

Vliv tlačného média na obsah plynů v pivu a na senzorické vlastnosti piva

Influence of the Driving Medium on the Gas Content in Beer and on Beer Sensorics

Martin SLABÝ, Jana OLŠOVSKÁ, Pavel ČEJKA

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Pivovarský ústav Praha, Lípová 15, 120 44 Praha 2 / *Research Institute of Brewing and Malting, Brewing Institute Prague, Lípová 15, 120 44 Prague 2, Czech Republic*

e-mail: olsovska@beerresearch.cz

ABSTRAKT

Výběr technologie používané pro čepování sudového piva má velký vliv na jeho výslednou chuť a kvalitu. Zásadní vliv má přítomnost kyslíku, který způsobuje rychlé oxidační změny čepovaného piva, což se projeví rychlým stárnutím a v pivu začne vznikat charakteristická oxidační vůně a chuť. Při použití inertních tlačných plynů je sice tento jev potlačen, ale jak vyplývá z předložené pilotní studie, má složení tlačného plynu vliv na senzorický profil piva. Z prvních výsledků vyplývá, že nelze striktně určit optimální poměr dusíku a oxidu uhličitého v tlačném médiu, neboť jak se ukázalo, různému druhu piva a různě rychlé výtoči vyhovuje jiné složení tohoto média.

SUMMARY

The choice of technology used for keg beer tapping has a considerable influence on his final taste and quality. The presence of oxygen has a substantial impact, causing rapid oxidative changes in draft beer that result in rapid aging, and the beer will acquire characteristic oxidative aroma and taste. When using inert driving gas, this phenomenon is suppressed but, as demonstrated in the present pilot study, the composition of the driving gas has an impact on the sensory profile of beer. The results show that the optimal ratio of nitrogen and carbon dioxide in the driving medium cannot be strictly determined since various kinds of beer and different speeds of draft require a different composition of driving media.

Klíčová slova: tlačný plyn, sudové pivo, vzduch, oxid uhličitý, dusík, kyslík, senzorická kvalita piva

Keywords: driving gas, keg beer, air, carbon dioxide, nitrogen, oxygen, sensory quality of beer

1 ÚVOD

Při prodeji sudového piva je často velmi obtížné zachovat jeho standardní kvalitu po dobu čepování naraženého sudu. Na chuť a kvalitu piva, které se čepuje v hospodě či restauraci, má vliv celá řada faktorů. Kromě vlastního výrobního procesu je neméně důležitá i úroveň péče, která je pivu věnována poté, co opustí pivovar. Významnou roli hraje distribuce a skladování piva, sanitace výčepního zařízení, mytí pivního skla či správná technika čepování piva do sklenice a plyny používané pro čepování, kterým je věnována předložená studie (Anonymous 1).

Ačkoli je tato problematika velice zajímavá a pro senzorickou kvalitu piva velmi důležitá, není v odborné literatuře zatím dostatečně popsána. Informace o různých variantách složení tlačných plynů a jejich vlivu na změnu senzorického profilu naraženého piva lze spíše najít na webových stránkách některých pivovarů nebo přímo na stránkách výrobců těchto plynů.

V roce 2003 byla v časopise Kvasný Průmysl publikována studie, která prokázala negativní vliv vzduchu jako hnacího plynu na kvalitu čepovaného piva (Krýsl et al., 2003). Studie jednoznačně prokázala, že použití vzduchu jako hnacího plynu vede k oxidaci, kterou způsobuje vzdušný kyslík a ozon. Oxidace piva pak vede k významným změnám chuti.

Oxidační chuť a vůně se v pivu vyvíjejí v rozsahu několika dnů až týdnů po stočení. Oxidace piva se může vyskytnout v různých stádiích pivovarského procesu, nejzávažnější nepříznivé změny jsou připisovány oxidaci hotového piva při stáčení. Tato problematika úzce souvisí se stárnutím piva a senzorickou stabilitou, která je dnes považována za největší problém současného pivovarství (Miedaner et al., 1991; Kaneda et al., 1995; Hashimoto, 1981; Drost et al., 1990; Bright et al., 1993; Narziš et al., 1993; Thum et al., 1995; Dalgliesh et al., 1977; Hardwick, 1978; Bamforth, 1986; O'Rourke, 1996; Narziš, 1986; Šavel et al., 2008, Šavel et al., 2011).

Byly vypracovány různé teorie stárnutí piva; největší pozornost znamenala tzv. radikálová teorie (Sakuma et al., 1966; Tressl et al., 1981; Masschelein et al., 1989; Brenner, 1983; Jackson et al., 1994, Šavel et al. 1998), která vysvětluje poškození složek piva radikály (sloučeninami obsahujícími jeden nepárový elektron) vznikajícími jako následek reakce mezi kyslíkem a některými látkami (např. kovovými ionty). Pivo však senzoricky stárne i při praktickém vyloučení vlivu kyslíku při stáčení, změny se však projevují později.

1 INTRODUCTION

Upon the sale of keg beer it is often very difficult to maintain its quality standard over the whole time required to empty the keg. The taste and quality of beer drawn in a pub or restaurant is influenced by a number of factors. In addition to the manufacturing process, another important factor is the level of care that is given to the beer after it leaves the brewery. An important role is played by the distribution and storage of beer, sanitation of drawing facilities, washing beer glasses or a proper technique of pouring beer into a glass as well as the gases used for drawing, which is the subject of this study (Anonymous 1).

Although these problems are very interesting and very important for the sensory quality of beer they have not yet been sufficiently described in the literature. Information about the various composition of driving gases and their impact on changing the sensory profile of the drawn beer can rather be found on the websites of some breweries or directly on the websites of manufacturers of these gases.

In 2003, the Kvasny prumysl journal published a study that showed the negative impact of air as a propellant on the quality of draft beer (Krýsl et al., 2003). The study clearly demonstrated that the use of air as propellant gas leads to oxidation, which is caused by atmospheric oxygen and ozone. Beer oxidation leads to significant changes in flavor.

Oxidation flavors in beer develop within a few days to weeks after the tapping. Beer oxidation can occur at different stages of the brewing process; the most serious adverse changes are attributed to the oxidation of the finished beer during tapping. This issue is closely related to aging and sensory stability of beer, which is now considered the biggest problem of the current brewing (Miedaner et al., 1991; Kaneda et al., 1995; Hashimoto, 1981; Drost et al., 1990; Bright et al. 1993; Narzisse et al., 1993; Thum et al., 1995; Dalgliesh et al., 1977; Hardwick, 1978; Bamforth, 1986; O'Rourke, 1996; Narzisse 1986, Šavel et al., 2008, Šavel et al., 2011).

Various theories have been developed on beer aging; the greatest attention was paid to so-called radical theory (Sakuma et al., 1966; Tressl et al., 1981; Masschelein, et al., 1989; Brenner, 1983; Jackson et al., 1994; Šavel et al., 1998) which explains the damage of beer components by radicals (compounds containing one unpaired electron) arising as a result of reaction between oxygen and certain substances (e.g. metal ions). However, beer ages sensorially even

Stárnutí piva není nepřetržitý proces, při kterém koncentrace vznikajících látek nepřetržitě stoupá. Naopak, jedná se o dynamický proces oxidačních a enzymových reakcí, ve kterých obsah některých látek stoupá, dosáhne maxima a poté se začne odbourávat na jiné, buď neškodné, nebo naopak ještě více senzoricky negativní produkty (Čejka et al., 1993). Při stárnutí piva se začne nejdříve vyvíjet oxidační chuť a vůně (po kartonu, lepence, černém rybízu, po kočce nebo sherry). Tyto cizí vůně a chuti přecházejí postupně na sladkou až karamelovou a medovou. Hořkost klesá a získává drsnější, více ulpívající charakter. Během stárnutí stoupá obsah některých látek, např. karbonylových, dosud však nebylo jednoznačně prokázáno, které z nich jsou skutečně odpovědné za výše uvedené nepříznivé senzorické změny.

