

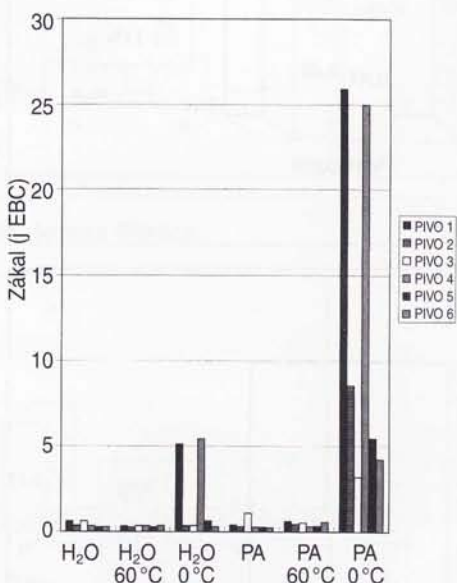
Obr. 6 Změny barvy při oxidaci piva 0,2 % peroxodisíranem amonným

nebo zvyšovat absorbanci, a tak je možné dokonce odlišit jednotlivé meziprodukty při výrobě piva, jako jsou sladina, mladina a pivo.

Změnu vůně degustátoři rozlišili již po 90 min a analýzu bude možné dále zrychlit vhodnou přístrojovou technikou, jako je plynová chromatografie a jiné citlivé techniky.

Také tvorbu těkavých aldehydů, obvykle doprovázejících stárnutí piva, lze prokázat reakcemi s dinitrofenylhydrazinem nebo kyselou thioarbiturovou.

Stanovení koloidní stability zahrnuje pouze 2 h ohřev při 60 °C a tvorbu zákalu po 24 h při 0 °C. Tím lze zkrátit dobu analýzy u vysoce stabilních piv na 1 den.



Obr. 7 Teplotní šokování 6 českých piv. PA = 0,1 % peroxodisíranu amonného

Obrázek 7 znázorňuje rozdíly v koloidní stabilitě jednotlivých českých piv před a po přidavku roztoku peroxodisíranu amonného. Subjektivně se rovněž prokázaly rozdíly ve vůni a chuti piv.

Tímto postupem lze rozlišit vlastnosti piv z českých pivovarů. Dosavadní výsledky potvrzují všeobecně uznávanou zásadu, že pivo je jen tak dlouho dobré, dokud se nezmění jeho barva. Tento poznatek otevírá nové možnosti k rychlému posouzení senzorické stability na základě optických vlastností piva.

ODA poskytuje další možnosti, např. velmi rychlé posouzení stability piva již ve stadiu meziproductů, kdy lze např. tvorbu zákalu měřit v krátkém čase i bez dodatečného chlazení na 0 °C, což poskytuje další možnosti při laboratorním hodnocení vlivu surovin na vlastnosti piva.

## LITERATURA

- [1] ŠAVEL, J.: Kvas. prům., **38**, 1994, s. 232.
- [2] ŠAVEL, J.–ZDVIHALOVÁ, D.–PROKOPOVÁ, M.: Kvas. prům., **42**, 1996, s. 275.

Předneseno na 28. pivovarsko-sladařském semináři v Plzni

## PŘÍSPĚVEK KE ZJIŠTĚNÍ PŘÍČIN ZHORŠENÉ ČIROSTI PIV PŘI FILTRACI

Ing. JAN VOBORSKÝ, ing. TOMÁŠ ŠRUMA, VÚPS Praha, Pivovarský ústav

**Klíčová slova:** pivo, filtrace, čirost, příčiny

Z dlouhodobých pozorování je zřejmé, že problémy s filtrovatelností piva se v některých letech objevují ve zvýšené míře. V tomto roce není zřejmě, soudě podle zájmu, tento problém příliš aktuální. Naopak v loňském roce se na nás obrátila řada pivovarů s tím, že nemohou dosáhnout obvyklé čirosti při filtraci piva. Obdobně tomu bylo i v některých předcházejících letech. Lze tedy předpokládat, že problémy s filtrovatelností piva souvisí, mimo jiné, s ročníkovými vlastnostmi ječmene. Tento předpoklad není samozřejmě nijak překvapivý a je v souladu s dlouholetým pozorováním, kdy se v některých letech při svařování sladu z nového ročníku ječmene objevily potíže při filtraci, nebo naopak se tyto potíže vytratil. Co přinese v tomto směru ročník 96, je zatím nejasné. Proto by se neměl tento problém pouštět zcela ze zřetele, mimo jiné také proto, že nejen ročníkové vlastnosti, ale také pěstební místo a odrůda ječmene a samozřejmě řada technologických faktorů při výrobě sladu i piva a jejich vzájemné působení mohou filtrovatelnost piva ovlivnit.

