

# Kyslík a kysličník uhličitý v závěrečné fázi výroby piva

VÁCLAV SEKRT, GABRIELA HERLÍKOVÁ, Plzeňské pivovary, n. p., Plzeň

663.44

Zajišťování jakosti výrobků je naším základním úkolem a je třeba hledat všechny správné cesty, které k tomuto cíli vedou. Již mnohokrát bylo potvrzeno, že velký význam je třeba přikládat provzdušnění hotového výrobku, neboť  $O_2$  je zde negativním faktorem, který nepříznivě ovlivňuje jakost piva. Koloidní trvanlivost piva, která je jedním ze základních zájmů pivovarského průmyslu, závisí na celé řadě faktorů: na obsahu redukujících látek, na intenzitě oxydačních pochodů, vlastnostech proteinů aj. Ochrana piva před provzdušněním je důležitá, protože kyslík urychluje vznik nebiologických sedimentů, způsobujících závady jak ve vzhledu, tak v chuti a charakteru piva.

U pastérováných pív projevuje se zvýšené množství rozpuštěného kyslíku oxydačními reakcemi, které zvyšují barvu a způsobují červenohnědý nádech, až vysrážení vločkovitých sedimentů — protein-flobaferů. U nepastérováných běžných konzumních pív s vyšším obsahem kyslíku objevují se kvasničné sedimenty v době kratší, než u pív pečlivě stočených za omezeného přístupu vzduchu, neboť kvasnice využívají rozpuštěného kyslíku k intenzivní činnosti v pivním prostředí.

K odstranění vzduchu z hrdlového prostoru používá se v současné době, zvláště ve větších provozech, automatického klepače. Jak již bylo uvedeno, nedochází k podstatným ztrátám  $CO_2$ , ale zato značně se sníží procentový obsah kyslíku v hrdlovém prostoru láhve. Je zjištěno, že automatický klepač prakticky neodstraňuje kyslík rozpuštěný, nýbrž vytlačuje jen vzduch, obsažený v láhvi nad pivem. Proto vyšší procento vzduchu, které se dostalo do piva během manipulace ve sklepě, tímto poklepem neodstraníme. Aby se snížil styk piva se vzduchem, předplňují se tanky  $CO_2$ , nebo alespoň se v lahvárenských tancích vytváří nad pivem polštář kysličníku uhličitý, který má být takto ochranou před přímým vlivem kyslíku. Ovšem tím pivo není úplně vyloučeno z oxydačního prostředí, neboť při stáčení vytéká pod tlakem vzduchu do láhve, obsahující vzduch, který se během doby v pivě rozpouští, při čemž je pivem pohlcován tím více, čím se pivo rychleji pohybuje a čím je plněno vyšším tlakem za nižší teploty.

Na základě těchto zkušeností jsme v našem národním podniku zaměřili zvýšenou pozornost na oxydační vlivy v konečné fázi výroby piva, a na možnosti jejich omezení, např. používáním  $CO_2$  a zároveň zajištěním ekonomických podmínek pro získávání  $CO_2$  z vlastních zdrojů, jako produktu hlavního kvašení.

Abychom zjistili, jakých výsledků se dosáhne po stránce analytické, trvanlivostní, i ekonomického efektu, při různých formách plnění a stáčení s použitím kupovaného  $CO_2$ , provedli jsme v našem národním podniku celou řadu pokusů. Náš zájem nebyl soustředěn jen na problémy 12<sup>o</sup> piva exportního, ale zjišťovali jsme i vlivy sníženého obsahu vzduchu u pív, vyrobených v podmínkách menšího provozu, u tuzemských konzumních pív 10<sup>o</sup> světlých, která dokvašují při poměrně vyšších teplotách a jsou stáčena za nízkých tlaků.

## Část experimentální

### Metodika

Rozpuštěný kyslík byl stanoven kolorimetricky podle Stone a Rotschilda [1], vzduch ve Schwarzově přístroji, kde se vytřepává do roztoku 20% NaOH, při čemž se  $CO_2$  pohlcuje, a v byretě odečítá objem, odpovídající zbylému vzduchu, redukční schopnost ITT kolorimetricky pomocí 2,6 dichlorfenolindofenolu, pH se stanovilo na potenciometru Fraza za použití kalomelové a chinhydronové elektrody. Kysličník uhličitý byl stanoven plynoměrně výpočtem ze vzorce:

$$\% CO_2 = \left[ (P + 1) - \frac{a}{b} \right] \times 0,139,$$

a vážkově podle Macheleidta.