Z těchto i mnoha dalších důvodů pivovary vynakládají značné částky, aby omezily na minimum kontakt piva s kyslíkem. Proto je důležité, zabránit tomuto kontaktu do poslední chvíle, tedy i v naraženém sudu, neboť vynaložené náklady tak přicházejí vniveč. Existuje několik možností, jak tlačit plyn výčepním zařízením.

Vzduch. Vzduchové kompresory jsou stále ještě součástí stávajícího vybavení mnoha restaurací, ale jak již bylo popsáno, přítomný kyslík způsobuje oxidaci piva. Pivo ztrácí říz, navíc v něm vzniká prostředí příznivé pro množení organismů (např. mléčné bakterie). U vzduchových kompresorů může docházet ke znečištění piva z prostředí samotného kompresoru, zejména v případě levnějších kompresorů, které nejsou určeny k potravinářským účelům. Výhodou je nezávislost na dodávkách plynu.

Snaha dodávat konzumentům sudové pivo s vysokou a stále stejnou kvalitou vedla v celosvětovém měřítku k zásadnímu omezení používání vzduchu k čepování piva. Tento trend začal po roce 1990 i v České republice (Anonymous 1). Český svaz pivovarů a sladoven ve schváleném „Kodexu péče o pivo v gastronomii“ dne 22. 6. 2006 nedoporučil vzduch jako tlačné médium. Toto doporučení neplatí v případě, když je sud vytočen v krátké době, tedy do 3 hodin, pak lze použít potravinářský bezolejový kompresor.

V provozech, kde je výtoč pomalejší, začaly vzduch nahrazovat tlačné plyny a jejich směsí, ve kterých byl obsah kyslíku snížen na minimum.

Oxid uhličitý. Předností CO_2 je inertnost plynu, který zamezuje oxidaci piva. Nedostatkem tohoto média je fakt, že při malé výtoči a nízké teplotě se tento plyn rozpouští v pivu, což vede k jeho přesycení, což mohou někteří konzumenti vnímat negativně.

Dusík je inertní plyn, který zamezuje oxidaci piva, uchovává chuťové vlastnosti piva, při jeho vyšších koncentracích však z piva rychleji uniká přirozený CO_2 a pivo ztrácí říz. Dusík významně podporuje pěnovitost.

Směs technických plynů ($\text{CO}_2 + \text{N}_2$) je inertní plyn, který neovlivňuje chuťové vlastnosti piva, u něhož lze upravovat poměr plynů podle druhu piva. Běžně jsou dodávány směsí (podle přání zákazníka) s obsahem CO_2 od 20 do 50% v N_2 . Plyn je dodáván v ocelových lahvích pro potravinářské účely a garantuje mikrobiologickou čistotu. Tato směs vyhovuje požadavkům na standardní kvalitu piva a omezení mikrobiologického rizika, což je trend nejen u nás, ale na celém světě (Anonymous 1; Anonymous 2). Jedinou nevýhodou těchto tlačných plynů je nutnost pravidelně plyn doplňovat.

Předmětem této studie bylo porovnat vliv různých tlačných médií na změnu senzorického profilu dvou různých piv během pěti dní po naražení sudů testovaných vzorků. Pro experiment byla použita standardní směs technických plynů (CO_2 a N_2) v ocelové láhvi a modifikovaná atmosféra připravená pomocí generátoru plynů a následné membránové separaci o různém poměru CO_2 , N_2 a stopového obsahu O_2 . Tlačné plyny byly testovány na dvou druzích piva typu ležák z české tržní sítě.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Vzorky piva pro experiment

Pro tuto studii byla použita dvě světlá sudová piva o objemu 50l, obě piva patří do kategorie českých ležáků. Pivo A mělo původní extrakt mladiny 11 °Plato a pivo B 12 °Plato. Piva pocházela z dvou různých pivovarů. Pro každý tlačný plyn byl použit jeden samostatný sud, celkem byly použity 4 sudy piva A a 4 sudy piva B.

2.2 Tlačné médium

V experimentu bylo srovnávána 4 tlačná média o rozdílném složení. První médium (1) byla směsí čistých plynů, další tři média (2-4) byla vyrobena pomocí generátoru plynů a následnou selektivní

when the impact of oxygen during tapping is practically excluded, only the changes appear later.

Beer aging is not a continuous process in which the concentration of produced substances continuously increases. Rather, it is a dynamic process of oxidation and enzymatic reactions in which the content of some substances rises, reaches a maximum and then begins to recede, producing other, either harmless or conversely more sensory negative products (Čejka et al., 1993). Aging beer will soon develop oxidative taste and smell (papery, cardboard, black currant, catty or sherry). These foreign flavors and aromas change gradually to a sweet caramel and honey. Bitterness drops and gets harsher, assuming a more sticky character. The content of certain substances, for instance carbonyls, increases during aging but it has not been clearly established which of them are actually responsible for the adverse sensory changes.

For these and many other reasons breweries spend considerable sums to reduce to a minimum the contact of beer with oxygen. Therefore, it is important to avoid contact of beer with oxygen until the last moment, even in a tapped keg, as the incurred costs thus come to naught. There are several options how to drive the beer to the tap.

Air. Air compressors are still part of the existing equipment of many restaurants, but as already described, the oxygen contained in it causes beer oxidation. Beer loses its carbonation and changes into an environment favorable for the propagation of microorganisms (e.g. lactic acid bacteria). Air compressors may cause pollution caused by the environment of the compressor itself, especially in the case of cheaper compressors, which are not intended for food purposes. Their advantage is independence of gas supplies.

The worldwide efforts to supply consumers with beer of high and consistent quality led to a substantial restriction of the use of air for driving beer. After 1990 this trend began also in the Czech Republic (Anonymous 1). Czech Beer and Malt Association in its "Code of care of beer in gastronomy" of June 22, 2006 did not recommend driving air as the medium. This recommendation does not apply if the keg is drawn in a short time, i.e. within 3 hours; then food oil-free compressor can be used.

Restaurants where the beer drawing speed is slower begun replacing air by driving gases and their mixtures, in which the oxygen content is reduced to a minimum.

Carbon dioxide. The advantage of CO_2 is the inert character of the gas which prevents oxidation of the beer. The drawback of this medium is that at a low beer drawing speed and low temperature this gas dissolves in the beer, which leads to supersaturation that some consumers may negatively perceive.

Nitrogen is an inert gas which prevents oxidation of beer and preserves the taste characteristics of beer but at higher concentrations natural CO_2 quickly escapes from beer and the beer loses its bite. Nitrogen significantly promotes foaming.

A mixture of technical gases ($\text{CO}_2 + \text{N}_2$) is an inert gas that does not affect the taste characteristics of beer and in which you can adjust the ratio of gases depending on the type of beer. There are commonly available (customized) mixtures with CO_2 content of 20 to 50% in N_2 . Gas is supplied in cans for food purposes and guarantees microbiological purity. This mixture meets the standards of beer quality and reduction of the microbiological risk, a major trend not only in our country but worldwide (Anonymous 1, Anonymous 2). The only drawback of this driving gas is the need to supplement the gas regularly.

The object of this study was to compare the effect of different driving media on the change of the sensory profile of two different beers within five days after opening the kegs with the tested samples. For the experiment, we used the standard mixture of technical gases (CO_2 and N_2) in a steel cylinder, and modified atmosphere was prepared using the gas generator and subsequent membrane separation by varying the ratio of CO_2 , N_2 and the trace O_2 content. Driving gases were tested on two kinds of lager-type beer from Czech market.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Samples of beer for the experiment

This study used two samples of pale beer in 50l kegs, both beers belonging to the category of Czech lagers. Beer A had an original wort extract of 11 ° Plato, beer B 12 ° Plato. Beers came from two different breweries. One single keg was used for every driving gas, so a total of 4 kegs of beer A and 4 kegs of beer B were used.

membránovou separací v daném složení. Připravený plyn byl naplněn do tlakové lahve.

