

# TURBIDIMETRICKÁ TITRAČNÍ ANALÝZA KLASICKÉ KŘEMELINOVÉ FILTRACE

## TURBIDIMETRIC TITRATION ANALYSES OF CLASSICAL KIESELGUHR FILTRATION

PETR SLADKÝ, MIROSLAV DIENSTBIER, Katedra chemické fyziky a optiky, MFF UK, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

**Klíčová slova:** turbidimetrie, křemelinová filtrace, zákal

**Keywords:** turbidimetry, kieselguhr filtration, haze

### 1 ÚVOD

Křemelinová filtrace stále patří mezi nejpoužívanější technologie čiření a stabilizace piva po kvašení [5-8]. V praxi se hodnocení kvality resp. kvalitativní účinnost křemelinové filtrace posuzuje převážně měřením čirosti resp. zákalu zfiltrovaného piva pomocí zákaloměrů různé konstrukce. Je-li zfiltrované pivo jiskrně čiré, má obvykle tzv. nefelometrický zákal menší než 0,5 j. EBC a dopředný („průhledový“) zákal menší než 0,15 j. EBC v průběhu celého filtračního procesu. Takové pivo se obvykle považuje za kvalitně zfiltrované [11, 12].

Bývá však pozorováno, že i jiskrně čiré pivo, filtrované z jedné kvasné šarže, má na počátku a na konci jednoho, obvykle vícehodinového filtračního cyklu, rozdílnou fyzikálně-chemickou stabilitu [2]. Lze tedy usuzovat, že v průběhu filtrace piva dochází k fyzikálně-chemickým změnám, které zaregistrují až metody diferenciální turbidimetrické analýzy [13] nebo ESR analýzy [14] filtrovaného piva.

Je proto užitečné zkoumat teoreticky i prakticky nové turbidimetrické metody, které by umožnily s minimem pracnosti a času analýzu účinnosti procesu filtrace

piva ve vztahu k trvanlivosti finálně stoučeného produktu. V tomto smyslu se ukazují jako velmi nadějně metody turbidimetrické titrační analýzy, které umožňují rychlé a nenákladné profilování změn složení makromolekulárně-koloidní soustavy filtrovaného piva co se týče molekulárních hmotností a elektrokinetických vlastností, ovlivňujících jeho fyzikální stárnutí (viz např. [10, 11] a práce tam citované).

### 2 MATERIÁL A METODY

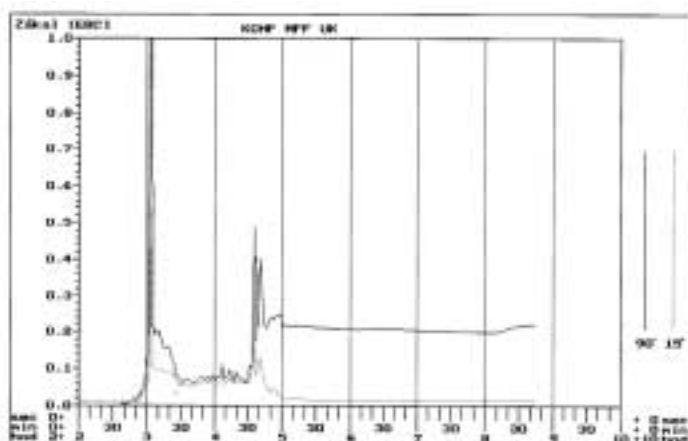
Turbidimetricky bylo analyzováno zfiltrované světlé pivo na výstupu moderního svíčkového křemelinového filtru o výkonu 500 hl/h v závislosti na době filtrace. Pivo bylo vyrobeno z HGB mladiny adjustované na cca deset stupňů Plato. Zákal byl měřen jednak spojitě vysocí přesným plnoprůtokovým provozním zákaloměrem vlastní konstrukce v průběhu celého filtračního pokusu, jednak laboratorním zákaloměrem rovněž vlastní konstrukce [10] při teplotě filtrace piva 1 až 2 °C ve vzorcích odebíraných do korunkami uzavřených lahví NRW v intervalu 20 min pro turbidimetrickou titrační analýzu. V průběhu filtrace bylo

odebráno celkem 10 vzorků (0 až 9). Odběr byl zahájen v 05.10 h tj. cca 10 min po zahájení filtrace piva.