Pokud jde o ječmen a slad, neexistuje zatím spolehlivá analytická metoda, podle níž by bylo možné z analýzy ječmene nebo sladu předpovědět filtrovatelnost piva. Je

vytypován soubor analytických kritérií u sladu a mladiny, která do jisté míry s filtrovatelností souvisí, jsou to však závislosti založené na statistických údajích a to znamená, že v konkrétním případě se uplatňují s větší či menší pravděpodobností. Většinou jsou tato kritéria porovnávána s Esseřovým testem, tedy s hodnotou, která je měřítkem filtrovatelnosti, a která nepřímo souvisí s kvantitativní stránkou filtrace, tj. s množstvím zfiltrovaného piva. Při filtraci piva se však zpravidla klade větší důraz na kvalitu filtrace, vyjádřenou čirostí piva. Z tohoto důvodu jsme se také zaměřili v našich pracích především na dosahovanou čirost při filtraci, aniž bychom ovšem opomíjeli parametr související s hospodárností filtrace.

### FILTRAČNÍ VRSTVA A ZÁKALOVÉ ČÁSTICE

Naplavovací filtrace piva je proces v podstatě mechanický a účinnost tohoto procesu závisí na poměru mezi velikostí zákalových částic a velikostí mezer v pomocné filtrační vrstvě, kterou tvoří zpravidla křemelina. A protože křemelina, jako dosud nejvhodnější pomocný filtrační prostředek, vytváří filtrační vrstvu se značně strukturálně členitým povrchem, zachytí se i částice menší,

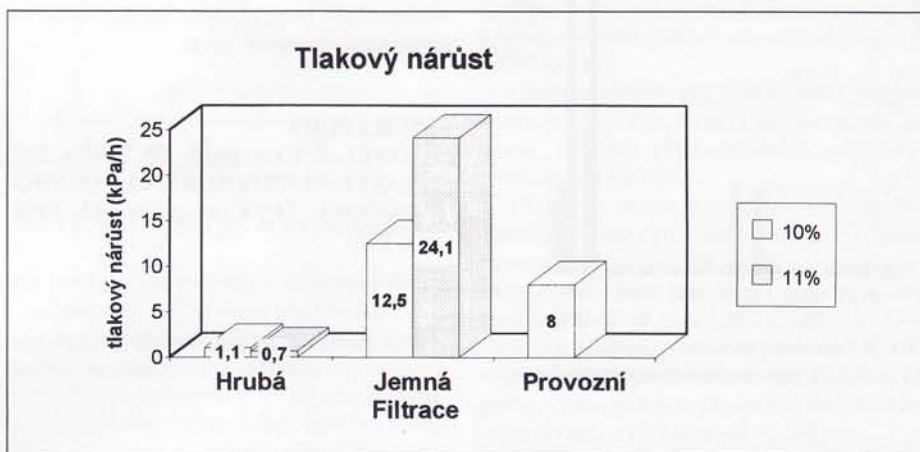
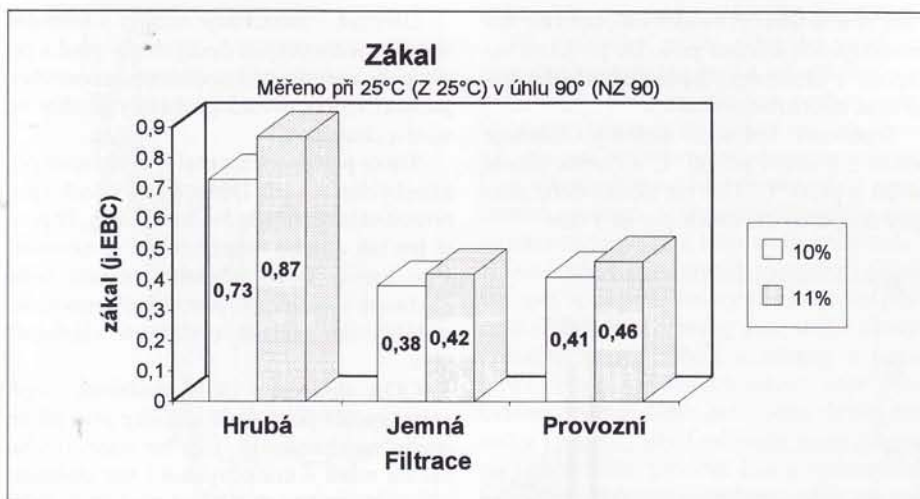
než je střední velikost mezer. Na druhé straně se však mohou tyto částice během filtrace vyplavovat do filtrátu a důsledkem je postupné zvyšování zákalu. Tento úkaz je z praxe dobře znám. Lze říci, že vrstva vytvořená z jemné křemeliny (např. Filter Cel, „FC“) zachytí bezpečně částice nad 2 µm, vrstva z hrubé křemeliny (např. Hyflo Super Cel, „HSC“) částice nad 5 µm, menší částice pak s ubývajícím účinností.