1. Destilovaný směsný plyn (80% N₂ / 20% CO₂) – tlaková láhev (standardní referenční plyn)
2. Modifikovaná atmosféra Universal (0,9% O₂, 0,9% CO₂, 98,2% N₂) tlaková láhev (DrinkGAS, Česká republika)
3. Modifikovaná atmosféra Master (0,8% O₂, 8,6% CO₂, 90,6% N₂) tlaková láhev (DrinkGAS, Česká republika)
4. Modifikovaná atmosféra Special (0,8% O₂, 17,5% CO₂, 81,7% N₂) tlaková láhev (DrinkGAS, Česká republika).

Absence kyslíku v prvním médiu (destilovaný směsný plyn) byla zkontrolována přístrojem OXYBABY® (popis viz níže), kyslík ve směsi nebyl detekován.

2.3 Harmonogram experimentu

Experiment probíhal v rozsahu 5 dní podle následujícího schématu (tab. 1).

Tab. 1 Schéma experimentu / Table 1 Experiment design

Den / Day	Analýzy / Analysis
1.	Naražení sudů, 1. degustace (kontrolní) a 1. měření obsahu plynů <i>Keg tapping, first tasting (control), first measurement of gases</i>
3.	2. degustace a 2. měření obsahu plynů / <i>Second tasting and measurement of gas content</i>
4.	3. degustace a 3. měření obsahu plynů / <i>Third tasting and measurement of gas content</i>
5.	4. degustace a 4. měření obsahu plynů / <i>Fourth tasting and measurement of gas content</i>

Pokus byl prováděn v Senzorickém centru Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského v Praze na 4 výčepních stojanech, osazených 8 stejnými „klasickými“ výčepními kohouty. Sudy piva obou variant ze stejné stáčky byly uloženy při laboratorní teplotě u výčepního zařízení při okolní teplotě 20 °C ± 2 °C.

Všechny sudy byly 1. den naraženy a stáčeny pomocí 4 testovacích tlačných médií, vždy ve dvojici (A a B). Piva zůstala po celou dobu pokusu naražená pod tlačným médiem. Na redukčních ventilech byl nastaven jednotný tlak 0,25 MPa. Ihned po naražení a odtocení čtyř litrů piva bylo provedeno první měření obsahu plynů v pivu a nad pivem. Pivo bylo odtáčeno postupně s přestávkami, aby byl simulován provoz v restauraci. Byla provedena 1. kontrolní degustace pouze třemi členy komise (data nejsou uvedena) s cílem vyloučit případné vadné vzorky.

Každý následující testovací den bylo odčerpováno ze všech sudů 5 litrů piva, poté bylo provedeno měření a degustace. Následně bylo znovu odčerpováno 5 litrů piva. Cílem bylo, aby po poslední degustaci zbylo v sudech právě posledních 5 litrů piva.

2.4 Senzorická analýza

Senzorická analýza proběhla bezprostředně po načerpání piva v prostorách senzorické laboratoře VÚPS. Analýzu provedla dvanáctičlenná odborná senzorická komise VÚPS, a.s. Složení komise bylo po celou dobu testování neměnné. Při vyhodnocování degustací byly vyřazeny odlehlé výsledky a průměrné známky <0,3.

2.5 Přístrojové vybavení

Pro měření plynů (O₂ a CO₂) v atmosféře nad pivem v sudu byl použit přístroj OXYBABY® O₂/CO₂, (WITT-GASETECHNIK GmbH & Co KG, Německo). Jde o ručně ovládaný analyzátor plynů na baterii pro měření modifikovaných atmosfér v obalech potravin, pro kontrolu tlakových potrubí nebo pro kontrolu medicínálních plynů. Tento analyzátor plynů je vhodný jak pro měření v provozu, tak i pro laboratorní použití.

Obsah rozpuštěných plynů v pivu byl měřen přístrojem CBoxQC (Anthon Paar GmbH, Rakousko). Tento přístroj kombinuje rychlé měření CO₂ a O₂ v jednom měřicím cyklu a lze ho použít jako přenosný at-line přístroj (tedy kdekoliv v provozu nebo v terénu) nebo jako přístroj pro laboratorní kontrolu. Měření CO₂ je založeno na principu vícenásobné objemové expanze (Multiple Volume Expansion – MVE), která je nej přesnějším způsobem selektivního stanovení rozpuštěného CO₂ v nápojích. Tato patentovaná metoda poskytuje velice přesné výsledky obsahu CO₂. Pro měření rozpuštěného kyslí-

2.2 Driving Medium

The experiment compared 4 driving media of different composition. The first medium (1) was a mixture of pure gases, three other media (2-4) were produced by using the gas generator and subsequent selective membrane separation in the given composition. The prepared gas was filled into a cylinder.

1. Distilled mixed gas (80% N₂ / 20% CO₂) - cylinder (standard reference gas)
2. Modified atmosphere Universal (0.9% O₂, 0.9% CO₂, 98.2% N₂), cylinder (DrinkGAS, Czech Republic)
3. Modified atmosphere Master (0.8% O₂, 8.6% CO₂, 90.6% N₂), cylinder (DrinkGAS, Czech Republic)
4. Modified atmosphere Special (0.8% O₂, CO₂ 17.5%, 81.7% N₂), cylinder (DrinkGAS, Czech Republic).

The absence of oxygen in a first medium (distilled mixed gas) was checked using OXYBABY® (see description below), oxygen in the mixture was not detected.

2.3 Experiment timetable

The experiment was conducted over 5 days according to the following scheme (Table 1).

The experiment was done in the Sensory Center of the Research Institute of Brewing and Malting in Prague on 4 tap stands fitted with the same eight „classical“ taps. Beer kegs of both variants of the same stack were stored at room temperature for dispensing equipment, i.e. at ambient temperature of 20 °C ± 2 °C.

All kegs were tapped on day 1 in pairs (A and B) using the 4 tested driving media. Throughout the experiment, the beers remained tapped under the driving medium, which was adjusted to a uniform pressure 0.25 MPa by reducing valves. Immediately after tapping and drawing off four liters of beer the first measurement was made of the gas content in the beer and above it. Beer was drawn off gradually, with breaks in order to simulate the operation of the restaurant. First tasting inspection was conducted by only three members of the panel (data not shown) in order to eliminate any defective samples.

Every following test day, 5l beer was drawn off from all kegs, followed by gas content measurements and tasting. Another five liters of beer was subsequently again drawn off with the aim to reach a residual volume of just 5 liters of beer in the kegs after the last tasting.

2.4 Sensory Analysis

Sensory analysis was carried out immediately after pouring beer on the premises of the RIBM Sensory Laboratory. The survey was conducted by a sensory panel of twelve RIBM experts. The composition of the panel was constant throughout the test period. Outliers were excluded when evaluating the tasting data and average score <0.3.

2.5 Instrumentation

The measurement of gases (O₂ and CO₂) in the atmosphere above the beer in the keg was conducted on the OXYBABY® O₂ / CO₂ (WITT-GASETECHNIK GmbH & Co KG, Germany) instrument. OXYBABY® O₂ / CO₂ is a practical battery-operated hand held gas analyzer for measurement of modified atmospheres in food packages (MAP), for checking pressure lines or for checking medical gases. This analyzer is suitable for use in both the industry and laboratory application.

