Pivovarství a sladařství

Průzkum obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku při stáčení piva do lahví

663.465:543.844
546.21

Ing. JAN ŠAVEL, Jihočeské pivovary, n. p., České Budějovice,
Prof. Ing. JOSEF MOŠTEK, DrSc., Katedra kvasné chemie a bioinženýrství VŠCHT, Praha,
Ing. MIROSLAV PROKOPEC, Jihočeské pivovary, n. p., České Budějovice

ÚVOD

Od doby, kdy se prokázal nepříznivý vliv rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivě na jeho trvanlivost, objevují se studie o obsahu kyslíku v pivě a také pokusy o snížení jeho koncentrace. Teprve s rozvojem moderních analytických metod se však tento problém mohl řešit v dostatečně šíři a reprodukovatelné formě.

Ačkoliv existuje množství původních sdělení o obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v určitých částech výroby piva, málokdy se z literatury získá ucelená informace o změnách jeho koncentrace během stáčení, filtrace a plnění piva do dopravních obalů. Tímto úkolem se zabývá naše práce.

1. TEORETICKÁ ČÁST

Nezbytné teoretické podklady a využitelnou dostupnou literaturu k tomuto aktuálnímu problému soudobého pivovarství jsme shrnuli již v našich předchozích pracích [1–2], společně s popisem a funkcí použitého typu měřicího přístroje.

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Měření rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu přístrojem OXI 56

Popis přístroje OXI 56 a jeho novější verze OXI 57 se nachází v naší předchozí práci [2]. Tímto přístrojem lze měřit obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivě stacionárně (např. v lahvích) nebo kontinuálně s průtokovou komůrkou, v níž proud piva omývá elektrodu a zajišťuje dostatečný přísun kyslíku k elektrodě.

Podobně jako při měření rozpuštěného vzdušného

kyslíku v mladině [2] se zjišťovaly dynamické vlastnosti elektrody i v pivě (obr. 1).

Obr. 1. Odezva elektrody EO 16/B v pivu

Osa x: čas (s), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O₂/l. 1: přenos elektrody z koncentrace kyslíku 0,35 do 2,21 mg O₂/l, 2: přenos elektrody z koncentrace kyslíku 2,21 do 0,50 mg O₂/l.

2.2 Měření pivo, technické vybavení pivovaru a použitá technologie

K měření sloužilo 12% světlé pivo, které dokvašovalo v ocelových ležáckých tancích objemu po 65, 180, 240 a 550 hl při průměrném hradicím tlaku 0,07 MPa, filtrovalo se křemelinovým svíčkovým filtrem (53 m²), do-filtrovalo se deskovým azbestovým filtrem s deskami rozměrů 800×800 mm (140 m²) a pak se převádělo do vertikálních lahvářenských přetlačných tanků objemu po 90 a 200 hl.

Z přetlačných tanků se pivo dopravovalo čerpadlem

do lahvárenského stáčecího stroje (výkon 21 000 lahví po 0,5 l/h). K dopravě piva z ležáckých tanků a k předplňování přetlačných lahvárenských tanků i k vlastnímu stáčení piva do lahví se použilo tlakového vzduchu; pivo se dopravovalo potrubím a hadicemi Js 50 a 80 mm.

3. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

3.1 Obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v jednotlivých fázích výroby piva

Na konci dokvašování byl obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu prakticky nulový. V dalších technologických fázích úpravy piva koncentrace kyslíku v pívě vzrůstala; jeho průměrný obsah přehledně uvádí tab. 1.

Procesu stáčení piva předchází řezání (standardizace), postupné přečerpávání do různých nádob a zařízení, která se vždy předplňovala tlakovým vzduchem, jež se zčásti pohlcoval v pívě. Dalším zdrojem příjmu vzdušného kyslíku byl nedostatečně vytěsněný vzduch z pivních potrubí a hadic.