### MEZE KŘEMELINOVÉ FILTRACE

Z předchozího je zřejmé, že filtrační vrstva vytvořená z křemeliny může odfiltrovat částice jen určité velikosti. Zfiltruje-li se tedy pivo na vhodném laboratorním filtru hrubou a jemnou křemelinou, a změřili se čirost filtrátů, získáme údaje o tom, v jakých mezích se může čirost piva pohybovat při jakémkoli poměru hrubé a jemné křemeliny ve filtrační směsi. Laboratorní filtr, na kterém pivo testujeme, je uzpůsoben pro filtraci za konstantního průtoku, takže filtrační zkouška poskytne i údaj o tlakovém nárůstu. Z obou těchto hodnot, případně po další doplňující zkoušce, lze pak určit optimální složení křemeliny.

Na obr. 1 je příklad laboratorní filtrace dvou piv 10% a 11% z téhož pivovaru, filtrovaných hrubou (100% HSC) a jemnou





Obr. 1. Meze křemelinové filtrace. Piva z téhož pivovaru.

(80% FC + 20% HSC) křemelinou. Grafy jsou doplněny výsledky z provozní filtrace stejných piv. Z grafu, kde je znázorněn zákal, je vidět, že u 10% piva se zákal zfiltrovaného piva může pohybovat v mezích 0,38 až 0,73 j. EBC, u 11% piva 0,42 až 0,87 j. EBC. Výraznější rozdíly mezi hrubou a jemnou filtrací jsou u tlakového nárůstu. Je proto snaha zvolit co nejhrubší směs, avšak tak, aby se čírost blížila čírosti při jemné filtraci. Pro provozní filtraci byla zvolena směs odpovídající přibližně 50 % jemné a 50 % hrubé křemeliny, složená z 80 % z tuzemské křemeliny. Jak je vidět z grafu, čírost piv z provozní filtrace se jen málo liší od jemné filtrace při příznivém tlakovém nárůstu (v tomto případě průměrná hodnota pro obě piva, filtrovaná v jednom filtračním cyklu).

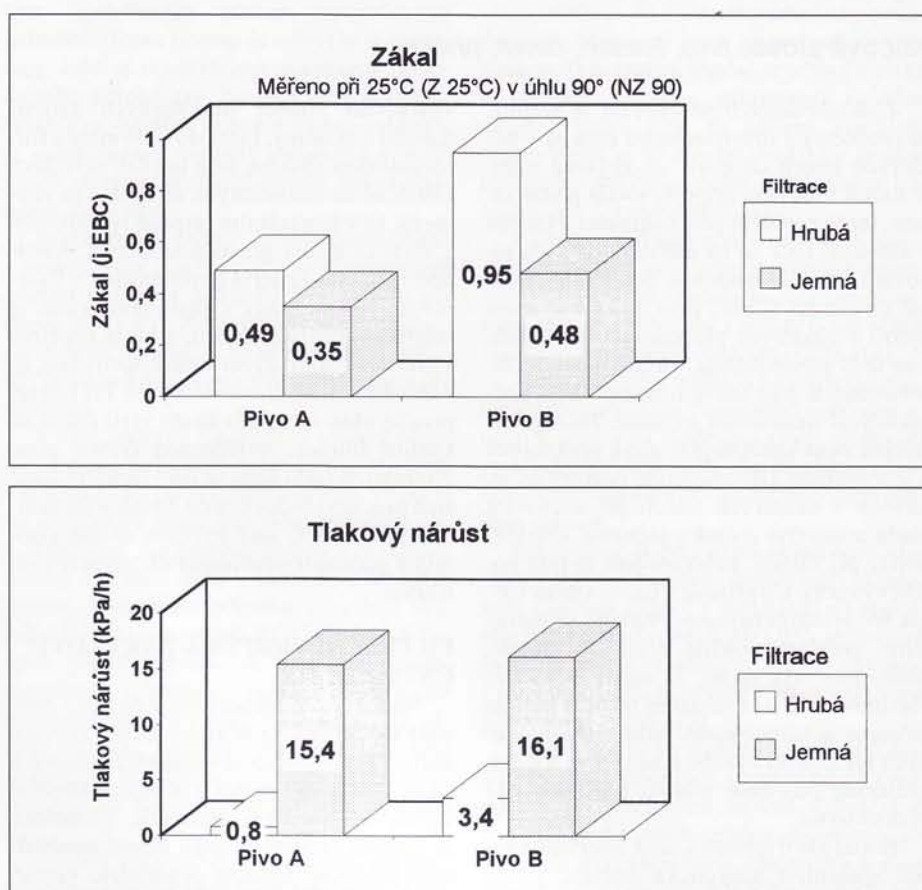
Na obr. 2 je porovnávána hrubá a jemná filtrace dvou piv z různých pivovarů. Na první pohled je zřejmá rozdílná filtrovatelnost obou piv. Dobře filtrovatelné pivo A vykazuje poměrně nízký rozdíl mezi hrubou a jemnou filtrací a lze tudíž při provozní filtraci zvolit poměrně hrubou směs s nízkým tlakovým nárůstem. Naproti tomu u hůře filtrovatelného piva B s výrazně vyšším rozdílem v zákalu mezi hrubou a jemnou filtrací a také vyšším zákalu po jemné filtraci je nutno při volbě směsi zvážit, zda preferovat vyšší množství zfiltrovaného piva, nebo kvalitnější filtraci.