The content of dissolved gases in the beer was measured by the CBoxQC device (Anthon Paar GmbH, Austria). This device combines the rapid measurement of CO₂ and O₂ in a single measurement cycle and can be used as a portable instrument at-line (i.e. anywhere in brewery operation or in the field) or as an instrument for laboratory testing. CO₂ measurement is based on the principle of multiple volume expansion (MVE), which is the most accurate way of selective determination of dissolved CO₂ in beverages. This patented method gives very accurate results of CO₂ content. Dissolved oxygen measurement is done by an O₂ sensor based on the principle of luminescence quenching. The measurement time is of the order of seconds. The limit of detection by the device according to the manufacturer is 4 ppb for oxygen content and measurement deviation is 2 ppb. The accuracy of determination of carbon dioxide content given by the manufacturer is 0.1 g/l. N₂ content was determined by calculation using an automatic apparatus from the content of other gases and the pressure changes during the measurement. The content of noble gases was neglected.

ku je využíván O₂ senzor založený na principu zhasnutí luminiscence. Doba měření je v řádu sekund. Mez stanovitelnosti přístroje podle údajů výrobce je 4 ppb pro obsah kyslíku a odchylka měření je 2 ppb. Přesnost stanovení obsahu oxidu uhličitého udává výrobce jako 0,1 g/l. Obsah dusíku byl stanoven automatickým dopočtem přístroje z obsahu ostatních plynů a změn tlaků v průběhu měření. Při dopočtu jsou zanedbány obsahy vzácných plynů.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

1.den

Bezprostředně po odtočení prvních 5 litrů byly měřeny obsahy plynů v původní atmosféře nad pivem a plyny rozpuštěné v pivu. Z výsledků uvedených v tab. 2 vyplývá, že piva použitá pro experiment mají konzistentní kvalitu a původní obsah plynů neovlivní výsledky v paralelních vzorcích. Kontrolní degustace neprokázala žádné vady sledovaných piv. Přestože na počátku experimentu nebyl ve směsi destilovaných plynů detekován kyslík, po naražení sudů A i B, byl kyslík v atmosféře nad pivem zaznamenán, a to v koncentraci 0,7% (obj.)

3 RESULTS AND DISCUSSION

Day 1

Gas content in the atmosphere above the original beer and gases dissolved in the beer were measured immediately after drawing off the first five liters. Table 2 shows that the beers used for the experiment are of consistent quality, and the original content of the gases does not affect the results in parallel samples. Inspection tasting showed no defects in tested beers.

Although at the beginning of the experiment oxygen was not detected in a mixture of distilled gases, after drawing first five liters; the content of oxygen in the atmosphere above the beer was measured as 0.7% (vol.).

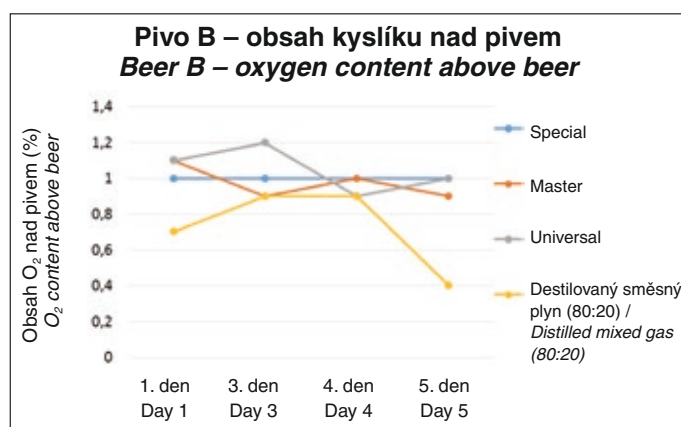
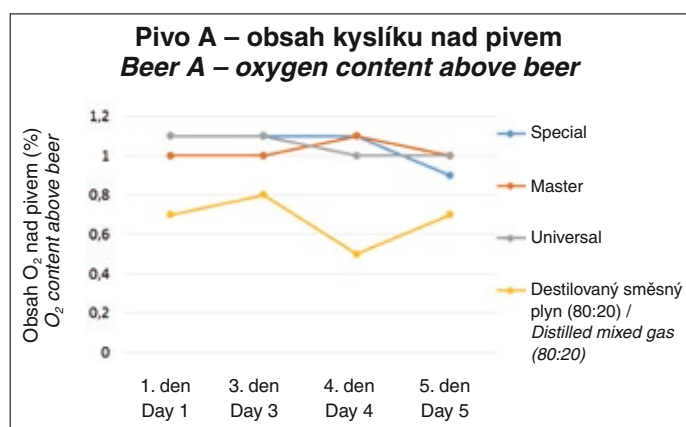
Day 3

When measuring gas content in beer and in the space above it we did not observe significant differences between individual driving media or between beer A and B. All samples showed a slight decrease in the CO₂ content in beer and above it (see Fig. 2 and Fig. 3) and a slight increase in nitrogen content in beer (Fig. 4). The oxygen

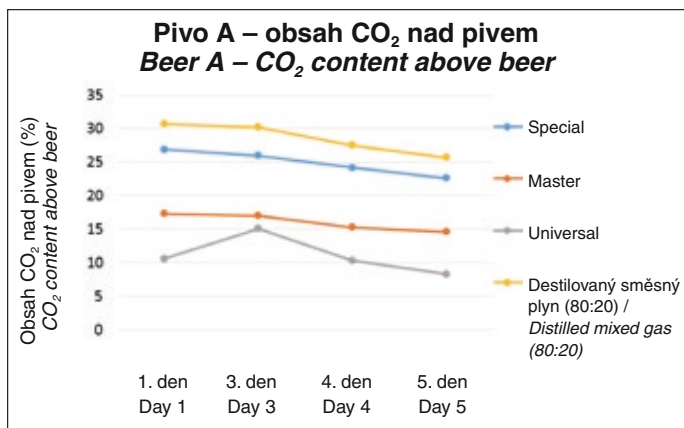
Tab.2 Fyzikální podmínky testovaných vzorků A a B při zahájení pokusu / Table 2 Physical conditions of test samples A and B at the start of the trial

	Dest. plyn / Distilled gas		Universal		Master		Special	
	nad pivem over beer	v pivu in beer	nad pivem over beer	v pivu in beer	nad pivem over beer	v pivu in beer	nad pivem over beer	v pivu in beer
Pivo A / Beer A								
O ₂ (%)	0.7		1.1		1.0		1.1	
CO ₂	30.7 (%)	5.79 (g/l)	10.6 (%)	5.73 (g/l)	17.3 (%)	5.77 (g/l)	26.9 (%)	5.83 (g/l)
t (°C)		10		10.0		11.3		10.4
N ₂ (ppm)		4.8		4.1		4.0		4.1
P (MPa)		0.28		0.275		0.270		0.284
Pivo B / Beer B								
O ₂ (%)	0.7		1.1		1.1		1.0	0.00
CO ₂ (%)	26.3 (%)	4.95 (g/l)	6.6 (%)	4.95 (g/l)	13.7 (%)	4.96 (g/l)	22.2 (%)	4.96 (g/l)
t (°C)		8.2		8.7		8.7		8.4
N ₂ (ppm)		3.1		2.6		2.8		2.5
P (MPa)		0.22		0.224		0.224		0.220