Sorpce kyslíku ze vzduchu je největší na začátku plnění těchto nádob a zařízení, nebo na konci vyprázdnění, kdy malé množství piva je ve styku s velkým množstvím vzduchu (obr. 2).

Obr. 2. Průběh hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pívě při stáčení piva z ležáckého tanku v závislosti na čase — výstup piva ze směšovače

Osa x: čas před zatahnutím tanku (min), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O₂/l, a, b zatahování tanku, c, d, narážení tanku.

Podle hodnot tab. 1 lze obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku až po stadium filtrace považovat za poměrně nízký a prakticky přijatelný (obr. 3). Extrémně se obsah kyslíku zvyšoval pouze při zatahování nebo novém narážení tanků, avšak při narážení na začátku směny se část piva nadměrně obohacená vzduchem oddělovala společně s protlačkou.

Negativně se projevíly přestávky ve stáčení nebo cirkulace piva ve filtru. Obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku výrazně vzrůstal při vnikání vzduchu do potrubí a vhánění pivní pěny do částečně nebo úplně naplněných tanků (hrubá závada).

Negativní vlivy se mohou v provozu počítat (např. vniknutí vzduchu do stáčecího potrubí při zatažení více tanků současně) nebo částečně eliminovat. Mísením (řezáním) piva s různou koncentrací rozpuštěného vzdušného kyslíku se vyrovnávají i náhlé velké výkyvy koncentrace kyslíku. Záleží přitom na objemu jednotlivých nádob, potrubí a zařízení, které představují v celém pro-

Tab. 1. Průměrný obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v dokvašeném 12% světlém pívě v procesu dílčích technologických operací při stáčení do lahví

Místo měření	Obsah kyslíku (mg O ₂ /l)
pivo před směšovačem	0,00—0,05
pivo za směšovačem	0,00—0,05
pivo před dávkovačem křemelino-vého filtru	0,05—0,15
pivo za dávkovačem křemelino-vého filtru	0,10—0,20
pivo na vstupu deskového filtru	0,15—0,30
pivo na výstupu deskového filtru	0,20—0,40
pivo na vstupu lahvárenského tanku	0,30—0,80
pivo na výstupu lahvárenského tanku	0,80—1,30
pivo na vstupu lahvárenského plniče	0,90—1,40
pivo v láhvi	1,00—2,00

Tab. 2. Průměrný obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku ve 12% světlém pívě — 14 lahvárenských tanků po naplnění

tank č.	1	2	3	4	5	6	7
objem (hl)	200	200	200	90	90	200	200
obsah kyslíku (mg O ₂ /l)	0,91	0,63	0,71	0,85	0,95	1,84	0,79

tank č.	8	9	10	11	12	13	14
objem (hl)	200	90	200	200	200	200	200
obsah kyslíku (mg O ₂ /l)	1,05	0,95	0,89	1,48	1,08	1,05	0,78

Obr. 3. Průběh hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pívě při jeho filtraci světlým křemelino-vým filtrem v závislosti na čase — výstup piva z filtru

Osa x: čas (h), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O₂/l

Obr. 4. Průběh hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pívě při stáčení z lahvárenského tanku v závislosti na čase — výstup piva z tanku

Osa x: čas (min), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O₂/l.

cesu významné objemové a ústojné redoxní kapacity. Tak mohou i relativně velkým změnám koncentrace rozpuštěného kyslíku v pivu na vstupu do systému odpovídat malé změny na výstupu.

Podstatně se koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku zvyšovala při plnění lahvárenských tanků. Z plnicího otvoru pivo často stříkalo dovnitř tanku, mísilo se se vzduchem a silně absorbovalo vzdušný kyslík. S rostoucí výškou hladiny piva v tomto tanku však již klesala koncentrace rozpuštěného kyslíku v celkovém objemu piva. Průměrný obsah rozpuštěného kyslíku v naplněných tancích udává tab. 2.

