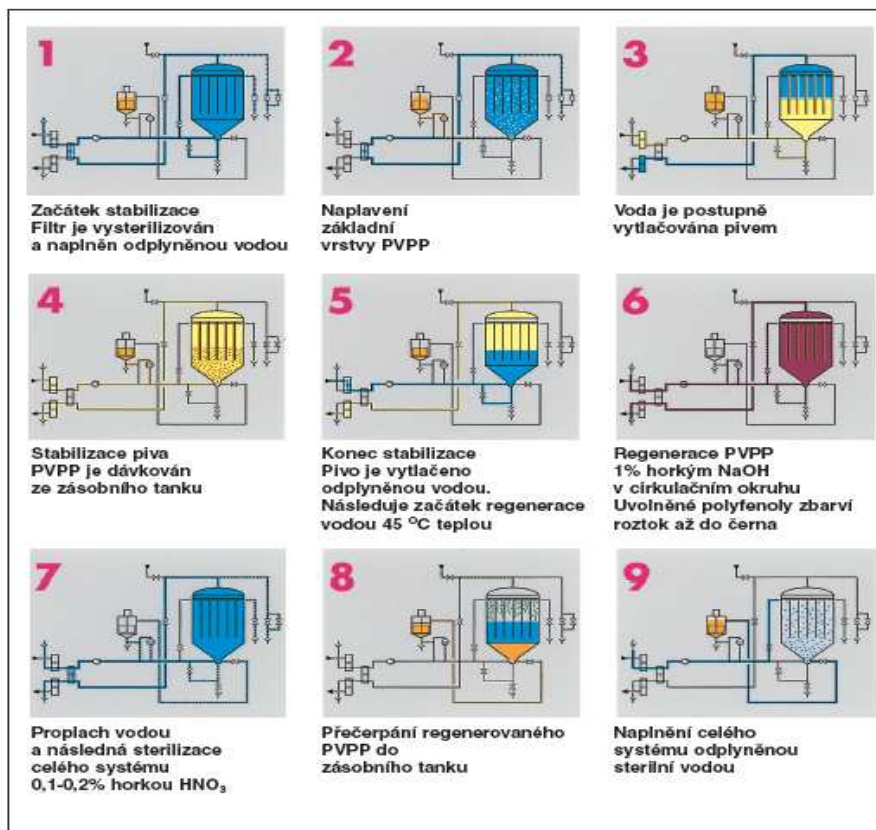
- Přidání PVPP při filtraci ke křemelině při dávkování – tzv. ztracená stabilizace.
- PVPP je složkou filtračních desek.
- Stabilizace PVPP s následnou recyklací – dnes nejčastěji používaný způsob [5].



Obr. 21. *Struktura PVPP*

Zařízení pro stabilizaci (obr. 22.) se skládá ze:

- svíčkového filtru
- dávkovače
- čerpadla



Obr. 22. *Schéma stabilizačního cyklu PVPP*

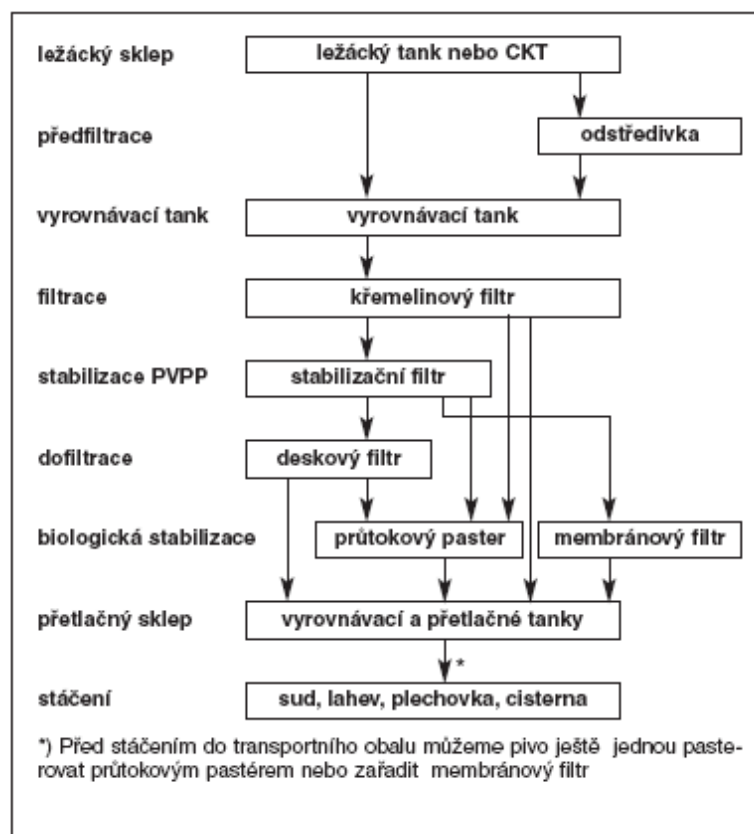
4.3 Varianty filtračních linek

Filtrační linka se dnes stala technologickým souborem, který musí plnit stále vyšší požadavky spotřebitelů na jakost vyrobeného piva. Nejde jen o čírost a jiskru filtrátu, ale také o zajištění dlouhodobé trvanlivosti (mikrobiologické, koloidní a chuťové) [4, 5].

Dnešní moderní filtrační a stabilizační linka je doplněna celou řadou pomocných zařízení. Nejdůležitější jsou:

- zařízení na výrobu odplyněné vody,
- tanky na zpracování prorážek a protláček,
- průtokové měřiče čírosti filtrátu, obsahu O₂, CO₂,
- procesní počítač s odpovídajícími snímači a analyzátory [5].

Na obr. 23. je vyznačeno základní schéma filtrační linky, která může být zapojena v různých kombinacích podle toho, jaké jsou požadavky zákazníků na trvanlivost piva.



Obr. 23. Varianty technologického postupu při filtraci
a stabilizaci piva

4.4 Hygiena, sanitace a dezinfekce v pivovarech

Škodlivé mikroorganismy se v provozu rozmnožují všude, kde k tomu mají vhodné podmínky. K rozmnožování potřebují zvláště živiny, příslušnou vlhkost a teplotu. Abychom zamezili kontaminaci a včas ji odstranili, musíme dodržovat velmi svědomitě všechny sanitační a hygienické předpisy [7].

Při současných vysokých nárocích na trvanlivost a senzorickou stabilitu piva se stala sanitace nedílnou součástí výrobního procesu. Vývoj v pivovarském průmyslu jde nyní cestou zabezpečení požadované kvality a trvanlivosti výrobků pomocí sanitace. Sanitace vysoce účinnými, kombinovanými chemickými prostředky umožňuje ustoupit od energeticky náročné pasterace [5, 6].

4.4.1 Všeobecné pojmy

- Hygiena zahrnuje souhrn opatření, kterými se musí zabezpečit provoz před nepříznivými vlivy. To znamená, že celý provoz, zařízení a nádoby musí být vybaveny tak, aby se daly lehce čistit a umývat, a aby byly vyloučeny nepříznivé vlivy, které by mohly změnit kvalitu a stabilitu výrobku.
- Sanitace je činnost, kterou se vědomě sleduje a odstraňuje nepříznivý vliv určitých látek a prostředí na zařízení, nádoby i na vlastní výrobek. To znamená, že sanitace je systematická a neustálá činnost, která zabezpečuje mikrobiologickou čistotu předmětů, zařízení, ovzduší a celkového pracovního prostředí.
- Dezinfekce znamená odstranění určitých mikroorganismů, přičemž některé neškodné mikroorganismy mohou zůstat naživu. Termíny infekce a dezinfekce se mohou používat i v potravinářském průmyslu, ale používají se zvláště v medicíně, přičemž infekce znamená vniknutí choroboplodného zárodku do živého organismu a vyvolání choroby. Pro potravinářskou praxi je tento termín méně vhodný, týká se totiž odstranění mikroorganismů infekčních pro makroorganismus. Pro provozní praxi je vhodnější termín kontaminace, který znamená znečištění předmětů, zařízení, případně též hotového výrobku mikroorganismy. Tyto mikroorganismy mohou být fyziologicky neškodné, jako např. kvasinky, mléčné bakterie a jiné, ale ve výrobku (ve víně, v pivu) mohou vyvolat sekundární fermentaci nebo změnu chuti, tvorbu zákalu apod.
- Dekontaminace znamená odstranění mikroorganismů ze zařízení a z předmětů. Rekontaminace je opětovná kontaminace zařízení.

