

Z výzkumu a praxe

STANDARDNOST A STABILITA PIVOVARSKÝCH PROCESŮ

Doc. ing. JAN ŠAVEL, CSc., Budějovický Budvar, n. p., České Budějovice

Klíčová slova: pivo, standardnost, stabilita, pивovarské procesy

1. PIVOVARSKÝ PRŮMYSL A JAKOST

Proces koncentrace pивovarské výroby neustále pokračuje. Rostoucí konkurence nutí hledat další možnosti a aktivity, kterými lze přimět odběratele, aby zvolil výrobek dodavatele na úkor ostatních výrobců.

Výjimkou není ani ČR, kde neustále vzrůstá podíl velkých pивovarů v celkové produkci. Podíl deseti velkých pивovarů z celkového výstavu v ČR se proti roku 1993 zvýšil z 45 % na 55 % v roce 1995. Přehled výstavu osmi velkých českých pивovarů v uplynulých pěti letech znázorňuje obr. 1.

Kromě toho se růst výstavu soustřeďuje ve velkých společnostech, které získávají další odbytové možnosti nákupem menších pивovarů. Průmyslové podniky se často rozhodují, zda je vhodná orientace na rostoucí produkci, nebo na maximální zisk, spojený s nejvyšší kvalitou. V tomto ohledu je nejvýhodnější splnění obou požadavků.

Maximální tlak se přitom vyvíjí na skupinu středních a malých pивovarů, které se

mohou uplatnit vysokou kvalitou výrobků a služeb.

Jakost výrobků a služeb se obvykle definuje jako souhrn užitečných vlastností, uspokojujících zákazníka v současnosti i v budoucnosti.

Naše definice jakosti zdůrazňuje schopnost přimět odběratele k rostoucímu odběru našeho výrobku. Je zřejmé, že aktivity, působící na odběratele, mohou mít různou podobu. Jejich souhrn tvoří základ tzv. skutečných charakteristik jakosti, zatímco jejich vyjádření ve tvaru kritérií, použitelných k řízení výroby, se označuje jako náhradní parametry jakosti, tzv. technické specifikace.

Jak se ukázalo, nezaručuje splnění technických specifikací beze zbytku vysokou celkovou jakost, ale významně k tomu přispívá.

Se špičkovou jakostí piva se obvykle spojují zejména jeho chuť a vůně, které ovšem nejsou zcela objektivně měřitelné. Kromě toho je zřejmé, že vlastnosti piva se mohou

v různých oblastech zeměkoule výrazně lišit, a přesto splňují skutečné charakteristiky jakosti. Ostatně i při posuzování pív z jiných pивovarů degustátoři i při anonymní degustaci obvykle hodnotí vlastní piva jako nejlepší.