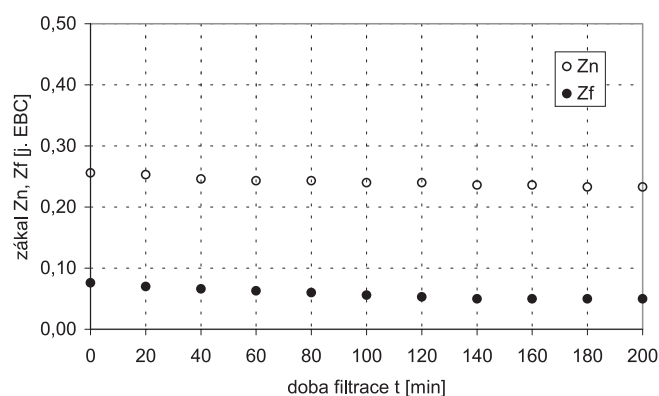
Vzorky byly analyzovány nefelometrickými metodami dle Chapona [3, 4] v turbidimetrických titračních modifikacích dle Sladkého a Dienstbiera [10-12]. Celkové polyfenoly a anthokyanogeny byly stanoveny dle Analytiky EBC [1]. Pro analýzy byly použity chemikálie MERCK a SIGMA-ALDRICH, ethanol 96,5% rafinovaný, jemný (lihovar Chrudim), voda stupně čistoty pro chromatografii, PVP-K 90 (ISP). Pro tepelné šokování piva byly použity termostaty vlastní konstrukce.

### 3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUSE

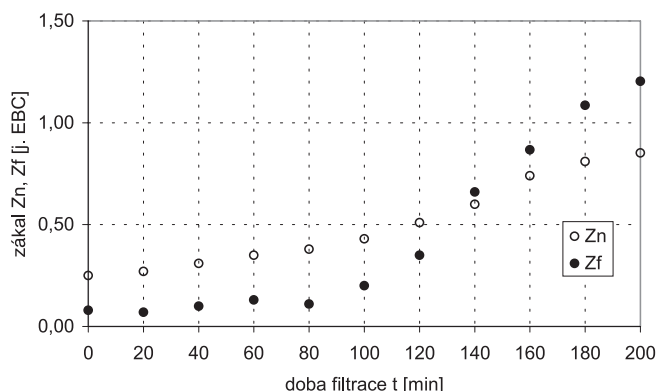
Je-li dobře filtrovatelné pivo optimálně a bezporuchově filtrováno křemelinovým filtrem, např. svíčkovým filtrem moderní konstrukce [8], je jeho zákal na výstupu z filtru téměř konstantní resp. mírně klesá v pásmu několika setin j.EBC, jak ukazují výsledky in-line provozního měření na obr. 1. Stejný průběh zákalů vykázaly i vzorky filtrátu stáčené s minimem přístupu vzduchu postupně do lahví v průběhu filtrace



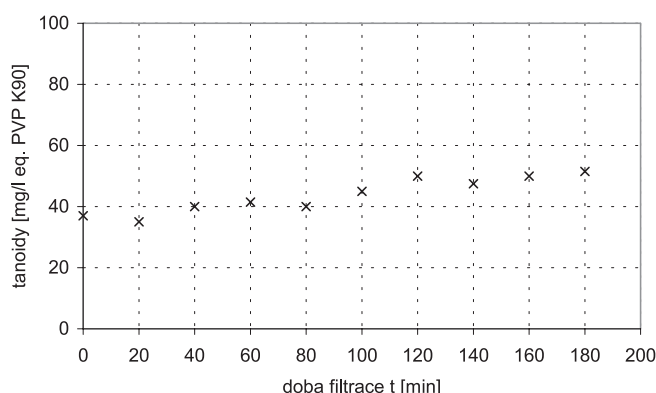
Obr. 1 Změny zákalů v průběhu křemelinové naplavovací filtrace, měřené ve dvou úhlech rozptylu světla plnoprůtokovým zákaloměrem dle Sladkého a Dienstbiera na výstupu z moderního svíčkového filtru. Ze záznamu je dobře patrna fáze naplavování filtru (a) hrubou křemelinou v době od 03.00 do 04.30, (b) jemnou křemelinou v době od 04.30 do 05.00 a (c) zahájení procesu vlastní filtrace piva v době od 05.00. V době cca 05.10 bylo zahájeno i stáčení vzorků filtrátu do lahví v dvacetiminutových intervalech.