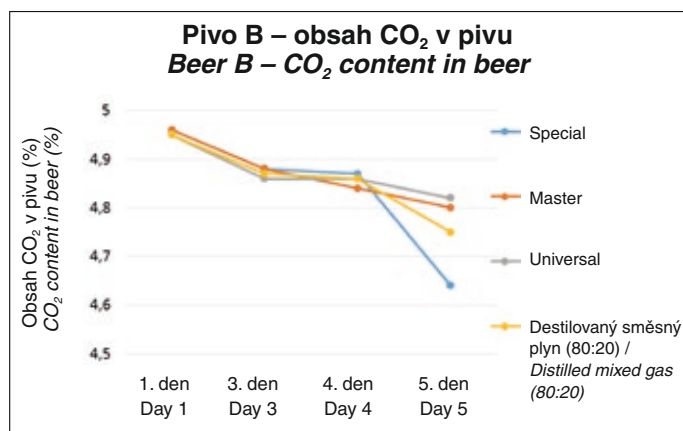
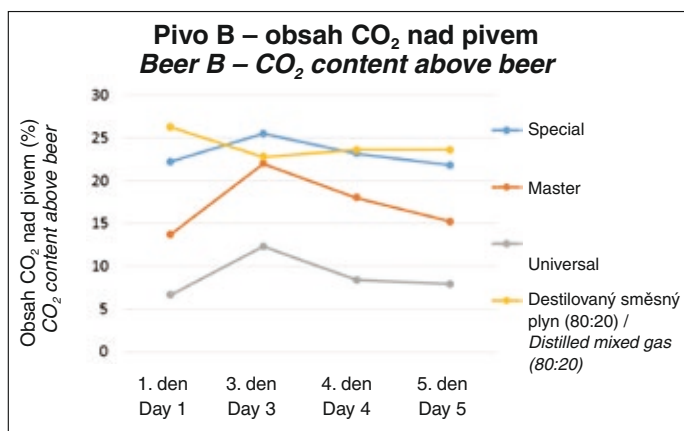
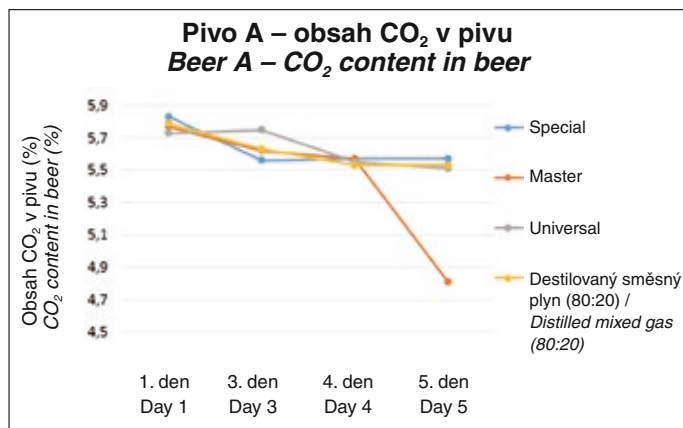
Obr. 1 Časový průběh obsahu kyslíku v atmosféře nad pivem během experimentu / Fig. 1 Time course of the oxygen content in the atmosphere above the beer during the experiment



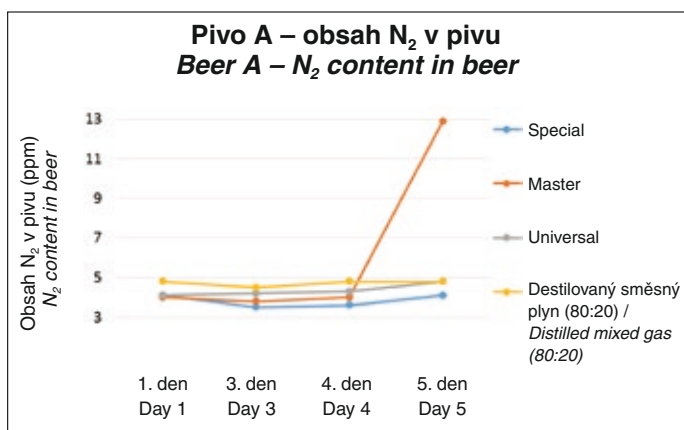
Obr. 2 Časový průběh obsahu oxidu uhličitého v atmosféře nad pivem během experimentu / Fig. 2 Time course of carbon dioxide content in the atmosphere above the beer during the experiment



Obr. 3 Časový průběh obsahu oxidu uhličitého rozpuštěného v pivu během experimentu / Fig. 3 Time course of the content of carbon dioxide dissolved in the beer during the experiment



Obr. 4 Časový průběh obsahu dusíku rozpuštěného v pivu během experimentu / Fig. 4 Time course of dissolved nitrogen content in beer during the experiment



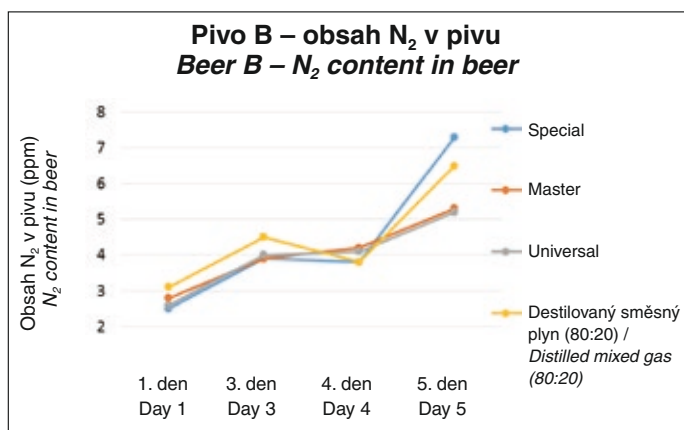
Tab. 3 Stanovení rozpuštěného kyslíku v pivech A a B v mg/l / Table 3 Determination of dissolved oxygen in beers A and B in mg/l

Pivo A / Beer A

	Dest. plyn Distilled gas	Universal	Master	Special
1. den / day 1	0.00	0.00	0.00	0.00
3. den / day 3	0.00	0.00	0.00	0.00
4. den / day 4	0.00	0.00	0.00	0.00
5. den / day 5	0.00	0.00	0.037	0.00

Pivo B / Beer B

	Dest. plyn Distilled gas	Universal	Master	Special
1. den / day 1	0.00	0.00	0.00	0.00
3. den / day 3	0.00	0.00	0.00	0.00
4. den / day 4	0.00	0.00	0.00	0.00
5. den / day 5	0.00	0.00	0.00	0.00



content was virtually unchanged, a zero amount being measured in beer (Table 3) while above the beer it was around 1% for all samples (Fig. 1).

The results of sensory evaluation are summarized in Table 3. Characteristics convincingly changed due to the driving media are highlighted in the table. A higher beer carbonation was recorded using Special driving gas in both beers and with Universal gas in beer A. Foreign flavors and aromas of weak intensity, i.e. diacetyl and burnt flavor, were recorded in all samples of beer B while a stronger estery aroma was recorded in beer samples A. These flavors and aromas may have been highlighted due to the driving medium during

3. den

Při měření obsahu plynů v pivu a v prostoru nad ním nebyly zaznamenány výraznější rozdíly mezi jednotlivými tlačnými médii ani mezi pivem A a B. Ve všech vzorcích došlo k mírnému poklesu obsahu CO₂ v pivu i nad ním (viz obr. 2 a obr. 3), zároveň došlo k mírnému navýšení obsahu dusíku v pivu (obr. 4). Obsah kyslíku se prakticky nezměnil, v pivu bylo naměřeno nulové množství (tab. 3) a nad pivem okolo 1% u všech vzorků (obr. 1).

Výsledky senzorického hodnocení jsou shrnuty v tab. 4. Prokazatelně změněné charakteristiky vlivem použitého tlačného média jsou v tabulce zvýrazněny. Vyšší říz byl zaznamenán u piv s použitím tlačného plynu Special u obou piv a plynu Universal u piva A. U všech vzorků piva B byly zaznamenány ve slabé intenzitě cizí chutě a vůně, a to diacetylová a připálená. U vzorků piva A byla zaznamenána silnější esterová vůně. Tyto chutě a vůně byly pravděpodobně zvýrazněny vlivem použitého tlačného média v průběhu experimentu. V celkovém subjektivním dojmu byly nejlépe hodnoceny pro vzorky piva B tlačné plyny Universal a Special a pro vzorky piva A plyny Master a destilovaný plyn. Žádné z piv nebylo hodnoceno jako podprůměrné a nevykazovalo výraznou vadu.

the course of the experiment. In the overall subjective impression, the Universal and Special gases were evaluated as the best for beer samples B and Master gas while distilled gas were evaluated as best for beer A. None of the beers were classified as substandard and they did not show any significant defect.