2. STANDARDNOST VÝROBY A STATISTICKÉ NÁSTROJE

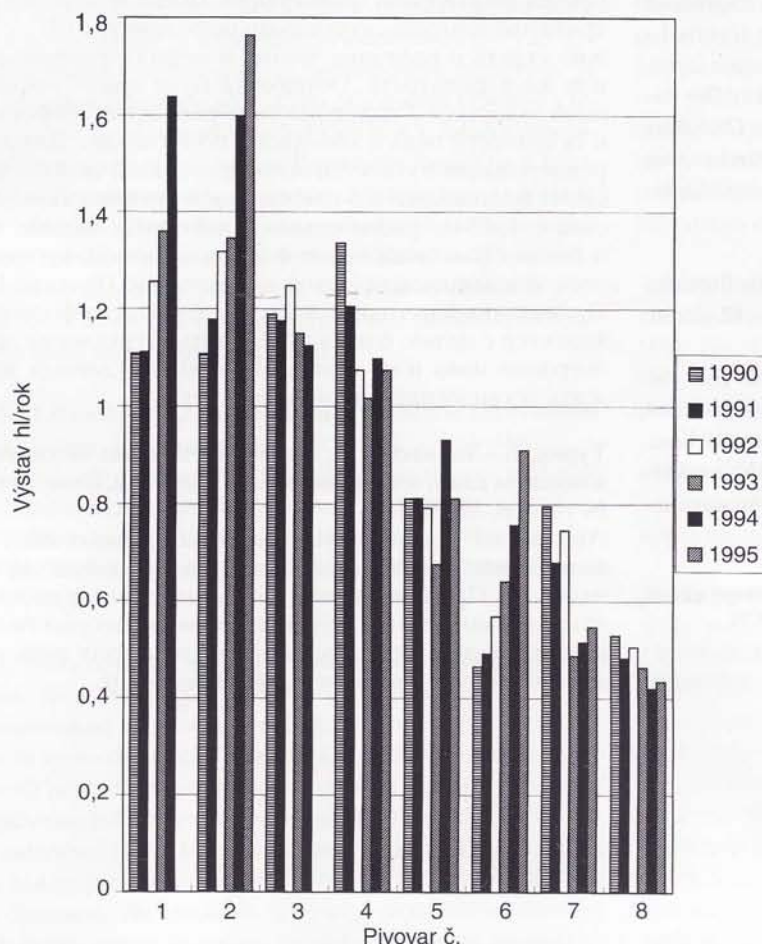
Skutečné i náhradní charakteristiky úspěšných výrobků se mohou lišit. Aby se náhradní charakteristiky mohly využít k řízení výroby, je nutné zvolit optimální parametry výrobku i procesu v technických specifikacích a zajišťovat obecné, systémové požadavky kladené na výrobce. Těmito požadavky jsou standardnost surovin, pomocných materiálů i procesů a z nich vyplývající standardnost výrobku. Suroviny a pomocné materiály, jako jsou např. filtrační a stabilizační prostředky, lze považovat za výrobky dodavatele.

Standardnost je v úzkém vztahu se zachováním hodnot technických specifikací během výrobního procesu a má statistickou povahu. Jejimi základními prvky jsou měřitelný znak, jeho statistické rozdělení a příslušná vyhodnocovací kritéria. Statistické metody při zajišťování jakosti rovněž předepisují ISO normy řady 9000.

V obecných monografiích jakosti se obvykle uvádí funkce, umožňující výpočet souhrnného ukazatele jakosti. Tato funkce přiřazuje jednotlivým znakům příslušné váhy a při zvolených mezích jednotlivých znaků hodnotí znaky nulou v případě nevyhovující, nebo jedničkou při vyhovující jakosti. Často se k tomuto účelu používá vážený geometrický průměr, který zaručuje výslednou hodnotu nula při výskytu jediného nevyhovujícího znaku. V ostatních případech se jakost pohybuje mezi 0 až 1, popř. mezi 0 až 100 %.

V minulých letech jsme získali mnoho poznatků se statistickým hodnocením výrobků i procesů v pивovarském průmyslu. Výpočetní metody používaly důležité nástroje, obvykle doporučené v souvislosti s ISO normami řady 9000, včetně regulačních karet, histogramů, korelačních diagramů apod. [1]. Za nejdůležitější z nich považujeme znázornění změn histogramu ve volitelných časových údobích.

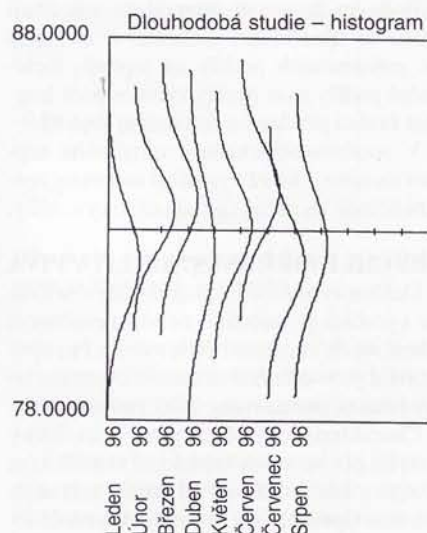
Obrázek 2 ukazuje vývoj rozdělení zdánlivého prokvašení v jednotlivých měsících roku 1996. Při poměrně vyrovnaných středních hodnotách znaku se výrazně neměnily ani rozptyly těchto hodnot, zatímco po kratších časových údobích lze rozlišovat vý-