- Sterilizace je pracovní postup, při kterém se vhodným způsobem mechanicky (filtrací, centrifugací) nebo chemickými a fyzikálními prostředky ničí všechny mikroorganismy. Úplné odstranění mikroorganismů a zachování přísné mikrobiologické čistoty v provozu není obvykle potřebné. Postačí kontaminující mikroorganismy potlačit natolik, aby nepůsobily škodlivě při kultivaci a fermentaci: je to tzv. praktická čili provozní sterilita.

Dobře uplatňovaná sanitace a hygiena jsou nejdůležitější a nejúčinnější zbraně proti všem kontaminacím [7].

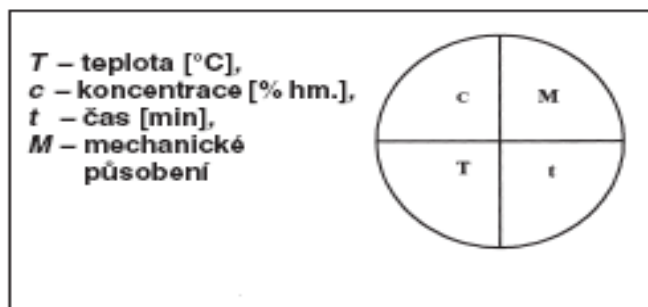
4.4.2 Teorie čištění

Čištění je fyzikálně-chemický proces, který je závislý na množství nečistoty a jejím složení, na konstrukci zařízení, na kvalitě jeho povrchu a v neposlední řadě na mechanickém a fyzikálně-chemickém působení čisticího prostředku.

- Důležité je, aby zařízení bylo zbaveno nečistoty co nejdříve po ukončení výrobního procesu. Působení teploty nebo zaschnutí mění charakter nečistoty (karamelizace cukrů, oxidace tuků, denaturace bílkovin) a ta se stává obtížněji odstranitelnou. Nečistoty se díky nerovnému povrchu usazují v mikroskopických trhlinkách a pórech, kde se mechanicky váží a usazují. Nečistota se dále váže pomocí elektrostatické síly mezi ní a povrchem a navzájem mezi jednotlivými součástmi nečistoty. Součet sil těchto vazeb označujeme jako adhezní energii. Při čištění musíme tuto energii dodat, aby byla nečistota uvolněna. Tato energie je dodávána ve formě chemické, mechanické a tepelné energie [5].

4.4.3 Faktory ovlivňující proces čištění

Úspěšnost sanitace (čištění a dezinfekce) ovlivňují čtyři faktory (obr. 24.). Obecně platí, že pro zachování optimální účinnosti čištění musí být působení uvedených čtyř veličin v rovnováze. Změníme-li hodnotu jedné veličiny, musíme změnit ostatní. Např. snížení teploty ovlivní prodloužení času nebo změnu proudění, případně koncentrace [5].



Obr. 24. Faktory ovlivňující úspěšnost sanitace

- Teplota – obecně platí, že s rostoucí teplotou čistící účinek stoupá, což vyplývá z rostoucí rychlosti chemických reakcí. Při vyšší teplotě postačí k dosažení stejného efektu kratší doba nebo nižší koncentrace. Teplota má však svou hranici. Při vysokých teplotách může docházet k vylučování látek, které se usazují na povrchu (křemičitany), zvyšuje se riziko koroze materiálu a jsou poškozována těsnění, může rovněž dojít ke změně vlastností čistícího prostředku rozkladem některých jeho složek.

Koncentrace – obsah (koncentrace) čistícího prostředku v roztoku se uvádí v hmotnostních procentech. Koncentrace látek se stanovuje řadou běžných metod a kromě toho i v on-line systému měřením vodivosti (vodivost je převrácená hodnota odporu). Měření vodivosti vychází z následujícího vztahu (4) :

$$R = \frac{C}{k} [\Omega]$$

k – specifická vodivost [S.cm⁻¹]
C – elektrodová konstanta [cm⁻¹]
R – odpor roztoku [Ω]

(4)

Vodivost některých druhů vod a roztoků NaOH je uvedena v tab. 3.