## MĚŘENÍ ZÁKALU VE DVOU ÚHLECH POZOROVÁNÍ

Další prakticky využitelné údaje lze získat měřením zákalu filtrovaného piva na dvouúhlovém nefelometru. Při měření zákalu v úhlu 90° (NZ 90) se registrují převážně částice menší než 1  $\mu\text{m}$ , tedy částice, které jsou již v oblasti koloidních disperzí. Při měření zákalu v tzv. dopředném úhlu 10 až 25° je odezva na tyto částice nepatrná, avšak odezva na částice nad 0,5  $\mu\text{m}$  je naopak několikanásobně vyšší. Při dobré filtrovatelnosti piva a bezvadné funkci filtru se zákaly měřené v dopředném úhlu pohybují mezi 0,1 až 0,2 j. EBC. Při vyšších hodnotách může jít o částice křemeliny vlivem špatné funkce filtru, nebo při filtraci jemnou křemelinou o částice zákalu přibližně mezi 0,5 až 2  $\mu\text{m}$ , které se nezachytily ve filtrační vrstvě.

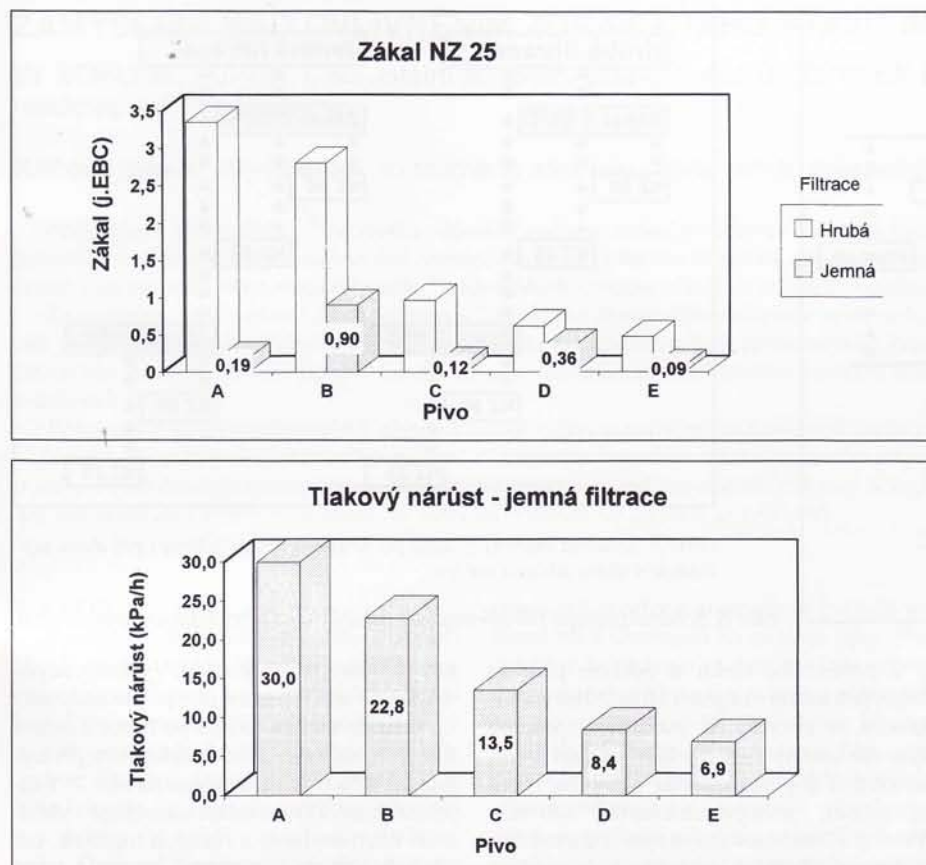
Na obr. 3 je uveden příklad několika piv z různých pivovarů filtrovaných na laboratorním filtru hrubou a jemnou křemelinou. Zákal byl měřen v dopředném úhlu 25° (NZ 25). Piva jsou seřazena podle klesajícího tlakového nárůstu při jemné filtraci. Je zřejmé, že tlakový nárůst koresponduje se zákalu po hrubé filtraci. Zároveň je ale také tlakový nárůst při jemné filtraci tím větší, čím je větší rozdíl mezi zákalu po hrubé a jemné filtraci, neboť částice odpovídající tomuto rozdílu se zachytily ve filtrační vrstvě při jemné filtraci. Jde o částice přibližně mezi 2 až 5  $\mu\text{m}$ .