Obr. 1 Výstav velkých pивovarů v ČR 1990–1995

Obr. 2 Změny rozdělení zdánlivého prokvašení v čase

| SLEDOVÁNÍ JAKOSTI VÝROBY | | | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------|
| TREND HISTOGRAM | | | |
| Název procesu: | EXPORT | Počet vzorků v odběru: | 2 |
| Proces: | STOČENÉ LAHVOVÉ PIVO | Rozsah vzorků: | 1–200 |
| Typ: | PŮV. EX, PROKVAS., BARVA | Počet vzorků celkem: | 200 |
| Kóta: | 0008 PROKVAS. ZDNL | Jednotky: | % |
| HMez: | 88. 0000 | Stroj: | |
| OMez: | 78. 0000 | Operace: | |
| Jm. hodnota: | 83. 0000 | | |



| | Xq | SDn |
|--------------|---------|--------|
| Leden 96 | 82.1466 | 1.3675 |
| Únor 96 | 83.5080 | 1.0870 |
| Březen 96 | 83.7963 | 1.2331 |
| Duben 96 | 82.4504 | 1.7085 |
| Květen 96 | 83.1183 | 1.2074 |
| Červen 96 | 84.0207 | 1.1785 |
| Červenec 96 | 82.1346 | 1.2260 |
| Srpen 96 | 82.5750 | 1.4019 |
| Stř. hodnota | 82.9687 | 1.3013 |

| | | | |
|---|---------|--------------------|--------|
| Xq: | 82.9687 | S: | 1.3013 |
| Xq (+ -) 3 SDn; Typ regulace: oboustranná | | (C) TREE TRIPI 1.1 | |

razné kolísání rozptýlů znaků. Podrobnější analýza po kratších časových údobích v kombinaci s ostatními nástroji může odhalit příčinu těchto rozdílů.

Při používání modelů, založených na normálním rozdělení jednotlivých znaků, se obvykle předpokládá působení mnoha relativně malých vlivů při zachování komplexu stálých podmínek pokusu. Tyto podmínky se ovšem mohou během pokusu měnit a také tvar rozdělení není vždy symetrický.

Sledování základních znaků, používaných v pivovarské výrobě, prokázalo u některých z nich symetrická rozdělení, např. u původního extraktu, alkoholu, barvy i pH. Naproti tomu existují netypická, asymetrická, nebo levostranně useknutá rozdělení, která se vyskytují např. u pasteračních jednotek, někdy u obsahu vzduchu v hrdle lahvi, nebo rozpuštěného kyslíku v pivu. Rozdělení s více vrcholy jsme zaznamenali při změně technologického postupu nebo podmínek kontraktu s odběratelem.

Plochá rozdělení jsou důsledkem součtu normálních rozdělení s konstantním rozptylem a lineárně rostoucí střední hodnotou. V každém případě je nutné sledovat histogramy znaků a uvažovat o jejich fyzikální interpretaci. Tyto studie mohou přinést nové podněty pro zlepšení průběhu procesů.

U některých znaků nelze rozdělení znázornit pro nedostupnost všech hodnot, neboť některé vzorky se vyřazují ještě před dokončením analýz, např. u trvanlivosti. Při

hodnocení naměřených výsledků je nutné rozlišovat soubory základních dat, obsahující systematické chyby, způsobené selháním obsluhy nebo zařízení. Při prvotním zpracování se tato data zahrnují do histogramu a k hodnocení jakosti se používají procentické podíly, překračující horní, dolní, popř. obě regulační meze.