Podobně při vyprázdňování lahvárenského tanku silně vzrůstala koncentrace rozpuštěného kyslíku v posledních podílech piva z tanku (obr. 4).

Obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku se dále zvyšoval plněním piva do lahví, kde pivo vtékalo do láhve předplněné tlakovým vzduchem. Kolísání koncentrace tohoto kyslíku v jednotlivých lahvích udávají obr. 5 a 6.

Obr. 5. Vývoj hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvoém pivu při stáčení v závislosti na čase, I. část stáčení doby

Osa x: počet lahví (tisíce), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2/l .

Obr. 6. Vývoj hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvoém pivu při stáčení v závislosti na čase — II. část stáčení doby

Osa x: počet lahví (tisíce), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2/l .

V předchozích technologických fázích úpravy piva před stáčením se kolísání obsahu kyslíku vyrovnávalo objemovými kapacitami nádob a zařízení. Naproti tomu při plnění lahví se měří prakticky okamžité koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku v poměrně malém objemu (stočeného) piva. Například při zatahování lahvárenského tanku se v partii piva s celkem vyrovnaným a prakticky přijatelným obsahem rozpuštěného kyslíku objeví malé množství lahví s výrazně vyšším obsahem kyslíku. Tyto láhve pak mohou — jsou-li vzaty náhodně ke zkoušce stability fyzikálně chemických

a organoleptických vlastností piva — poskytovat nesprávný obraz o těchto vlastnostech hodnocené partie piva. To má zvláště velký význam u exportujících pivovarů.

Poměrně malou objemovou a redoxní kapacitu představuje i zásobník piva (stáčecí buben) či průtokový věnec v plnici. Z těchto důvodů se negativně projeví i každá přestávka ve stáčení, způsobená např. závadou na jiném místě linky. Na začátku stáčení a po podobné přestávce také silně vzrůstal obsah rozpuštěného kyslíku v pivu (obr. 7). Naproti tomu se nepodařilo nalézt výrazné rozdíly v obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvích z jednotlivých plnicích kohoutů stáčecího stroje.

Obr. 7. Vývoj hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvoém pivu při stáčení v závislosti na čase — po přestávce ve stáčení

Osa x: počet lahví (tisíce), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2/l .

Obr. 8. Vývoj hodnot obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvoém pivu při stáčení v závislosti na čase — po přestávce ve stáčení

Osa x: počet lahví (tisíce), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2/l .

Vypěňování lahví, všeobecně používané k vytěsňování vzduchu z hrdla láhve před uzavřením, nemělo podle výsledků našich měření praktický význam pro okamžité snižování obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu, ačkoliv se výrazně snížil obsah vzduchu v hrdlovém prostoru. Je samozřejmé, že po uzavření láhve nastává postupně výměna kyslíku mezi plynnou fází a pivem, kdy se teprve v základním uplatňuje jeho ne vždy plně docenovaná redoxní kapacita.

3.2 Možnosti snížení obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku při stáčení piva

Obsah rozpuštěného kyslíku v pivu je při stáčení až do stadia filtrace relativně nízký; k dalšímu snížení by bylo nutné předplňovat nádoby, dopravní potrubí a plnicí zařízení kysličníkem uhličitým nebo dusíkem. Částečně však lze také nárůst koncentrace kyslíku v pivu omezit dodržováním technologických zásad a odstraněním hrubých závad, mezi něž patří vniknutí vzduchu do potrubí při přečerpávání piva, nerovnoměrnost stáčení

a různé přestávky, nedodržování předepsaného tlaku vzduchu apod.

Kromě těchto opatření lze rovněž absorpci vzdušného kyslíku pivem snížit při plnění lahvárenského tanku tzv. „měničem toku piva“. Popisy tohoto zařízení v literatuře byly neúplné a proto jsme použili měniče podle vlastního návrhu (obr. 9), který nám vyrobily vývojové dílny Jihočeských pivovarů, n. p., podle vlastního zlepšovacího návrhu [3].