U piva A byl zákal po jemné filtraci pouze 0,19 j. EBC. To znamená, že nefiltrované pivo obsahovalo větší množství částic mezi 2 až 5  $\mu\text{m}$ , které se zachytily při jemné filt-



Obr. 2. Meze křemelinové filtrace. Piva z různých pivovarů.





Obr. 3. Souvislost mezi zákalem měřeným v dopředném úhlu (NZ 25) po hrubé a jemné filtraci a tlakovým nárůstem po jemné filtraci. Měřeno při 25 °C, piva z různých pivovarů.

raci a zvyšovaly tlakový nárůst. U piva B je poměrně vysoký zákal po jemné filtraci. V tomto případě nefiltrované pivo obsahovalo větší množství částic mezi 0,5 až 2  $\mu\text{m}$ , přičemž část jich procházelo při křemelinové filtraci do filtrátu. Pivo bylo tedy hůře filtrovatelné. Nejlépe se filtrovalo pivo E, kdy bylo dosaženo nízkého zákalu jak po hrubé, tak po jemné filtraci a zároveň i nízkého tlakového nárůstu při jemné filtraci. Poněkud hůře jsou filtrovatelná piva C a D. Lepší filtrovatelnost má však pivo C, a to především pro příznivější zákal NZ 25 po jemné filtraci, což je významnější parametr než tlakový nárůst a zákal po hrubé filtraci.

### NÁCHYLNOST K CHLADOVÝM ZÁKALŮM

Zákal filtrátu, měřený při laboratorní teplotě, resp. při 25 °C (Z 25 °C), je ukazatel, který vedle mikrobiologické účinnosti charakterizuje kvalitu filtrace. Je užitečné znát také náchylnost filtrovaného piva k chladovému zákalu. Tento údaj získáme ponořením zfiltrovaného piva do ledové lázně na 24 h a změřením zákalu při 0 °C. Filtruje-li se pivo při laboratorní filtraci při stejné teplotě jako v provozu, lze tímto způsobem vyhodnotit, jak některé technologické postupy ovlivňují náchylnost filtrovaného piva k chladovému zákalu.

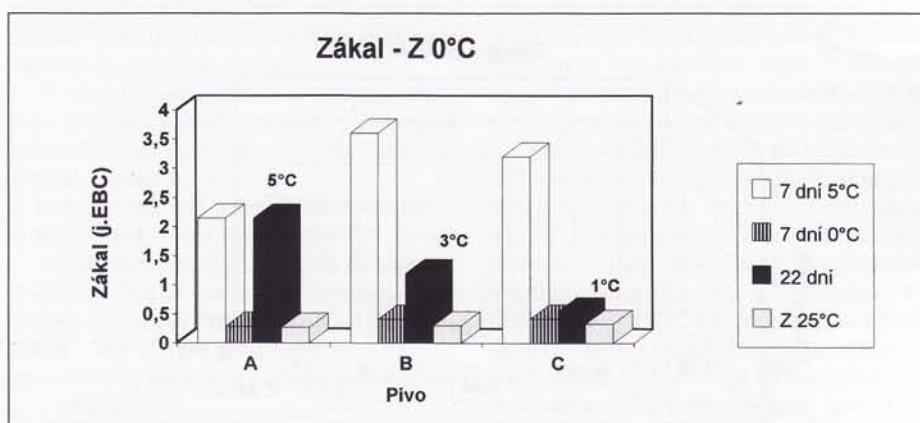
Na obr. 4 jsou znázorněny zákaly 3 piv z různých pivovarů. První 3 sloupce jsou zákaly měřené při 0 °C, poslední sloupec je zákal měřený při 25 °C a vztahuje se k třetímu sloupci. Poměrně vysoký je zákal po 7 dnech