Obr. 2 Změny zákalů lahvových vzorků zfiltrovaného piva, odebraných za filtrem v závislosti na době filtrace, naměřené laboratorním zákaloměrem dle Dienstbiera a Sladkého ve stejném optickém uspořádání a při teplotě filtrace. Bylo měřeno krátce po ustavení tlakové rovnováhy v uzavřené lahvi a zklidnění výronu bublin oxidu uhličitého. Naměřené hodnoty zákalů velmi dobře korelují s výsledky měření provozním zákaloměrem a ukazují, že v průběhu bezporuchové křemelinové filtrace dobře filtrovatelného piva dochází pouze k malým, převážně klesajícím, změnám hodnot zákalů v intervalu několika setin jednotek EBC v obou úhlech měření rozptylu světla. Jak je z bodů na grafech patrné, dobře filtrovatelná piva mají na výstupu z křemelinového filtru hodnoty nefelometrického zákalu Zn do 0,5 j. EBC a tzv. dopředného zákalu Zf do 0,15 j. EBC v závislosti na jejich konkrétním složení.



Obr. 3 Změny chladového zákalu vzorků zfiltrovaného piva 0 °C/24 h po teplém šoku 40 °C/48 h v závislosti na době filtrace. Rostoucí hodnoty chladových zákalů ve vzorcích ukazují na pokles koloidní stability piva s rostoucí dobou filtrace. Zn - nefelometrický zákal, Zf - dopředný zákal.



Obr. 4 Růst obsahu tanoidů ve zfiltrovaném pivu v závislosti na době křemelinové filtrace. Pozorovaný nárůst tanoidů ve vzorcích na konci filtrace činil více než 20 %.

a měřené laboratorním zákaloměrem ve stejném optickém uspořádání [10] při teplotě filtrace (obr. 2).

Z uvedených poznatků se obvykle usuzuje na dobrý a rovnoměrný průběh křemelinové filtrace. Jestliže se však po čase hodnotily chladové zákalové resp. koloidní stabilita vzorků piva takto stabilizovaného pouze křemelinovou filtrací v závislosti na době filtrace, bylo pozorováno, že s rostoucí dobou filtrace přirozená koloidní stabilita filtrátu poměrně výrazně klesá. To je patrné z výsledků měření chladových zákalů 0 °C/24 h po tepelném šoku 40 °C/48 h na obr. 3.

Naopak, dalo by se předpokládat, jak tomu v praxi někdy bez komplexní rozvahy bývá, že čím menší bude výchozí koloidní zákal filtrátu, tím bude i jeho koloidní trvanlivost větší. Tomu by nasvědčovaly i výsledky měření obsahu proteinových komplexů vysrážených síranem amonným ve filtrovaném pivu. Ty však korelovaly v závislosti na době filtrace s naměřenými změnami zákalu a potvrdily, že tyto komplexy mají menší vliv na pozorovaný pokles koloidní stability (není ukázáno).

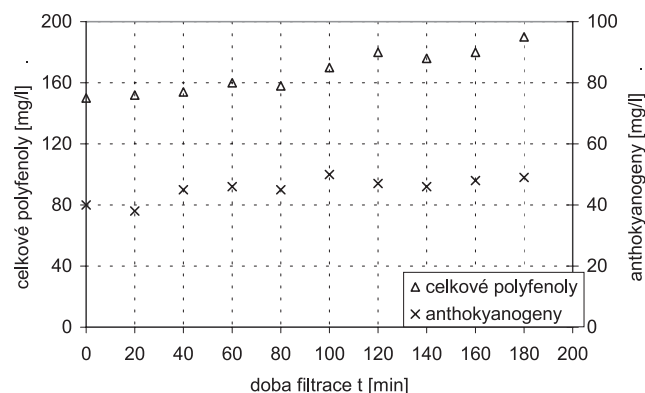
Uvedené zdánlivě rozporuplné poznatky lze objasnit skutečností, že v prů-