Obr. 9. Funkční schéma autory navrženého a uplatněného měniče toku stáčeného piva

a: nosná deska z nerezavějící oceli rozměrů 300×300×2 mm, b: přísavky s pákovým mechanismem, c: spoje přísavky s nosnou deskou, délka 100 mm.

Obr. 10. Vliv měniče toku stáčeného piva na sorpci vzdušného kyslíku pivem v lahvárenském tanku v závislosti na čase

Osa x: čas (min), osa y: koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2/l .

- 1 — hodnoty rozpuštěného kyslíku na společném vstupu do obou tanků (s měničem i bez měniče toku)
- 2 — stáčení piva z tanku s měničem toku: a — výstup piva z tanku, A — vstup do plniče lahví, C — pivo v láhvi
- 3 — stáčení piva z tanku bez měniče toku: b — výstup piva z tanku, B — vstup do plniče lahví, D — pivo v láhvi

Deska měniče toku zabraňuje stříkání piva, čímž se snižuje absorpce vzdušného kyslíku. Pryžové přísavky přidržují desku měniče toku ke dnu lahvárenského tanku. V původním provedení jsme použili originálních přísavek s pákovým mechanismem, který usnadňoval přichycování a uvolňování přísavek, ale je možné použít i jiného typu přísavek nebo speciálního přípravku k upevnění měniče toku [4]. Právě obtížné upevňování měniče toku dosud bránilo jejich rozšíření.

Tento měnič toku snižoval obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku o 0,4–0,5 mg O_2/l (obr. 10). Při ověřování účinku tohoto zařízení se vždy plnily dva lahvárenské tanky (jeden s měničem toku, druhý bez něj) současně pivem z jednoho potrubí a měřila se koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku ve společném vstupu do tanků. Obsah kyslíku se také měřil v pivu těchto tanků po naplnění a pak ještě během stáčení v lahvěm pivu.

Takto dosažené snížené koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku zůstaly v pivu zachovány i po plnění

do lahví. Obsah kyslíku se zvýšil pouze o stálou hodnotu jeho přírůstku způsobenou stáčecím strojem, takže jeho průměrná snížená koncentrace se ve stočeném pivu pohybovala v rozmezí 0,4–0,5 mg O_2/l .

Praktické použití měniče toku piva je pracovním jednoduchým zásahem ke zvýšení jeho fyzikálně chemických a organoleptických znaků stability.

Nebiologická trvanlivost piva silně závisí na obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku. Často se k dosažení potřebné stability piva používá drahých zahraničních stabilizačních prostředků hydrolytického a antioxidačního typu, jejichž účinek rovněž silně závisí na koncentraci rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu. Z tohoto hlediska se tedy jeví praktické použití měniče toku piva jako ekonomicky velmi výhodné a technologicky účinné opatření, přičemž téměř nezvyšuje pracnost procesu, pořizovací náklady jsou nepatrné a obsluha velmi jednoduchá. Snadná a rychlá možnost vyjímání tohoto jednoduchého zařízení z přetlačných lahvárenských tanků umožňuje dokonalé a pravidelné čištění.

Literatura

- [1] ŠAVEL, J., MOŠTEK, J.: Kvasný průmysl 25, 1979, s. 193
- [2] MOŠTEK, J., ŠAVEL, J., BRABEC, A.: Kvasný průmysl 25, 1979, s. 265
- [3] ŠAVEL, J., FENCL, P., PROKOPEC, M.: Zlepšovací návrh, Jihočeské pivovary, n. p., České Budějovice, 1978
- [4] ŠAVEL, J., FENCL, P.: Patentová přihláška č. 197 884

Šavel, J. - Moštek, J. - Prokopec, M.: Průzkum obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku při stáčení piva do lahví. Kvas. prům., 26, 1980, č. 4, s. 73–77.