Po vyloučení odlehlých hodnot je možné odhadnout chování procesu, způsobené pouze náhodnými vlivy a pro hodnocení používat koeficienty c_p , c_{pk} a podíly p_{ch} a p_{ed} , překračující zvolené meze.

Je zajímavé, že ačkoliv zvolené regulační meze vycházejí z představ pivovarských odborníků a technologů o vlivu jednotlivých znaků na odběratele, nedaří se vždy dosáhnout hodnot, obecně požadovaných pro vspěšné technologie, tj. koeficienty schopnosti > 1 .

Protože některé rozhodující znaky výrobku, zejména chuť a vůně, se nemohou spolehlivě měřit ve všech fázích výroby, opírají se technologové o zajištění předepsaného průběhu parametrů, na nichž tyto znaky závisí.

Filosofie úspěšné pivovarské výroby se opírá o standardní suroviny, výrobní postupy, optimální technické specifikace a vhodně volené normy jakosti.

3. VÝROBNÍ DÁVKA A JEJÍ KONTROLA

Základní jednotkou pivovarského procesu je dávka. Dávkou se rozumí objekt, ma-

jící základní společné vlastnosti. Mezi ně patří časový počátek i konec dávky včetně požadovaných vstupních i výstupních parametrů. Další charakteristiku objektu tvoří jeho umístění a druh zpracovávaného mezi-produktu.

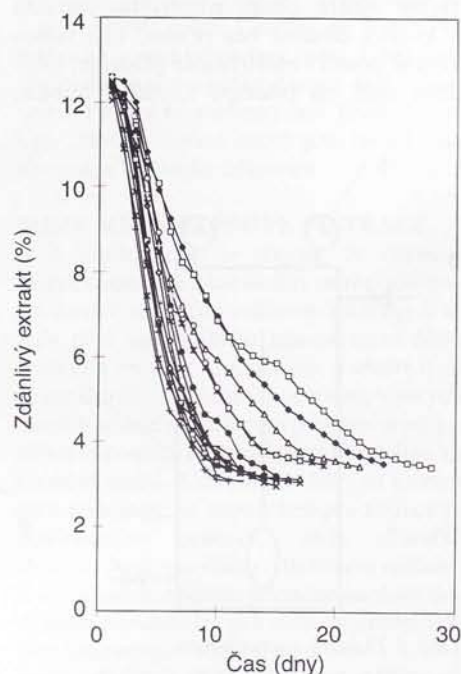
U některých procesů v pivovarské výrobě se nastavené vstupní parametry udržují konstantní v průběhu dávky a takové procesy lze snadno automatizovat. Mezi ně patří např. chlazení a provzdušňování mladiny, zakvašování nebo pasterace piva.

Druhá skupina procesů, jako např. vaření mladiny nebo hlavní kvašení, se převážně ovládá manuálně a řídicí veličiny se korigují podle požadovaného výsledku v průběhu dávky. Zde se požaduje předepsaný časový průběh řídicích veličin nebo alespoň hodnoty tzv. kontrolních bodů, udávající stav procesu v definovaných situacích.

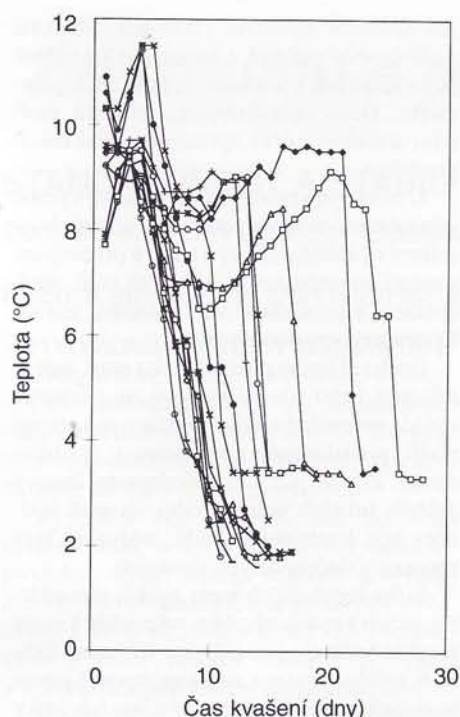
Šířka regulačních mezí znaků, charakterizujících kvalitu výrobku, odpovídá kvalitě použité technologie, zatímco šíře mezi řídicích veličin procesy zahrnuje rovněž povolené možnosti obsluhy vyrovnávat odchylky kvalitativních znaků.