ležení při 5 °C a v této fázi se piva také nejvíce odlišují. Po dalších 7 dnech ležení při 0 °C se Z 0 °C téměř vyrovnává se Z 25 °C, a to u všech piv. Po 22 dnech ležení při teplotě 5 °C u piva A, 3 °C u piva B a 1 °C u piva C se zákal snižuje s klesající teplotou ležení, takže po 22 dnech ležení při 1 °C je zákal Z 0 °C velmi blízký zákalu Z 25 °C. Naproti tomu je Z 0 °C při teplotě ležení 5 °C prakticky stejný jako po 7 dnech ležení při téže teplotě. Je zřejmé, že čím větší je rozdíl mezi Z 0 °C a Z 25 °C, tím je náchylnost k chladovému zákalu větší.

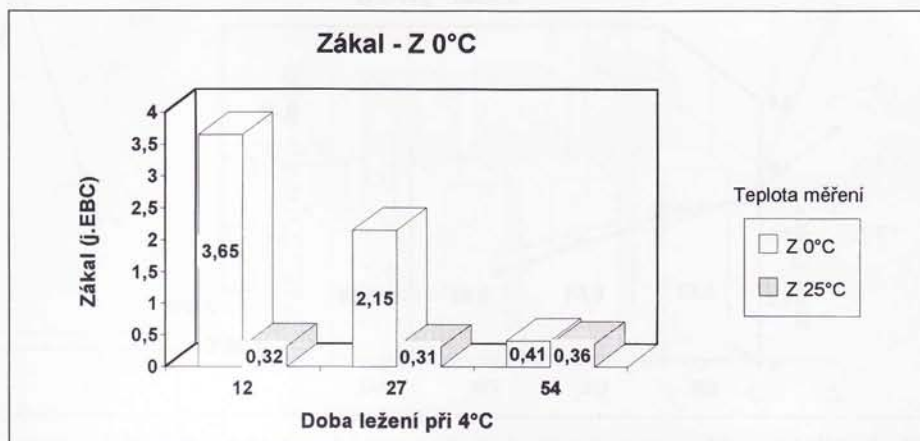
Na obr. 5 je zachycen pokles zákalu Z 0 °C v závislosti na době ležení při teplotě 4 °C. K nejvýraznějšímu poklesu Z 0 °C dochází mezi 27. a 54. dnem ležení, přičemž po 54 dnech ležení se Z 0 °C téměř vyrovnává se Z 25 °C.

### CHARAKTER ZÁKALŮ OVLIVŇUJÍCÍCH FILTROVATELNOST PIVA

Popsané postupy a měření poskytují údaje o filtrovatelnosti piva a lze z nich zjistit, v jakých mezích se může pohybovat čírost piva a tlakový nárůst při křemelinové filtraci a co už je záležitostí filtrovatelnosti piva. Spočívá-li tedy problém obtíží při filtraci piva v jeho filtrovatelnosti, je zřejmé, že do filtrátu procházejí částice, které se nezachytí filtrační vrstvou, tedy částice menší než 2  $\mu\text{m}$ , spíše však menší než 1  $\mu\text{m}$ . Jde o komplexy bílko-