Práce pojednává o změnách obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v celém procesu úpravy a stáčení 12% světlého piva do lahví v pivovaru, v němž se při filtraci, plnění lahvárenských přetlačných tanků a stáčení lahvěho piva používá tlakového vzduchu. Autoři uvádějí konkrétní průměrné hodnoty obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu v jednotlivých závěrečných fázích úpravy.

Ke snížení obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivu autoři navrhli a prakticky ověřili „měniče toku piva“ instalovaného do lahvárenských přetlačných tanků. Tímto zařízením lze v praxi dosáhnout snížení rozpuštěného vzdušného kyslíku v čerstvě stočeném lahvěm pivu o 0,4–0,5 mg O_2/l , tj. přibližně na polovinu původní hodnoty.

Шавел, Я. — Моштек, И. — Прокопец, М.: Изучение количества растворенного воздушного кислорода, падающего в пиво при его разливке в бутылки. Квас. прум. 26, 1980, № 4, стр. 73–77.

В статье рассматривается изменение содержания в пиве растворенного воздушного кислорода в последних фазах хранения пива и его разливки. Исследованию подверглось светлое 12-градусное пиво на пивоваренном заводе, применяющем в фильтрующих установках для перекачки пива в питающие установки в разливочно-закупорочном цеху, а также в ходе разливки сжатый воздух. Приведены конкретные средние значения содержания растворенного воздушного кислорода в отдельных фазах подготовки пива в разливке и после разливки.

Для уменьшения содержания растворенного воздушного кислорода авторы сконструировали и проверили в производственных условиях специальное устройство изменяющее направление потока пива. Устройство является частью питающей установки в разливочно-закупорочном цеху. Количество растворенного воздушного кислорода в пиве, непосредственно после его разливки в бутылки, снижается на 0,4–0,5 мг/л, т. е. примерно до половины прежней, обычной концентрации.

Savel, J. - Mošteck, J. - Prokopec, M.: Ascertaining the Concentration of Dissolved Air Oxygen Absorbed by Beer During Bottling Process. Kvas. prům., 26, 1980, No. 4, pp. 73—77.

The article deals with the changes of amounts of dissolved air oxygen taking place during bottling operations in breweries using pressure air for filtering 12° bright beer, for repumping it into feeding tanks in racking shed and in racking machines. The authors have measured average concentrations of dissolved air oxygen in all final stages of brewing process.

To reduce the amount of dissolved air oxygen in beer the authors have developed and successfully used their invention i. e. the so-called „flow changer“ attached to the feeding tank. This attachment permits to reduce the amount of dissolved air oxygen in beer by 0,4—0,5 mg of O₂ per 1 l, i. e. roughly to halve it.

Šavel, J. - Mošteck, J. - Prokopec, M.: Studium des Ge-

halts des gelösten Luftsauerstoffs im Bier bei der Flaschenabfüllung. Kvas. prům., 26, 1980, No. 4, S. 73—77.

Die Arbeit befaßt sich mit den Änderungen des Gehalts des gelösten Luftsauerstoffs in dem ganzen Prozeß der Aufbereitung und Abfüllung des 12° hellen Biertyps in Brauereien, wo bei der Filtration, Füllung der Flaschenkellertanks und bei der Flaschenfüllung Druckluft angewendet wird. Es werden konkrete Durchschnittswerte des Gehalts des gelösten Luftsauerstoffs im Bier in den einzelnen Endphasen der Aufbereitung und Abfüllung angeführt.

Zu der Verminderung des Gehalts des gelösten Luftsauerstoffs im Bier wurde von den Autoren ein „Bierflußwandler“ vorgeschlagen und erprobt, der in die Flaschenkeller-Tanks eingebaut werden kann. Durch diese Einrichtung kann in der Praxis eine Herabsetzung des gelösten Luftsauerstoffs in frischabgefülltem Flaschenbier um 0,4—0,5 mg O₂/l, d. i. ungefähr auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes erzielt werden.