běhu křemelinové filtrace piva docházelo ve filtrační vrstvě s největší pravděpodobností především k vymývání celého spektra polyfenolických složek extraktu, případně i jejich rozpustných komplexů s bílkovinami (obr. 4 a 5) a naopak, spolu s křemelinou a kvasnicemi, k zadržování vysokomolekulárních trvale i přechodně nerozpustných proteinových komplexů (obr. 1, 2), a to v závislosti jak na molekulární hmotnosti, tak i velikosti náboje. Jak je patrné z grafů na obr. 1 resp. 2, reaguje zákaloměr přímo především na odstranění větších nerozpustných částic a komplexů, zatímco nízkomolekulární a středně molekulární komplexy lze detegovat s podstatně větším rozlišením teprve po „zesílení“ selektivně zvoleným titračním sražením v podobě specifických testů a analýz [3, 13].

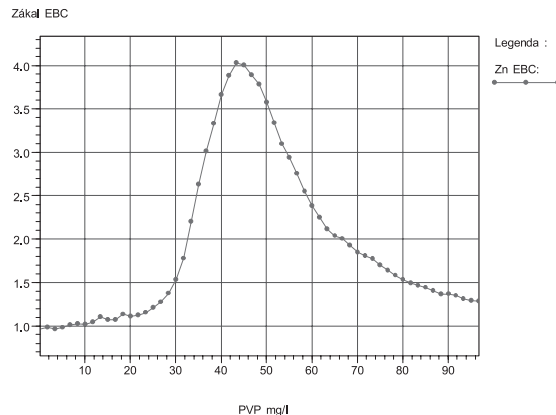
Jinými slovy, křemelinový filtr se chová vůči pivu jako velmi složitá, hmotnostně (velikostně) i iontově selektivní chromatografická kolona. Co je navíc důležité, vlastnosti takové kolony se v průběhu filtrace mění. Roste totiž vrstva filtrující směsi křemelinu, zachycených kvasnic a protein-polyfenolových komplexů, přičemž převažuje přírůstek

proteinů v částečně rozpustných protein-polyfenolových komplexech. Tento přírůstek proteinů ve filtrační vrstvě mění stechiometrii jejich vazby k polyfenolům, a ty se pak pravděpodobně vymývají v průběhu filtrace zpět do filtrátu z vrstev bližších k filtrační přepážce. Těto myšlenky nasvědčují i typický průběh tzv. Chaponova PVP testu tanoidů piva, jak ukazují výsledky měření na obr. 6. Jestliže množství titrantu v podobě vodného roztoku PVP coby analogu zákalotvorných proteinů [9] překročí hodnotu jistého titračního PVP ekvivalentu (viz maximum zákalu na obr. 6), dochází k opětovnému vzrůstu rozpustnosti vysrážených komplexů, provázené poklesem jimi vyvolaného zákalu.

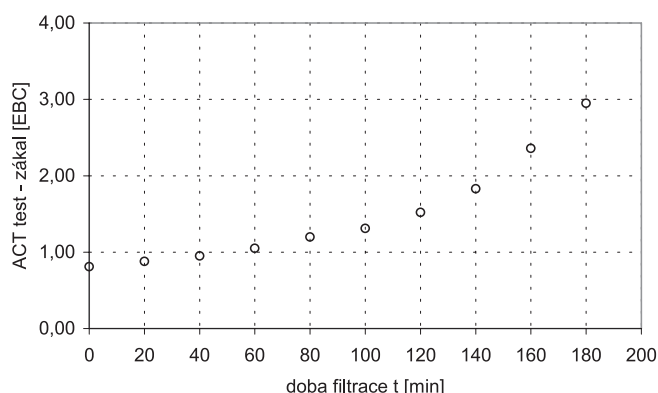
Uvedený proces se děje pravděpodobně i na povrchu kvasnic, na kterém jsou polyfenolické komplexy do určité míry rovněž adsorbovány. Pivo dočasně ochuzené o kvazirozpustné protein-polyfenolové komplexy ve vzdálenějších vrstvách od svíčky se na své cestě směrem k povrchu svíčky opět o tyto komplexy obohacuje zpětným rozpouštěním resp. vymýváním nízkomolekulárních složek obsažených v již dříve odfiltrovaných kalech.