Day 4

No dissolved oxygen was detected in beer also on day 4 (Table 2). The oxygen content of the beer in most samples was still balanced around 1%, with the exception of beer A driven by distilled gas, which was observed to have oxygen content of 0.5% (see Fig. 1). The CO₂ content above the beer (see Fig. 2) in sample A dropped from the initial level about equally in all the driving media. In sample B it returned to about the same initial value after the previous 3-day increase except for distilled gas, which produced a pattern of CO₂ concentration changes opposite to the other three media. In all samples, we observed nearly identical CO₂ content in beer; it was slightly lower compared to the initial state (see Fig. 3). The content of nitrogen dissolved in beer was comparable for all samples (see Fig. 4).

Tab. 4 Senzorická analýza vzorků 3. den po naražení sudů / Table 4 Sensory analysis of samples on day 3 after opening the kegs

	Pivo A / Beer A				Pivo B / Beer B			
	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special
Říz / Carbonation	2.8	3.7	3.3	3.6	2.5	2.5	2.7	3.2
Plnost / Body - fullness	2.7	2.8	2.9	3.0	2.9	2.9	2.8	2.6
Hořká / Bitterness	2.7	2.9	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
Hořkost – doznívání / Aftertaste 40 s	3.2	3.0	3.3	3.0	3.1	3.4	3.3	3.1
Trpkost / Astringency	1.5	1.8	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.7
Sladká / Sweetness	2.1	1.9	1.9	1.8	1.5	1.8	1.6	1.4
Kyselá / Sourness	1.4	1.5	1.4	2.5	1.8	1.8	1.9	2.3
Chmelová / Hoppy	0.5	0.5	0.4		0.6	0.5	0.5	0.6
Ovocná, esterová / Fruity, esteric	1.7	1.9	1.7	2.2	1.2	0.8	1.1	1.0
Karamelová / Caramel								
Kvasničná / Yeasty	0.5	0.4	1.3	0.7		0.4	0.4	0.4
Parfémová / Perfume					0.4	0.5	0.4	0.6
Oxidační, pasterační / Oxidized, papery						0.4		0.5
Sirupová / Syrup	0.6							
Sklepní, zatuchlá / Rancid						0.4		
Diacetylová / Diacetyl					1.2	0.5	0.5	0.4
Připálená / Burnet					1.4	0.8	1.4	0.9
Kovová / Metallic		0.5	0.5				0.4	0.4
Celkový dojem / Overall impression	3.8	4.2	4.0	4.6	5.1	4.3	4.7	4.4

4. den

Ani 4. den nebyl detekován v pivu žádný rozpuštěný kyslík (tab. 2). Obsah kyslíku nad pivem je stále u většiny vzorků vyrovnaný okolo 1% s výjimkou piva A hnaným destilovaným plynem, kdy byl zaznamenán obsah kyslíku 0,5% (viz obr. 1). Obsah CO₂ nad pivem (viz obr. 2) u vzorku A klesl oproti počátečnímu stavu zhruba stejně u všech tlačných médií. U vzorku B se po předchozím nárůstu ve 3. dni vrátil zhruba na stejnou počáteční hodnotu s výjimkou destilovaného plynu, který má opačný průběh koncentrační změny CO₂ než ostatní tři média. U všech vzorků byl zaznamenán téměř shodný obsah CO₂ v pivu, je mírně nižší oproti počátečnímu stavu (viz obr. 3). Obsah dusíku rozpuštěného v pivu byl srovnatelný u všech vzorků (viz obr. 4).

Sensory evaluation revealed changes in the character of the beers. Metallic flavor was recorded in samples of beer A, the strongest being found in beer driven by distilled gas. Oxidative flavor occurred in beer samples B. Stronger carbonation was recorded in beers driven by distilled gas (i.e. gas with the highest content of CO₂), the strongest increase being recorded in beer sample A driven by Special gas. Beer samples A, which were driven by Universal and Master gases and by distilled mixed gas, exhibited in addition higher acidity.

Day 5

The oxygen content of the beer was about 1% for separated gases and was lower for the distilled gas, which is probably based on the original composition of individual gases (Fig. 1).

Senzorické hodnocení odhalilo změny v charakteru piv. U vzorků Piva A byla zaznamenána kovová příchut, nejsilnější byla u piva hnaného destilovaným plynem. U vzorků piva B se vyskytla oxidační příchut. Silnější říz byl zaznamenán u piv tlačných destilovaným plynem (tedy plyn s největším obsahem CO₂), nejvýraznější nárůst byl zaznamenán u vzorku piva A hnaného plynem Special. U vzorků piva A, které byly tlačeny plyny Universal, Master a destilovaným směsným plynem, byla zjištěna také vyšší kyselost.

The content of CO₂ over a beer in sample B driven by distilled gas stabilized at previous values, a slight decrease being recorded for other gases and samples. The reason is a lower carbon dioxide content in the mixture (Fig. 2). Fig. 3 demonstrates the CO₂ content of beer; the content of CO₂ in the sample significantly decreased with Master gas, other values were not changed. The biggest drop in CO₂ content recorded in beer B was found with Special gas and partly also with distilled gas. Finally, beer B exhibited a significant

Tab. 5 Senzorická analýza vzorků 4. den po naražení sudů / Table 5 Sensory analysis of samples on day 4 after keg tapping

	Pivo A / Beer A				Pivo B / Beer B			
	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special
Říz / Carbonation	3.5	2.8	3.2	3.8	3.5	2.7	2.3	2.8
Plnost / Body - fullness	2.8	2.9	2.6	3.0	3.1	3.0	3.0	2.9
Hořká / Bitterness	2.6	2.9	2.7	2.8	3.2	3.0	2.9	3.1
Hořkost –doznívání / Aftertaste 40 s	3.2	2.9	3.0	3.5	3.5	3.5	3.3	3.5
Trpkost /Astringency	1.7	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8
Sladká / Sweetness	2.1	1.9	1.8	2.2	1.8	1.8	1.7	1.8
Kyselá / Sourness	2.0	1.7	2.1	1.9	2.3	1.9	1.9	1.8
Chmelová / Hoppy	0.6	0.6	0.5	0.6	0.9	0.9	0.9	1.0
Ovocná, esterová / Fruity, esteric	1.6	1.7	1.8	2.1	1.3	1.2	1.4	1.2
Kvasničná / Yeasty	0.8	0.7	0.8	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5
Parfémová / Perfume	0.4	0.5	0.5		0.4	0.5	0.7	0.4
Oxidační, pasterační / Oxidized, papery					0.6	0.7	0.8	0.5
Sklepní, zatuchlá / Rancid					0.5	0.5	0.5	
Diacetylová / Diacetyl					0.9	1.5	1.9	0.6
Připálená / Burnet					0.5			0.4
Kovová / Metallic	1.1	0.9	0.5	0.8				
Celkový dojem / Overall impression	4.2	4.0	4.2	4.0	5.0	4.9	5.2	4.6

5. den

Obsah kyslíku nad pivem je pro separované plyny okolo 1% a je nižší pro destilovaný plyn, což patrně vychází z původního složení jednotlivých plynů (obr. 1).