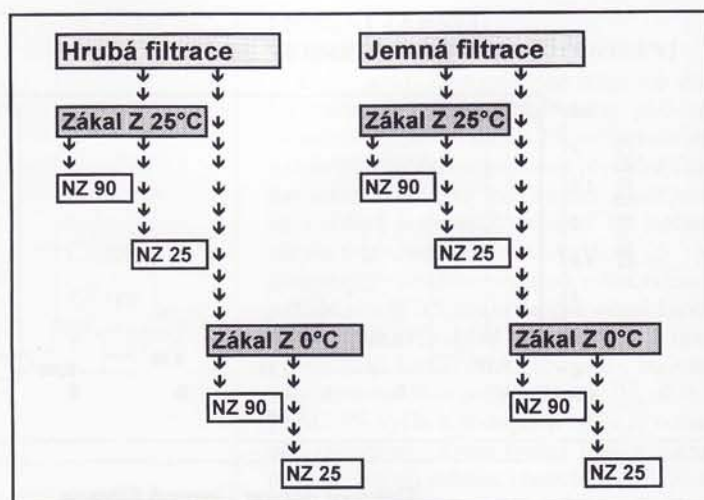
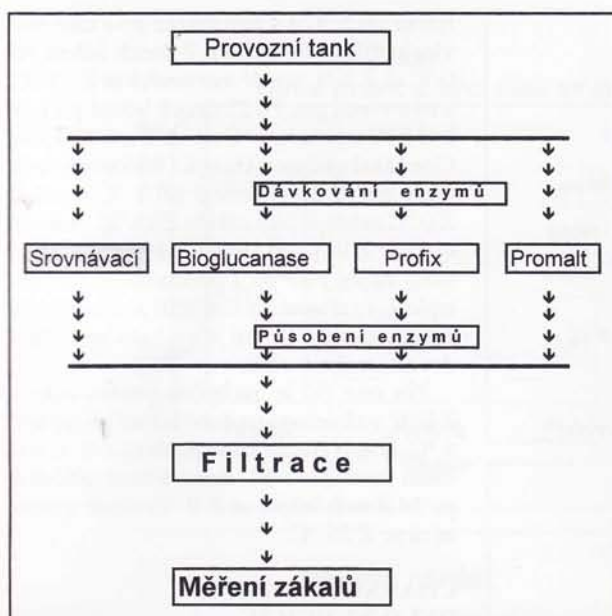


Obr. 4. Náchylnost k chladovému zákalu při různé teplotě dokvašování. Měřeno v úhlu 90 ° (NZ 90), při 0 °C (Z 0 °C), po jemné filtraci. Piva z různých pivovarů.



Obr. 5. Náchylnost piva k chladovému zákalu s různou dobou dokvašování. Měřeno v úhlu 90 ° po jemné filtraci.





Obr. 7. Schéma měření zákalů po hrubé a jemné filtraci při dvou teplotách a dvou úhlech měření.

Obr. 6. Schéma postupu při diferenciaci zákalů ovlivňujících filtrovatelnost piva.

vin, polyfenolů, polysacharidů, případně některých kovů, které se vysrážely ve velmi jemné formě. Zastoupení jednotlivých složek v těchto komplexech může být různé a bezprostřední příčinou zhoršené čirosti může být jedna z převažujících složek. Aplikaci specifických enzymů na nefiltrované pivo a následnou filtraci lze zjistit účinek příslušného enzymu a z toho usoudit na charakter zákalu. Na tomto principu je založen postup, jehož schéma je znázorněno na obr. 6.

Z provozního tanku se odebere pivo do tlakových nádob o objemu 15 až 20 litrů a nadávkuje se enzymy. U uvedeného postupu byly dávkovány enzymy firmy Quest International s  $\beta$ -glukanasovou aktivitou (Bioglucanase), endoproteinasovou aktivitou (Profix) a kombinovaný enzym obsahující  $\beta$ -glukanasu, funkční proteasy a  $\alpha$ -amylasu (Promalt). Enzymy se nechají působit minimálně 7 dnů při 5 °C. Po této době se piva zfiltrují na laboratorním filtru, zjistí se tla-

kový nárůst a změří se zákal. Výsledky se porovnají se srovnávacím pivem bez enzymů.