Obr. 5 Zvyšování obsahu anthokyanogenů a celkových polyfenolů ve filtrovaném pivu v závislosti na době filtrace. Pozorovaný přírůstek u vzorků na počátku a konci studované filtrace činil cca 10 resp. 20 %.



Obr. 6 Typický průběh titrační charakteristiky Chaponova testu tanoidů vodným roztokem PVP – K 90 vzorku zfiltrovaného piva. Po dosažení hodnoty tzv. precipitačního ekvivalentu v maximu zákalu (v daném případě 42 mg PVP/l) dochází s dalším přidáváním roztoku PVP v soustavě opět k poklesu zákalu a tedy rozpouštění sraženiny.



Obr. 7 Závislost chlazeného zákálu vzorků zfiltrovaného piva, vyvolaného přidávkou ethanolu (tzv. Chaponův alkoholový test), na době filtrace. Výsledky tohoto testu dobře koreluji s výsledky zkoušek koloidní stability tepelným šokem, avšak přinášejí informaci o koloidní stabilitě podstatně rychleji. Čas potřebný k získání jednoho informačního bodu na ukázaném grafu od nabrání vzorku po vyhodnocení je roven cca 15 min oproti času potřebnému k získání jednoho bodu informace na obr. 3, který činil 72 hodin.

Při všech složitých procesech, které probíhají ve filtrační vrstvě v průběhu křemelinové filtrace, hraje přirozeně významnou roli nejen tlak a teplota, ale též výchozí složení, reologické vlastnosti a pH nefiltrovaného piva. V neposlední řadě to jsou i oxidační procesy, podstatně ovlivněné jak vlastní filtrační technologií, tak složením použité křemelinové směsi a zvláště pak obsahem železa, případně dalších katalytických kovových iontů ve filtrační disperzi.

Vzhledem k tomu, že bezporuchová křemelinová filtrace jedné šarže nefiltrovaného piva např. z jednoho CKT trvá obvykle několik hodin, je třeba, aby zvolené metody turbidimetrické titrační analýzy trvaly maximálně několik desítek minut. Takovýto požadavek splňují tzv. impulsní titrace, při kterých se měří rychlost a výška turbidimetrické, případně i pH odezvy na jednorázovou dávku titrantu s vysokým rozlišením [11]. Postupuje se obvykle tak, že v průběhu filtrace odebrané vzorky filtrátu se přesně titrují stejným, tzv. nadprahovým objemem analyticky zvoleného titračního činidla, např. PVP nebo taninu atp. Celkovou náchylnost zfiltrovaného piva ke koloidní nestabilitě lze pak profilovat v průběhu filtrace alkoholovým testem na chlazený zákal (obr. 7), popsáném rovněž v práci [11].

#### 4 ZÁVĚR

Popsanými metodami turbidimetrické titrační analýzy lze nenákladně a rychle sledovat kvalitu průběhu filtračního procesu. Jedná se zvláště o včasnou diagnostiku skrytých poruch křemelinové filtrace, které mohou vést k případné ztrátě přirozené antioxidační kapacity světlých piv tradičního protein-polyfenolového složení, a to mnohem levnějšími a rychlejšími postupy než pomocí mi-

mořadně nákladné techniky EPR [14].

Profilování rovnoměrnosti koloidních vlastností filtrovaného piva v průběhu křemelinové filtrace rychlými metodami turbidimetrické analýzy má zásadní význam pro optimalizaci předcházejících či navazujících stabilizačních technologií včetně aplikací antioxidantů. Zvláště při použití technologie stabilizace piva pomocí PVPP po křemelinové filtraci dochází ke konkurenčním procesům. Zatímco v průběhu křemelinové filtrace množství polyfenolů ve filtrátu roste, adsorpční schopnost PVPP ve stabilizačním filtru s časem klesá. To má za následek nevyrovnanost stabilizačního procesu a riziko stočení nedostatečně stabilizovaného piva. Uvedená skutečnost se obvykle projevuje tvorbou velkých chlazených zákalů již několik měsíců po datu stočení, což je zvláště nepříjemné u exportních piv, stabilizovaných dle etikety na dvanaříměsíční fyzikální trvanlivost.