Obsahy CO₂ nad pivem u vzorku B se u destilovaného plynu stabilizovaly na předchozích hodnotách, u ostatních plynů u vzorků byl zaznamenán mírný pokles. Důvodem je nižší obsah oxidu uhličitého ve směsi (obr. 2). Obr. 3 demonstruje obsah CO₂ v pivu, kde u vzorku významně poklesl obsah CO₂ u tlačného plynu Master, ostatní hodnoty jsou neměnné. U piva B byl největší pokles obsahu CO₂ zaznamenán u tlačného média Special, částečně i u destilovaného plynu. Konečně u piva B došlo k významnému nárůstu obsahu dusíku o více než 2 ppm u všech tlačných plynů, u vzorku A byla koncentrace dusíku konstantní s výjimkou plynu Master, kde byl zaznamenán téměř 300% nárůst obsahu dusíku, a to z původních 4 na 12,9 ppm (obr. 4). U tohoto vzorku byl také měřitelný nárůst obsahu kyslíku z 0,00 na 0,037 mg/l. U ostatních vzorků byl obsah kyslíku v pivu neměřitelný (tab. 2). Tento fakt je pravděpodobně způsoben tím, že rychlost oxidačních reakcí v pivu (spotřeby kyslíku) je vyšší nebo srovnatelná s jeho difuzí.

Senzorické hodnocení potvrdilo prohlubující se změny v charakteru piva, a to zejména vývojem oxidační chuti, zvýšením kyselosti a změnou v řízu jednotlivých piv. U vzorků piva A byla potvrzena kovová příchut (pravděpodobně způsobena oxidací některých přítomných mastných kyselin), která byla silnější než předchozí den, nejsilnější u piva hnaného plynem Master. U vzorků piva B byla silnější diacetylová než předchozí den, intenzita se vyrovnala u jednotlivých tlačných médií. U většiny vzorků, kromě vzorku A (Universal) a vzorků B (Master a destilovaný plyn), byla již zaznamenána také sirupová příchut, charakteristická pro stárnoucí pivo.

increase of nitrogen content (more than 2 ppm) for all driving gases. With beer A the nitrogen concentration was constant with the exception of Master gas, which brought about a nearly 300% increase in nitrogen content, from the original 4 to 12.9 ppm (Fig. 4). This sample also showed a measurable increase in oxygen content from 0.00 to 0.037 mg/l. For other samples, the oxygen content in beer was not detectable (Table 2). This fact is probably due to the higher rate of oxidation reactions in beer (e.g. oxygen consumption) in comparison with oxygen diffusion.

Sensory evaluation confirmed the increasing changes in the character of the beers, especially the development of oxidative flavor, increased acidity and a change in the carbonation of individual beers. Metallic taste was confirmed in beer samples A (probably due to oxidation of certain fatty acids present), which was stronger than the previous day. It was the weakest in beer driven by Master gas. Diacetyl flavor in beer samples B was stronger than the previous day; the intensity with individual driving media was about equal. Most samples, except sample A (Universal) and Sample B (Master and distilled gas), exhibited also syrupy flavor characteristic of aging beer.

It is clear that in the course of the experiment the presence of oxygen (up to 0.9%) in the driving gases Universal, Master and Special did not cause any substantial oxidation changes compared with the mixture of distilled gases, which did not contain any oxygen.

As shown by the study of Krýsl et al., the choice of technology used for keg beer drawing has a large influence on its final taste and quality. It is undoubtedly preferable to use an inert atmosphere rather than air. Their study reported on an ideal mixture of technical gases, CO₂ and N₂ in a 1:1 ratio, which according to their results ensures perfect protection against beer aging and thus supports its durability (Krýsl et al., 2003). The authors also addressed the impacts of using compressor air as a driving gas (in addition to beer oxidation also

Je zřejmé, že přítomnost kyslíku (do 0,9%) v tlačných plynech Universal, Master a Special nezpůsobila v průběhu experimentu žádné zásadnější oxidační změny než směs destilovaných plynů.

the possibility of microbiological contamination or contamination by foreign substances from the air and oil products). Our pilot study produced specific results on changes in the sensory profile under clearly

Tab. 6 Senzorická analýza vzorků 5. den po naražení sudů / Tab. 6 Sensory analysis of samples on day 5 after opening the kegs

	Pivo A / Beer A				Pivo B / Beer B			
	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special	Dest. plyn / Distilled gas	Universal	Master	Special
Říz / Carbonation	3.8	3.3	2.5	3.3	3.4	3.4	3.1	2.6
Plnost / Body - fullness	2.6	2.6	2.8	2.5	3.0	3.1	3.2	3.2
Hořká / Bitterness	3.1	3.0	2.9	2.9	3.2	3.2	3.3	3.1
Hořkost –doznívání / Aftertaste 40 s	3.5	3.2	3.4	3.3	3.5	3.5	3.6	3.7
Trpkost / Astringency	2.0	1.5	1.7	1.7	2.0	2.0	2.3	1.8
Sladká / Sweetness	1.7	2.0	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	2.2
Kyselá / Sourness	2.8	2.0	2.0	2.4	2.1	2.5	2.1	2.1
Chmelová / Hoppy	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
Ovocná, esterová / Fruity, esteric	1.6	1.6	1.7	1.6	1.3	1.3	1.6	1.6
Karamelová Caramel								
Kvasničná / Yeasty	0.5	0.7	0.4	0.4				
Parfémová / Perfume	0.9	0.4	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.5
Oxidační, pasterační / Oxidized, papery	0.5	0.5	0.6	0.5	0.9	0.9	0.9	1.4
Obilná / Grainy								
Sirupová / Syrup	0.4		0.4	0.4			0.5	0.5
Po rozpouštědlech / Solvent-like					0.4	0.4		0.5
Diacetylová / Diacetyl					1.7	1.6	1.4	1.8
Připálená / Burnt					0.5			0.8
Kovová / Metallic	1.2	1.2	0.7	1.2				
Celkový dojem / Overall impression	5.1	4.3	4.9	4.8	5.1	5.5	5.5	5.6

Jak ukázala studie Krýsla et al., výběr technologie používané pro čepování sudového piva má velký vliv na jeho výslednou chuť a kvalitu. Bezesporně je vhodnější použití inertní atmosféry než vzduchu. Tato studie prokázala jako ideální směs technických plynů, a to CO₂ a N₂ v poměru 1:1, která podle jejich výsledků zajišťuje dokonalou ochranu před zvětráním piva a podporuje tak jeho trvanlivost (Krýsl et al., 2003). Autoři se též věnovali ve své práci dopadům používání vhněnění kompresorového vzduchu (kromě oxidace piva také možnost mikrobiologické kontaminace či kontaminace cizorodými látkami ze vzduchu či ropnými látkami). Naše pilotní studie přinesla konkrétní výsledky o změnách v senzorickém profilu za jasně definovaných fyzikálních podmínek (teplota, tlak, koncentrace složek plynu v pívu a prostoru nad ním v čase). Tato tematika je velmi obsáhlá a vystupuje v ní mnoho proměnných (teplota, tlak plynu, mechanické pohyby sudů, atd.), a proto nelze z tohoto pilotního experimentu vyvodit komplexní závěry. Protože však bylo dosaženo několika zajímavých výsledků, zejména specifická změna senzorického charakteru pro různé značky piva, bude tato studie pokračovat.

4 ZÁVĚR

Z experimentu prováděného za podmínek simulace restauračního zařízení se skladováním sudů při „pokojové“ teplotě (18–20 °C) vyplývá výrazný vliv různého chování jednotlivých tlačných plynů na kondici, složení a senzorické vlastnosti piva

Pro čepování piva s malou výtočí a dlouhodobější naražení piva je vhodné používat plyny s vyšším obsahem oxidu uhličitého. Nedochozí k tak výraznému poklesu řízu. Obsah CO₂ nesmí být ovšem příliš velký, potom dochází v průběhu naražení k nárůstu senzorické kyselosti a přesycení piva.

defined physical conditions (temperature, pressure, changes in the concentration of the gas components in beer and the space above it over time). This topic is very complex and contains many variables (temperature, pressure, gas, mechanical movements of kegs, etc.), and comprehensive conclusions therefore cannot be drawn from these pilot experiments. However, since several interesting results were achieved, including a specific change in the sensory character of different beer brands, this study will continue.