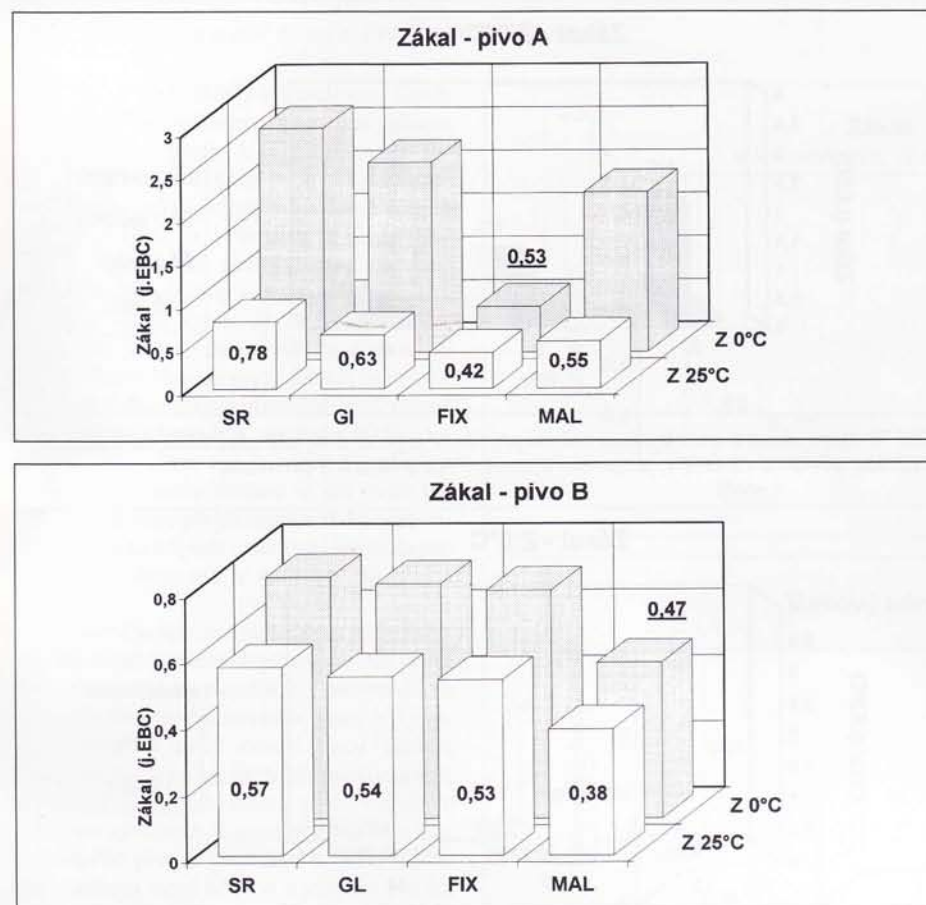
Schéma měření zákalu po hrubé a jemné filtraci na dvouúhlovém nefelometru při teplotě 25 °C a 0 °C je uvedeno na obr. 7. Vzájemné porovnávání údajů umožňuje vyhodnotit filtrovatelnost z různých hledisek, tak jak bylo vpředu naznačeno.

Pro ilustraci jsou na obr. 8 uvedeny dva příklady piv z různých pivovarů. Oba sloupcové grafy se týkají pro jednoduchost pouze zákalů po jemné filtraci měřených v úhlu 90 °. U piva A je vidět, že k nejvýraznější změně oproti srovnávací zkoušce došlo po působení Profixu, tedy enzymu obsahujícího rostlinnou proteinasou. Výrazně se snížila náchylnost k chladovému zákalu (Z 0 °C), a to téměř na úroveň zákalu měřeného při 25 °C (Z 25 °C). Také u zákalu Z 25 °C byl pokles po působení Profixu nejvyšší (0,42 oproti 0,78 j.EBC u piva srovnávacího). Pivo bylo vyrobeno zřejmě z hůře rozluštěného sladu, protože zákal se snížil také po působení Bioglucanasy a komplexního enzymu Promalt. Zvýšený zákal však způsobila především proteinová složka zákalu.

Zcela jiný byl výsledek působení enzymů na pivo B z druhého příkladu. Pokles zákalu nezpůsobil ani Profix ani Bioglucanasa, nýbrž Promalt s  $\alpha$ -amylasovou aktivitou. Na zákalu srovnávacího piva se zřejmě podílely zbytky amylopektinu, jak prokázala jódová zkouška. Po stanovení filtrovatelnosti podle Essera bylo na membrány se zachycenými kalovými částicemi působeno roztokem jódu. Povrch membrán se ve všech případech zbarvil do hněda, kromě membrány, kterou bylo filtrováno pivo po působení Promaltu, který zbytky amylopektinu rozštěpil.

Uvedený postup umožňuje hlubší pohled na problematiku filtrovatelnosti piva s konkrétními údaji pro daný případ. Výsledky poskytují důležitou informaci k praktickému řešení při odstraňování příčin obtížné filtrovatelnosti piva a při rozhodování o vhodných technologických opatřeních.

Předneseno na 28. pivovarsko-sladařském semináři v Plzni



Obr. 8. Zákal po aplikaci enzymů měřený při dvou různých teplotách v úhlu 90 ° po jemné filtraci. Piva z různých pivovarů.

SR – Srovnávací pivo, GL – Bioglucanase, FIX – Profix, MAL – Promalt