#### Literatura

- [1] Analytica – EBC: Brauerei und Getränke – Rundschau. Verlag. Hans Carl, 1997.
- [2] Briem, F., Geiger, E.: Development of colloidal stability during beer filtration. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **36**, 1999, s. 211-213.
- [3] Chapon, L.: Nephelometry as a method for studying the relation between polyphenols and proteins. J. Inst. Brew. **99**, 1993, s. 49-56.
- [4] Chapon, L.: The mechanics of beer stabilisation. Brewer's Guardian **10** (12), 1994, s. 46-50.
- [5] Hlaváček, F., Lhotský, A.: Pivovarství, SNTL Praha, 1972.
- [6] Hough, J. S.: The biotechnology of malting and brewing. Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
- [7] Kahler, M., Voborský, J.: Filtrace piva, SNTL, Praha, 1981.
- [8] Kunze, W.: Technologie Brauer und Malzer, VLB, Berlin, 1998.
- [9] McFarlane, W. D., Wye E., Grant, H. L.: Studies on the flavonoid compounds in beer, Proc. of the 7th EBC Congress, Baden-Baden, 1955, s. 298-309.
- [10] Sladký, P., Dienstbier, M.: Modulární turbidimetr pro praktickou výuku v pivovarství a nápojovém průmyslu. Kvasny Prum. **46**, 2000, s. 280-280, 321-324.
- [11] Sladký, P., Dienstbier, M.: Zlepšené postupy měření zákalů pro komplexní sledování koloidní stability piva pomocí dvouúhlového turbidimetrického a titračního systému DATTS. Kvasny Prum. **47**, 2001, s. 122-126, 195-200.
- [12] Sladký, P., Císařová, H., Dienstbier, M., Gabriel, P.: Vývoj koloidních zákalů svět-

lého ležáku během stárnutí. Kvasny Prum. **47**, 2001, s. 322-327.

- [13] Sladký, P., Císařová, H., Dienstbier, M., Gabriel, P.: Přímá analýza makromolekulárních komplexů piva novou metodou diferenciální nefelometrické titrace. Kvasny Prum. **48**, 2002 s. 267-273.
- [14] Uchida, M., Ono, M.: Technological approach to improve beer flavor stability: Analysis of the effect of brewing processes on beer flavor stability by the electron spin resonance method. J. Am. Soc. Brew. Chem. **58**(1), 2000, s. 8-13.

Lektoroval Ing. Jiří Šrogl  
Do redakce došlo 21.3.2003

**Sladký, P. – Dienstbier, M.: Turbidimetrická titrační analýza klasické křemelinové filtrace.** Kvasny Prum. **49**, 2003, č. 7–8, s. 188–191.

V průběhu klasické naplavovací křemelinové filtrace byly měřeny ve dvou úhlech rozptylu světla zákal filtrovaného piva, a to jak průtokově, tak i na výstupu z filtru. Přesto, že hodnoty zákalů naměřené na začátku a na konci filtrace se příliš nelišily resp. mírně klesaly, metodou tepelného šokování bylo pozorováno výrazné zhoršení koloidní stability piva na konci filtrace oproti pivu vytékajícímu z filtru na začátku procesu.

Rychlou a nenákladnou metodou turbidimetrické analýzy na principu Chaponových testů na tanoidy a alkoholový chlazený zákal bylo shledáno, že ve filtrátu přibývá v průběhu filtrace tanoidů. S rostoucí dobou filtrace byl pozorován ve filtrátu i růst množství anthokyanogenů a celkových polyfenolů.

Pozorované vymývání celého spektra komplexů bohatých na polyfenoly, zadržených již dříve ve vrstvě blíže u filtrační přepážky, do filtrátu, je pravděpodobně komplexní chromatografický proces iontově-výmenného i velikostně-filtračního resp. vylučovacího charakteru. S dobou filtrace klesá pravděpodobně i rozpustnost protein-polyfenolových komplexů již zadržených ve filtrační vrstvě s přibývajícím množstvím dalších komplexů, převážně obsahujících proteiny, v důsledku čehož dochází ke změně srážecího resp. rozpouštěcího poměru mezi nimi a polyfenoly.

**Sladký, P. – Dienstbier, M.: Turbidimetrické titrační analýzy klasické křemelinové filtrace.** Kvasny Prum. **49**, 2003, No. 7-8, p. 188–191.