Obecně platí, že se zvyšováním koncentrace stoupá čistící účinek. I zde je však určitá hranice, kdy další zvyšování koncentrace působí korozi, horší oplachovatelnost, neúměrné zatížení odpadních vod apod. To ve svém důsledku zvyšuje náklady [5].

Tab. 3. Vodivost vybraných látek při různých teplotách

Roztok	Vodivost [$\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$], [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] ¹⁾	
	20 °C	85 °C
voda (teorie)		0,055 ¹⁾
destilovaná voda		0,5 ¹⁾
horská pramenitá voda		10,0 ¹⁾
městská vodovodní voda		500 – 700 ¹⁾
mořská voda	54	
1% NaOH	47,5	107
2% NaOH	90,0	203
3% NaOH	127,0	293

- Čas – v našem případě je to doba potřebná k odstranění nečistoty. Ta je přímo závislá na teplotě a koncentraci použitého prostředku.
- Mechanické působení – pod tímto pojmem se rozumí fyzikální podmínky (mechanický účinek) nezbytné pro čištění – tlak, objemový průtok a průtoková rychlost. Mechanický účinek čisticího prostředku je nedílnou součástí čisticího procesu. Proudění musí být turbulentní, aby mechanický účinek na čištěnou stěnu byl dostatečný. Turbulentní proudění je charakterizováno Reynoldsovým číslem R_e , které je definováno vztahem [5]:

$$R_e = \frac{\rho \cdot r \cdot v}{\lambda}$$

v – střední rychlost proudění [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$]
 r – poloměr potrubí [cm]
 λ – dynamická viskozita [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]
 ρ – hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

(5)

Sanitačních prostředků existuje velmi mnoho. V této práci se zaměříme se na novou generaci dezinfekčních prostředků na bázi kyseliny peroxooctové.

Použití kyseliny peroxooctové, běžně nazývané peronová (PES), je již dlouho známé. Poprvé byla připravena v roce 1902 z diacetylperoxidu. Její přímá syntéza byla provedena v roce 1912. Prvé využití ve zdravotnictví bylo zavedeno v polovině 60. let v bývalé NDR. Nevýhodou bylo, že PES existovala pouze jako 40 % roztok v ledové kyselině octové. Jednalo se o korozivní, hořlavou a výbušnou směs. V roce 1975 se podařilo firmě Henkel vyrobit směs peroxidu vodíku a octové kyseliny, která poskytovala díky přítomnosti

stabilizátorů kyselinu peroxooctovou a vodu. To umožnilo masivní rozšíření PES v oblasti sanitace. Stoupající rezistence kontaminujících organismů (kvasinky, plísně, bakterie) však vyvolalo nutnost připravit účinnější roztok PES. Byly proto vyvinuty nové účinnější produkty P3-oxysan ZS a P3-oxysan CM. Na základě mikrobiologických zkoušek je zde dokladována zvýšená účinnost těchto sanitačních prostředků [17].

Lysozym vykazuje antimikrobiální vlastnosti vůči gram-pozitivním mikroorganismům a nemá žádnou aktivitu vůči kvasinkám. Proto může být použit jako specifický inhibitor růstu piva škodících bakterií. Z nich jsou v pivu nejčastěji identifikovány gram-pozitivní mléčné bakterie. Autoři testovali lysozym (300 mg/l) z vaječného bílku z hlediska jeho antibakteriální aktivity vůči čtyřem kmenům mléčných bakterií v provozních násadních kvasnicích a pivu, které bylo dokvašováno v lahvích. Ukázalo se, že všechny čtyři použité kmeny byly k lysozymu senzitivní. Tato senzitivita je silně ovlivněna charakteristickými vlastnostmi kvasničné suspenze. Dále byl zkoumán vliv přídavku lysozymu na průběh kvašení, ale žádný negativní dopad ani na průběh kvašení ani na samotné kvasinky nebyl zaznamenán [18].