Tyto procesy se občas vymykají předepsanému průběhu a nelze je korigovat v průběhu jedné dávky. Klasické deterministické modelování, ani moderní postupy, jako jsou umělé neuronové sítě (ANN) nebo expertní systémy (ES) napodobující chování na základě minulých průběhů procesů, neumožňují v některých případech dostatečně přesnou předpověď průběhu hlavního kvašení, ani dokvašování.

Obrázek 3 znázorňuje průběh hodnot zdánlivého extraktu při hlavním kvašení s výskytem takových závad. Obrázek 4 ukazuje neúspěšnou snahu korigovat průběh procesu změnou řídicí veličiny, tj. teploty. Tato kvašení se bohužel vyznačují zcela normálním průběhem hlavního kvašení v první fázi kva-



Obr. 3 Průběh hodnot zdánlivého extraktu během hlavního kvašení

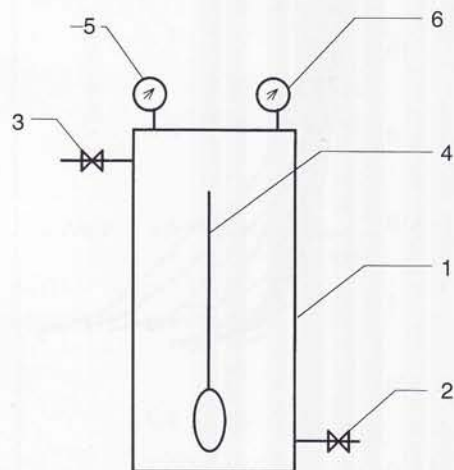


Obr. 4 Průběh teplot při hlavním kvašení

šení, takže nelze poruchy v žádném případě z počátečních fází kvašení předpovědět.

V tomto případě je pouze možné sledovat průběh zdánlivého extraktu v častějších intervalech a porovnávat ho se zásobou minulých dat, aby se odchylky zjistily co nejdříve.

Měření zdánlivého extraktu v kvasící mladině v cylindrických tancích (CKT) obvykle zajišťuje provozní laboratoř nebo přímo obsluha CKT sacharometrem. V tomto případě lze použít tlakového sacharometru, znázorněného na obr. 5. Jeho podstatou je předtlakovaná válcová nádoba se sacharometrem, do níž se pomalu napouští kvasící mladina. Tak je možné velmi rychle změřit obsah zdánlivého extraktu v kvasící mladině bez pění. Lze samozřejmě použít i elektronické přístroje, založené např. na principu kmitající trubice,



Obr. 5 Tlakový sacharometr.

1 – průhledná trubice, 2 – vstup kapaliny, 3 – vstup a výstup plynu, 4 – sacharometr, 5 – tlakoměr, 6 – teploměr

ovšem za cenu podstatně vyšších nákladů.

Při zjišťování příčin odchylek průběhu hlavního kvašení lze použít laboratorní metody, např. vážkovou analýzu kvašení nebo fotometrickou metodu měření aktivity kvasnic, ale ani těmito metodami nelze odhalit komplikovanější selhání provozních regulačních systémů. V takovém případě je spolupráce technologů a laboratoře nezbytná.