Turbidity of pale beer was measured in two angles of scattered light during the conventional kieselguhr filtration and further analysed using developed rapid turbidimetric titration methods. Although the turbidity of the filtrate decreased during the filtration process, the colloidal instability of the filtrate markedly increased as it was revealed by alcohol chill haze test and confirmed by thermal forcing method.

Turbidimetric PVP titration of the filtrated beer indicated growth of the Chapon's tanoids with the filtration time. Also an increase of anthocyanogenes and total polyphenols, measured for the control as a function of time of the filtration, was observed.

The effect was qualitatively explained by elution of wide spectrum of polyphenolic complexes from kieselguhr/retained particles layer adjacent to the filter candle back to filtrate.



The elution of polyphenols from the growing filtration cake with time is probably very complex chromatographic process of both ion-exchange and size-exclusion type. The findings are important for the effective control of beer stabilization process, particularly in the case of the regenerable PVPP technology.

**Sladký, P. – Dienstbier, M.: Turbidimetrická Titrationsanalyse der klassischen Kieselgurfiltration.** Kvasny Prum. 49, 2003, Nr. 7–8, S 188–191.

Im Verlauf der klassischen Anschwemm-Gurfiltration wurden in zwei Lichtstreuungswinkeln die Trübungen des filtrierten Bieres gemessen, wobei die Probenahme im Durchfluss und an dem Austritt aus dem Filter erfolgte. Obwohl die am Anfang und am Ende gemessene Trübungswerte nicht markanter differenziert waren bzw. eine mässig sinkende Tendenz zeigten, konnte bei Applikation des thermischen Shockierens eine markante Verschlechterung der kolloidalen Stabilität des Bieres am Ende der Filtration im Vergleich mit dem Bier beobachtet werden, das am Anfang der Filtration den Filter verliess.

Mittels der schnellen und billigen Methode der turbidimetrischen Analyse auf dem Prinzip von Chapons Testen auf Tannoide und auf die alkoholische Kältetrübung wurde festgestellt, dass im Verlauf der Filtration im Filtrat die Tannoide zunehmen. Wie die weiteren

Kontrollmessungen zeigten, wurde mit der wachsenden Filtrationsdauer im Filtrat auch die Zunahme der Anthocyanogene und der gesamten Polyphenole festgestellt.

Das beobachtete Auswaschen des gesamten Spektrums der polyphenolhaltigen Komplexe, die bereits früher in der Filtrationschicht näher zur Unterlage aufgehalten wurden, in das Substrat stellt wahrscheinlich einen komplexen chromatographischen Prozess von einem Ionen-Austausch- und Filtrationsgrösse- bzw. Ausscheidungscharakter dar. Mit der Filtrationsdauer sinkt wahrscheinlich auch die Löslichkeit der Protein-Phenolkomplexe, die in der Filtrationschicht bereits aufgehalten werden mit der zunehmenden Mengs weiterer, überwiegend proteinhaltiger Komplexe, wodurch eine Ausbalancierung des Ausfällungs- bzw. Löslichkeitsverhältnisses zwischen ihnen und den Polyphenolen zustande kommt.

**Сладкий, П. – Диемстбиер, М.: Турбидиметрический титриметрический анализ классического фильтрования кизельгуром.** Kvasny Prum. 49, 2003, No. 7–8, стр. 188–191.

В течение классической намывной фильтрации кизельгуром были измерены в двух углах рассеяния света мути фильтрованного пива методом in-line и отбором проб на выходе фильтрующего устройства. Хотя величины мути, измеренные на входе и на выходе процесса фильтрования,

слишком не отличались, или незначительно понижались, наблюдалось значительное ухудшение коллоидной стабильности пива методом температурного шока в конце фильтрования по сравнению с пивом поступающим из фильтра в начале процесса.

При помощи быстродействующего недорогого метода турбидиметрического анализа на принципе тестов на содержание таннидов по Хапону (Chapon) и алкобольных помутнений при низких температурах было установлено, что содержание таннидов в течение фильтрования во фильтрате повышается. По результатам контрольного измерения с нарастающим временем продолжения фильтрования было установлено, что количество антоцианогенов и суммарных полифенолов повышается.