Firma Aquagrup AG z Regensburgu představila na svém semináři revoluční výrobek, a to desinfekční prostředek NADES založený na vodní bázi. NADES je tvořen z 99 % vodou, jejíž fyzikálně-chemické vlastnosti jsou podstatně upraveny. Ve speciálním zařízení dochází k tzv. zesíťování molekul vody formou vodíkových můstků, přičemž tato struktura umožňuje existenci značného kladného náboje, aniž by se měnila pozice jednotlivých atomů. Protože je přenos živin u živých buněk závislý na transportu elektronů, nasazení tohoto prostředku vede k drastickému vyhladovění živých buněk a tím k jejich zničení. Tento prostředek lze využít zejména při zlepšení kvality studniční a varní vody, prostřednictvím ničení přítomného biofilmu, dále pak k přímé sterilaci tanků ať již formou jejich přímého ostříku, nebo ve formě oplachu po předcházející aplikaci sanitačního roztoku. Dále je možno tento prostředek využít k ostříku trysek plnicího monobloku apod. Lze tudíž docílit nezanedbatelných úspor elektrické energie i mycí vody. Prostředek má stejné korozivní účinky jako čistá voda. Z legislativního hlediska je zajímavé, že do 5 % splňuje NADES požadavky německé Vyhlášky pro pitnou vodu stejně jako evropské vyhlášky pro biocidní prostředky [19].

5 SHRNU TÍ A ZÁVĚR

Výroba piva je složitý biochemický proces. Obsah bakalářské práce je zaměřen především na finální úpravy výrobku, piva, tak aby se pivo k zákazníkovi dostalo čiré, aby mělo jiskru, trvanlivost, chuťovou a senzorickou stabilitu.

Jak již bylo uvedeno v předešlých kapitolách, jednotlivé hlavní složky obsažené v pivu se nacházejí ve formě koloidního roztoku. Za normálních podmínek je tato koloidní soustava v rovnováze a pivo je čiré. Vlivem působení různých faktorů během skladování (oxidace, vyšší teplota, pohyb, světlo atd.) dochází k fyzikálně-chemickým změnám, k porušení rovnováhy a pozvolnému stárnutí koloidní soustavy. Jednotlivé koloidní částice se začnou shlukovat, zvětšovat a stávat viditelnými. V pivu se vytvoří opalescence až zákal. Tento zákal je ireverzibilní (trvalý). Chemickým rozbohem pivních zákalů bylo zjištěno, že obsahují hlavně vysokomolekulární bílkoviny a polyfenoly. Schopnost udržení čirosti piva co nejdéle se nazývá koloidní stabilita. Vysoké fyzikálně-chemické (koloidní) stability piva (několik měsíců až rok) se dosahuje stabilizací.

Kromě fyzikálně-chemické trvanlivosti musí být u piva dokonale zajištěna i biologická trvanlivost. Jejím porušením se vytvoří biologický zákal, vzniklý pomnožením určitého mikroorganismu v pivu. Podle druhu mikroorganismu existují kvasničné zákaly, způsobené kulturními nebo divokými kvasinkami, nebo bakteriální zákaly, kdy se v pivu namnoží mléčné, octové nebo jiné bakterie. Biologická trvanlivost se zajišťuje pasterací nebo účinnou filtrací, která odstraní z piva všechny mikroorganismy. V současné době zajištění biologické trvanlivosti v důsledku kvalitní hygieny a sanitace nečiní většinou potíže.