4 CONCLUSIONS

An experiment performed under the conditions simulating those in a restaurant and with the keg storage at „room“ temperature (18–20 °C) shows a distinct influence of different driving gases on the state, composition and sensory properties of beer.

With draft beer drawn at low speed and for a longer time after keg tapping it is appropriate to use gases with a high content of carbon dioxide. They cause no significant decline in carbonation. However, the CO₂ content should not be too high since it may cause sensory acidification and supersaturation of the beer in the course of tapping.

For medium and large drawing speeds of tapped beer (i.e. emptying the keg within three days), it is possible to use compression gases with lower CO₂ content, approximately 5 to 10%.

For very large drawing speeds of tapped beer one can use driving gases virtually without CO₂, as the potentially lower carbonation will not become noticeable during one day.

One should be aware that higher temperatures facilitate the oversaturation of beer, and therefore it is not suitable to use driving gases with a very high proportion of CO₂ even for short tapping periods. For the majority of beers it is not suitable to use driving gases with

Pro střední výtoče a velké výtoče (tj. vtočení sudů do tří dnů) je možno používat tlačné plyny s nižším obsahem CO₂, přibližně 5–10%.

Pro velmi velké výtoče je možné používat tlačné plyny prakticky bez CO₂, během jednoho dne se neprojeví nižší říz.

Je nutno zdůraznit, že za vyšších teplot hrozí přesycení piva, a proto není vhodné používat tlačné plyny s velmi vysokým podílem CO₂ ani pro kratší dobu výtoče. Pro většinu piv je nevhodné pro dlouhodobější výtoč používat tlačné plyny s minimálním obsahem CO₂, neboť dochází ke ztrátě řízu a hořkost je vnímána jako vyšší a drsnější. Výjimkou jsou samozřejmě piva, která již z principu stáčení pod dusíkem vyžadují (např. mnohé stouty).

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla vypracována za podpory MZE-RO1014-Výzkum kvality a zpracování sladařských a pivovarských surovin.

Autoři děkují Ing. Karlu Voldřichovi z firmy Anthon Paar GmbH za zapůjčení přístroje pro měření rozpuštěných plynů CBoxQC a za cenné rady a podněty a firmě DrinkGAS, s.r.o. za dodání tlakových lahví s upravenou atmosférou.

LITERATURA / REFERENCES

- Anonymous 1: <http://www.pivnichlazení.cz/tlacne-plyny.html>
 Anonymous 2: <http://www.prazdroj.cz/cz/obchody-a-restaurace/pro-pivare/o-pivu>
 Bamforth, C.W., 1986: Beer flavour stability, *The Brewer*, 72: 48–51.
 Brenner, M.W., 1983: Phenolic flavors in beer - old and new. *Beverages* 43:19.
 Bright, D.R., Patino, H., Schroedl, D.T., Nyarady, S.A., 1993: Beer flavor stability improvement and correlations to carbonyl profile. *Proc. EBC Congr.*, s. 413.
 Čejka, P., Hašková, D., 1993: Studium změn při stárnutí piva. *Kvasny Prum.*, 39: 292–299.
 Dalgliesh, C.E., 1977: Flavour stability. *Proc. EBC Congr.*, s. 623–659.
 Drost, B.W., van den Berg, R., Freijee, F.J.M., van der Velde, E.G., Hollemans, M., 1990: Flavor stability. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 48: 124–131.
 Hardwick, W.A., 1978 : Beer flavour stability. *Brewer s Dig.* 53(10): 42.
 Hashimoto, N.: Flavour stability of packaged beers. in J.R.A. Pollock (ed.): *Brewing Science*, Vol. 2, Academic Press, 1981 s. 347.
 Jackson, A., Hodgson, B., Torline, P., de Kock, A., van der Linde, L., Stewart, M., 1994: Beer Taints Associated with Unusual Water Supply Conditions. *MBAA Techn. Quart.* 31: 117–120.
 Kaneda, H., Kobayashi, N., Furusho, S., Sahara, H., Koshino, S., 1995: Reducing Activity and Flavor Stability of Beer. *MBAA Techn. Quart.* 32: 90-94.
 Krýsl, J., Faměra, J., 2003: A negative influence of air as a tapping gas on draught beer quality. *Kvasny Prum.* 49: 185–187.
 Masschelein, C.A., 1989: Flavour maturation od beer, technological constrains and process optimisation. *Proc. EBC Congr.* s. 117–133.

a minimum content of CO₂ for long-term tapping since the beer loses its bite and its bitterness is perceived as higher and more rugged, with the exception of beers that obligatorily require drawing under nitrogen (e.g. many Stouts).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was performed with the support of MZE-RO1014-Qual-ity research and processing of malting and brewing raw materials.

The authors thank Ing. Karel Voldřich of the Anthon Paar GmbH company for lending us the CBoxQC instrument for measuring dissolved gases and for valuable advice and suggestions, and the firm DrinkGAS Ltd. for supplying the cylinders with a modified atmosphere.

- Miedaner, H., Narziß, L., Eichhorn, P., 1991: Einige Faktoren der Geschmacksstabilität – sensorische und analytische Bewertung. *Proc. EBC Congr.*, s. 401–408.
 Narziß, L., 1986: (Centerary review) Technological factors of flavour stability. *J. Inst. Brew.* 92: 346–353.
 Narziß, L., Miedaner, H., Graf, H., Eichhorn, P., Lustig, S., 1993: Technological approach to improve flavour stability. *MBAA Techn. Quart.* 30: 48–53.
 O'Rourke, T., 1996: The mechanism of colloidal instability in beer and its consequences for haze and flavour stability. *Brauwelt Int.*, (II), s. 166–168.
 Sakuma, S., Kobayashi, K., Tayama, T., Yokoyama, H., 1976: Formation of Sweet Flavor Compounds During Fermentation. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 54(1): 37–40.
 Šavel, J., Zdvihalová, D., Prokopová, M., 1998: Nové příspěvky k radikálové teorii stárnutí piva. *Kvasny Prum.* 44(2): 40–42.
 Šavel, J., Košin, P., Brož, A., 2008: Změny barvy při stárnutí piva. *Kvasny Prum.* 54(2): 30–37.
 Šavel, J., Košin, P., Brož, A., 2011: Přímá spektrometrie piva a jeho destilátů. *Kvasny Prum.* 57(6): 143–148.
 Thum, B., Miedaner, H., Narziß, L., Back W., 1995: Bildung von „Alterungscarbonylen – mögliche Mechanismen und Bedeutung bei der Bierlagerung. *Proc. EBC Congr.*, s. 491–498.
 Tressl, R., Grunwald, K.G., Silwar, R., Helak, B., 1981: Bildung von Verbindungen mit brotigem Aromacharakter in Malz und Bier. *Proc. EBC Congr.* s. 391.

26. Pivovarsko-sladařské dny



sladovny
soufflet ČR



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



Jedna z nejvýznamnějších pivovarsko-sladařských akcí u nás, Pivovarsko-sladařské dny, se již tradičně v lichém roce, konají 22.–23. října v Olomouci. Spolupořadatelem jsou vedle VÚPS, a.s., a VŠCHT Praha, rovněž Sladovny Soufflet, a.s.

Odborný program proběhne 22. října, následující den se uskuteční exkurze do sladovny.

Zájemci o komerční prezentaci mohou kontaktovat pana Rudolfa Jastrabana, Agentura Elis, r.jastraban@gmail.com, tel. 737 227 720. Přihlášky účastníků, program a aktuální informace jsou k dispozici na www.pivovarskedny.cz