Наблюдаемое отмучивание целого спектра комплексов богатых полифенолами, задерживаемыми раньше во фильтрате во слое ближе фильтрующей перегородки, правдеподобно является комплексным хроматографическим процессом, характеризующим обменом ионами, размером фильтруемых частиц, или их выделением.

С временем фильтрования правдеподобно понижается также растворимость протеин-полифеноловых комплексов уже задерживаемых в фильтрующем слое с нарастающим количеством дальнейших комплексов, в большинстве содержащих протеины, в результате которых происходит изменение осаждающего, или растворяющего отношения между ними и полифенолами.

## ZÁKLADNÍ PRINCIPY ŠLECHTĚNÍ SLADOVNICKÉHO JEČMENE (2. ČÁST)

### BASIC PRINCIPLES OF MALTING BARLEY BREEDING (PART 2)

IVAN LANGER, SELGEN, a. s., Šlechtitelská stanice Stupice, 250 84 Sibirna

**Klíčová slova:** ječmen, šlechtění, kvalita

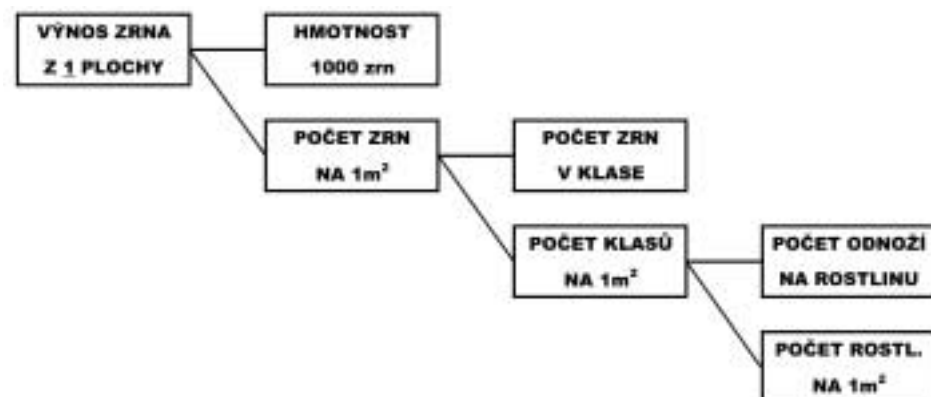
**Keywords:** barley, breeding, quality

#### STRATEGIE A METODY VÝBĚRU NA JEDNOTLIVÉ ZNAKY

V rámci použité metody šlechtění je nutno zvolit správnou strategii výběru na jednotlivé požadované znaky. Přitom se musí přihlížet jednak ke genetickému založení toho kterého znaku, jednak k technické a ekonomické náročnosti výběru na tento znak. Na jednoduše geneticky založené znaky lze vybírat v ra-

nějších generacích a výběr je možný mezi jednotlivými rostlinami nebo mezi potomstvy rostlin na malých parcelkách. Sem bychom mohli zařadit např. znaky ranost, délka rostliny nebo odolnost proti některým chorobám. Naproti tomu výběr na polygenně založené znaky, u kterých dochází k silné interakci s prostředím, musí být prováděn na větších parcelkách v přesných pokusech s několika opakováními, v různých lokalitách a v průběhu

několika let. K takovým znakům patří především výnos, ale i např. komplex sladovnické jakosti. Výsledky výzkumu z řady oborů (genetika, biochemie, fyziologie aj.) přinášejí stále nové metody testování nejrůznějších charakteristik ječmene, některé jsou však finančně i pracovně velmi náročné, a jejich případné využití proto musí mít své opodstatnění v očekávaném přínosu k vyšlechtění nových odrůd.



Obr. 8 Struktura výnosu zrna

#### VÝNOS ZRNA

Výnosový potenciál je značně komplexní znak determinovaný velkým počtem genů a jeho realizace je závislá na mnoha jiných vlastnostech (odolnost proti poléhání, odolnost proti chorobám atd.) a na podmínkách prostředí (silná interakce genotypu s prostředím) [17, 18].

Výnos zrna z jednotky plochy můžeme rozložit na jednotlivé složky výnosu (obr. 8). Výnos je dán hmotností tisíce zrn a počtem zrn na 1 m<sup>2</sup>, který je výslednicí počtu zrn v klase, a počtem klasů na 1 m<sup>2</sup> (ten můžeme posléze vy-