Pro úplnost z hlediska jakosti piva je zde nutno doplnit ještě senzorickou stabilitu. Skladováním piva ve spotřebitelských obalech se nepříznivě mění i jeho senzorické vlastnosti. Dochází k tzv. stárnutí piva, které se projevuje poklesem hořkosti, vzrůstem sladkosti a tvorbou cizích chutí a vůní, označovaných jako stará, oxidační atd. Tyto chutě a vůně jsou způsobeny vznikem karbonylových látek (zvláště nenasycených aldehydů). Proto zachování co nejvyšší senzorické stability (co nejdéle udržení senzorické kvality piva během skladování) musí být jedním ze základních cílů výrobce piva.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I. *České pivo*, NUGA, Pacov 1999. 231 s.
ISBN 80-85903-08-3.
- [2] SLÁDEK, J. *Kde se pivo vaří*, SEZAM, Praha 1992. 80 s. ISBN 80-900186-6-1.
- [3] ČESKÝ SVAZ PIVOVARŮ A SLADOVEN. *Pivovarství a sladařství v českých zemích* [online]. [cit. 2009-04-26, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW:
<http://www.cspas.cz/pivo.asp?lang=1>
- [4] HLAVÁČEK, F., LHOTSKÝ, A. *Pivovarství*. 2. vyd. SNTL, Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha 1972. 540 s. 04-827-72.
- [5] KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kolektiv autorů. *Technologie výroby sladu a piva*, VÚPS, a.s., Praha 2000. 398 s. ISBN 80-902658-6-3.
- [6] BASAŘOVÁ, G., ČEPIČKA, J. *Sladařství a pivovarství*, SNTL, Praha 1986. 256 s.
05-080-86
- [7] TVRDOŇ, M., BÁLEŠOVÁ, B. *Kvasná mikrobiologie*, SNTL, Praha 1986. 168 s.
04-818-86
- [8] MASAHIRO, M. -KENICHIRO, I. -TAKEO, I. -YUTAKA, O. -MOTOO, O.: Yeast Cell Cycle During Fermentation and Beer Quality. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 64, 2006, č. 3, s. 151-154.
- [9] KAHLER, M., VOBORSKÝ, J. *Filtrace piva*, SNTL, Praha 1981. 304 s. 04-833-81
- [10] BAUM, U.: Treatment of kieselguhr slurry from beer filtration. *Brauwelt Int.* 17, 1999, č. 3, s. 206-207
- [11] BLACKBURN, C. *Food spoilage microorganisms*, 1st ed. New York: CRC Press 2006. 712 s. ISBN 0-8493-9156-3.
- [12] DRINKS UNION. Seznam výrobků. [online]. [cit. 2009-04-26, 21:30 SEČ].
Dostupný z WWW: <http://www.drinksunion.cz/pivo/seznam-vyrobku/Breznak/>
- [13] BOTANY.CZ. Herbář. [online]. [cit. 2009-04-26, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW:
<http://www.botany.cz/cs/humulus-lupulus/>
- [14] MICROBEWIKI. Saccharomyces. [online]. [cit. 2009-04-6, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Saccharomyces>

- [15] PILLSNER URQUELL. Varna [online]. [cit. 2009-04-6, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.prazdroj.cz/cz/pro-media/fotobanka-loga/fotobanka-technologie?fbsearch=&glid=134>
- [16] PIVOVAR KLÁŠTER. Výroba [online]. [cit. 2009-04-6, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: www.pivovarklaster.cz/vyroba.html
- [17] WAGNER, D. -Henkel KGaA, Düsseldorf: Neue Generation der auf Peroxyessigsäure basierenden Desinfektionsmittel. Brauwelt, 2006, 34-35, s. 1014-1016.
- [18] LANDSCHOOT van, A. -VILLA, A.: Antibacterial properties of hen egg white lysozym against beer spoilage bacteria and effect of lysozyme on yeast fermentation. Cerevisia 32, 2007, č. 4, s. 219-224
- [19] HEYSE, K.U.: Wirkungsvolles Desinfektionsmittel auf Wasserbasis. Brauwelt 148, 2008, č. 30-31, s. 862-863
- [20] LI, J. -SIEBERT, K. J.: Turbinimetric titration of a haze-active polyphenol in beer. J. Am. Soc. Brew. Chem. 66, 2008, č. 2, s. 71-79
- [21] VLASTNÍ ZDROJ, Pivovar Janáček, Uherský Brod, Česká republika
- [22] KOČKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ, A., TOMÁŠEK K., ONDRÍŠEKOVÁ M. Biologická kontrola výroby piva a nealkoholických nápojov, ALFA, Bratislava 1980. 336 s. 63-158-80
- [23] MASARYKOVA UNIVERZITA, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA Schéma výroby piva [online]. [cit. 2009-04-6, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.sci.muni.cz/mikrob/kvasbiotech/pivo/tradpiv.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATP	Adenosintrifosfát
CKT	Cylindrokónický tank
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EBC	Evropská pivovarská konvence
KEG	Typ sudu
NDR	Bývalá Německá demokratická republika
PCR	Technika analýzy nukleových kyselin
PES	Peroctová kyselina
PVP	Polyvinylpyrrolidon
PVPP	Polyvinylpyrrolidon
rH	Oxidoredukční potenciál piva
RNA	Ribonukleová kyselina
SUBSP	Poddruh
VAR	Variabilní, odchylnost od normálu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. <i>Humno sladovny – klíčící zrna ječmene</i>	17
Obr. 2. <i>Humulus lupulus - chmel otáčivý</i>	18
Obr. 3. <i>Saccharomyces cerevisiae - pivovarské kvasinky</i>	20
Obr. 4. <i>Varna pivovaru</i>	22
Obr. 5. <i>Kvasící mladina ve spilce</i>	23
Obr. 6. <i>Dokvašování piva v ležáckém sklepě</i>	24
Obr. 7. <i>Filtrace piva</i>	24
Obr. 8. <i>Stáčírna KEG</i>	25
Obr. 9. <i>Stáčírna lahví</i>	25
Obr. 10. <i>Rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky</i>	27
Obr. 11. <i>Porovnání povrchové a hloubkové filtrace</i>	29
Obr. 12. <i>Deskový naplavovací filtr NIRO</i>	34
Obr. 13. <i>Naplavovací svíčkový filtr (řez)</i>	35
Obr. 14. <i>Filtrační svíčka</i>	35
Obr. 15. <i>Filtrační modul (fa SeitzSchenk Filtersystems)</i>	36
Obr. 16. <i>Navíjené membrány (fa SeitzSchenk, Bad Kreuznach)</i>	36
Obr. 17. <i>Náplav křemeliny na filtrační přepážku</i>	38
Obr. 18. <i>Schéma linky na filtraci křemelinou</i>	38
Obr. 19. <i>Rozdělení piva škodlivých bakterií</i>	40
Obr. 20. <i>Schéma vzniku koloidních zákalů</i>	45
Obr. 21. <i>Struktura PVPP</i>	48
Obr. 22. <i>Schéma stabilizačního cyklu PVPP</i>	48
Obr. 23. <i>Varianty technologického postupu při filtraci</i>	49
Obr. 24. <i>Faktory ovlivňující úspěšnost sanitace</i>	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. <i>Vývoj produkce českého pivovarství v porovnání s počtem činných průmyslových pivovarů v letech 1950 – 2007.</i>	14
Tab. 2. <i>Porovnání analytických parametrů různých křemelin.</i>	32
Tab. 3. <i>Vodivost vybraných látek při různých teplotách.</i>	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Nová generace dezinfekčních prostředků na bázi kyseliny peroctové