Na průběh jednotlivých parametrů dávek lze opět aplikovat statistickou kontrolu procesu. Základními znaky jsou doba dávky, charakteristická teplota a některý z parametrů, charakterizujících jakost, např. prokvašení, barva, nebo pH. Doba dávky má velký význam, neboť zahrnuje nejen jakost, ale i ekonomiku procesu. Lze ji optimalizovat matematickými metodami, snížit její přirozené změny způsobené kolísáním odbytu, a tak dosáhnout ideální návaznosti jednotlivých operací.

Často je vhodné rozdělit komplikovanou dávku, např. várku, na několik samostatných dávek, zejména při kontrolních nebo diagnostických měřeních.

Při tomto dělení je zejména důležité dostatečně přesně definovat vstupní a výstupní parametry procesu. Obvykle se zaznamenává ještě množství produktů, popř. hodnoty znaků jakosti v kontrolních bodech. Důsledná aplikace statistických metod na vlastní průběh procesů a nové diagnostické postupy jsou nutným předpokladem dalšího růstu jakosti a efektivnosti výroby.

U některých procesů je možné předepsanou teplotní křivku procesu, udávající kombinace teplot a času, nahradit jediným číslem, vyjádřeným počtem specifických jednotek. Tento postup je obvyklý u pasterace, kde se používá pro posouzení pasteračního účinku tzv. pasteračních jednotek (PU). Pro výpočet stupnice těchto jednotek je nutná znalost hodnoty parametru z , udávající závislost rychlosti hynutí mikroorganismů na teplotě.

Je všeobecně známo, že pivo pasterované v průtokovém pasteru získá nižší pasterační příchut než pivo z tunelového pasteru při stejné dávce PU. Z toho plyne, že hodnota z pro tvorbu pasterační vůně nebo chuti musí být vyšší než pro hynutí mikroorganismů při pasteraci.

Různé hodnoty z umožňují sestavit stupnici senzorického poškození piva a současně s hodnocením pasteračního účinku vypočítat senzorické poškození piva pasterací.

Obdobně lze sestavit stupnici závislosti tvorby tzv. staré vůně a chuti piva při skladování. Specifická jednotka vyjadřuje účinek 1 dne skladování při 20 °C. Známe-li časový průběh teploty ve skladu s pivem, dovedeme odhadnout celkové senzorické poškození piva. Výrobce by ostatně měl záruku stability senzorických vlastností piva vyjadřovat ve specifických jednotkách, protože průběh teploty při skladování se může lišit.

Stupeň senzorického poškození při pasteraci piva závisí na dalších faktorech, např. na obsahu rozpuštěného kyslíku, podobně

jako letální účinek pasterace závisí na dalších vlivech, jako jsou pH, druh mikroorganismů apod. Přesto je užitečné použít příslušnou hodnotu z spolu s maximální přípustnou dávkou teplotního zatížení.

Podobně lze stanovit teplotní závislost rychlosti biologického kažení piva na teplotě a sestavit stupnici, umožňující stanovit dávku, kterou může pivo obdržet při skladování.

Pro jednotlivé procesy je nutné znát hodnotu z a referenční teplotu, které spolu s vhodným časovým intervalem umožňují definovat specifickou jednotku a závislost tzv. referenčních podílů na teplotě. Referenční podíly jsou podíly rychlostních konstant reakcí při dané a referenční teplotě.

V současnosti existují univerzální teplotní monitory, které vyjadřují souhrnný teplotní účinek na různé charakteristiky kvality.

4. RYCHLÉ MĚŘENÍ STABILITY PIVA

Dalším systémovým požadavkem na kvalitu výrobků je stabilita, neboli neměnnost jednotlivých vlastností piva v čase. Pro spotřebitele jsou důležité skutečné charakteristiky jakosti, posuzované lidskými smysly.

Charakteristický tón, sytost i jas barvy českých piv se svým typickým zlatožlutým odstínem často odlišují od barvy zahraničních piv. Optické jevy doplňují dokonalá čírost, hustá a jemná pěna, ulpívající na stěně sklenice. K tomu přistupují charakteristická vůně a chuť jednotlivých druhů českých piv. Je zřejmé, že tyto vlastnosti by se neměly měnit v čase.