Příloha P II: Schéma výroby piva

PŘÍLOHA P I: NOVÁ GENERACE DEZINFEKČNÍCH PROSTŘEDKŮ NA BÁZI KYSELINY PEROCTOVÉ

BRAUWELT | WISSEN | DESINFEKTION

[min] zur vollständigen Abtötung der Organismen

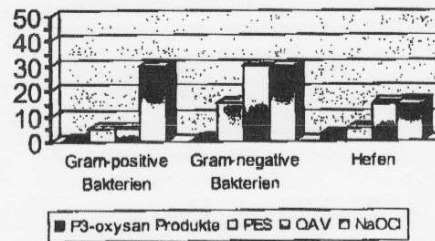


Abb. 4
Zeitvergleich
verschiedener
Desinfektions-
mittel

[%] Konz. zur Erfüllung EN 1650, fungizide Wirkung

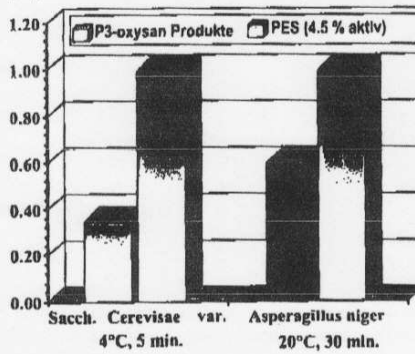


Abb. 5
Fungizide Wirkung
im Vergleich

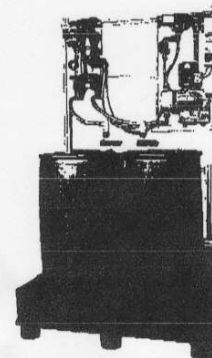
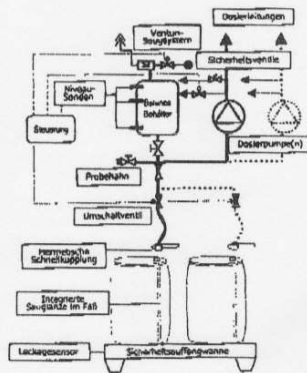


Abb. 6 Spezielle Gebinde gewährleisten einen sicheren Umgang

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA VÝROBY PIVA