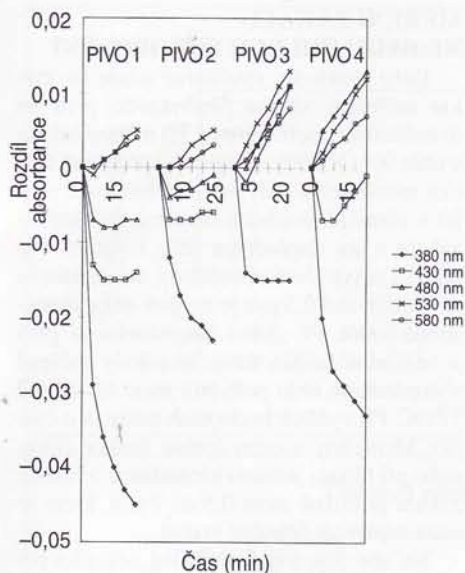
Na rozdíl od našeho přání se v čase mění vše a směřuje do stavu absolutní neuspořádanosti. Vlastnosti piva přitom nejsou výjimkou. Tyto změny obecně zrychlují teplota a oxidace, zejména přítomnost kyslíku. Ohřev vzorků piva za účelem zrychlení těchto změn se již dlouho využívá v testech teplotního šokování nejen pro zjištění koloidní, ale i chutové stability.

Postup využívající rychlé oxidace k navození nestability piva jsme vyvinuli v minulém roce a nazvali oxidacním šokováním, ačkoliv nyní se přikláníme k přesnějšímu názvu Oxidační Destrukční Analýza (ODA) [2].

Tento postup se zakládá na přidávku roztoku peroxidisíranu draselného nebo amonného k pivu a na sledování změn vlastností piva subjektivním nebo objektivním způsobem. Jeho výhodou je výrazné zrychlení procesu stárnutí.

Porovnáme-li přirozené skladování stabilních piv, lze narušení stability při skladování rozeznat řádově v měsících, při teplotním šokování v týdnech, ale ODA spolehlivě indikuje změny v hodinách, u barvy dokonce v minutách. Dále je rovněž možné vzájemně porovnávat různá piva.

Změny barvy se mohou subjektivně diagnostikovat v hodinách, objektivně již v minutách při laboratorní teplotě. Obrázek 6 znázorňuje diferenční změnu absorbance po přidávku peroxidisíranu amonného v čase při různých vlnových délkách u různých piv. Piva obsahují složky, které mohou snižovat



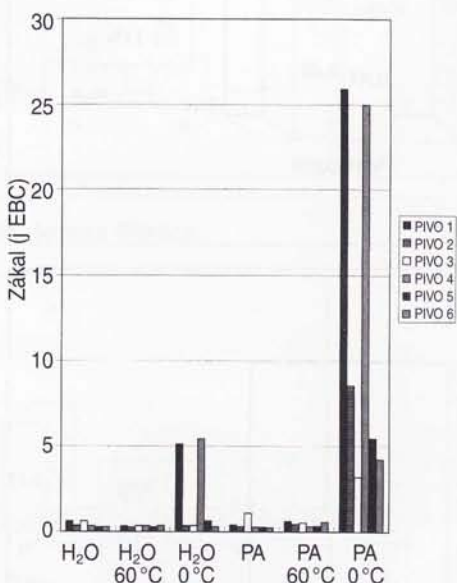
Obr. 6 Změny barvy při oxidaci piva 0,2 % peroxodisíranem amonným

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 přidávku 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, čírost, 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 čírosti 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 čírostí piva. Z tohoto důvodu jsme se také zaměřili v našich pracích především na dosahovanou čírost 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 čírosti filtrátů, získáme údaje o tom, v jakých mezích se může čírost 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