$P$  = tlak při 25<sup>o</sup> C,

$a$  = objem vzduchu,

$b$  = objem hrdlového prostoru.

Ověřovali jsme si, do jaké míry nám ovlivní rozpuštěný vzduch hodnoty ITT,  $CO_2$  a trvanlivosti u lahví různých velikostí. Především odebrali jsme série vzorků pív normálně naplněných za předpokladu pečlivého odpěnění. U těchto vzorků ihned po stočení byla stanovena procenta  $CO_2$ , ITT, pH, celkový vzduch a rozpuštěný kyslík kolorimetricky. Tytéž rozborů byly provedeny se stejným druhem piva, kde však v hrdlovém prostoru zůstal větší objem vzduchu vlivem špatného odpěnění. Série těchto dvou druhů vzorků, odpěněných a neodpěněných, byly zpastorovány a ponechány 14 dní v klidu při laboratorní teplotě. Po této době byly u nich provedeny stejné rozborů.

K diskusí výsledků třeba říci, že vzorky dobře odpěněné měly obsahy vzduchu, stanovené běžnou plynoměrnou metodou, u lahví obsahu 0,65 l průměrně 4 ml kyslíku, z čehož rozpuštěný kyslík tvoří 3,7 ml. Procentový obsah kysličníku uhličitýho dosahoval průměrné hodnoty 0,39 %, ITT 90 s.

U špatně odpěněných vzorků se objemy vzduchu pohybovaly od 5 do 15 ml, při čemž hodnota rozpuštěného kyslíku zůstávala 3,8 až 3,9 ml a ITT rovněž nevykazovalo po stočení velkých rozdílů. Obsah  $CO_2$  byl průměrně o 0,02 % vyšší, což lze připisovat tomu, že nedošlo ke ztrátě jako u lahví odpěněných.

Barva u obou stanovení byla 0,65—0,70 ml 0,1 N  $I_2$ . Srovnáme-li výsledky paralelních rozborů po 14denním stání při laboratorní teplotě, docházíme k číslům již značně pozměněným. Procentový obsah  $CO_2$  zůstává poměrně stejný v obou případech. ITT u vzorků piva dobře odpěněného se prakticky nemění, rovněž tak jako hodnota rozpuštěného kyslíku. U vzorků pív neodpěněných s vyšším obsahem vzduchu dochází ke změnám všech faktorů. ITT se zvyšuje z 90 s na 200—300 s. Tyto rozdíly lze připisovat i různým původním množství kyslíku v hrdlovém prostoru, který zůstal v láhvi po stočení a již během 14 dnů přecházel ve formu rozpustnou a zúčastnil se oxydačních pochodů, snižujících redukční schopnost piva.

Zajímavé a důležité je zjištění, že doba 14 dnů stála, aby došlo k takovým oxydačním změnám vlivem zvýšeného množství kyslíku, že barva piva



stoupala z 0,67 ml 0,1 N I<sub>2</sub> na 0,90–1,00 ml 0,1 N I<sub>2</sub>. U řady vzorků se zvýšenou barvou, tedy vzorků neodpěněných, se během tří týdnů vytvořily nebiologické sedimenty.

Z uvedeného vyplývá, jak důležitá pro konečnou fázi výroby piva je nutnost omezit styk výrobku se vzduchem.

Dále uváděné pokusy byly konány:

- s 12<sup>0</sup> pivem, které kvasilo za optimálních podmínek a nízkých teplot v ležáckém sklepu 1–1,5<sup>0</sup> C;
- s pivem 10<sup>0</sup> světlým, které kvasilo za podmínek normálního velkého provozu, při 2–3<sup>0</sup> C v ležáckém sklepe;
- s pivem 10<sup>0</sup> světlým, které kvasilo za podmínek malého provozu, při 7–7,5<sup>0</sup> C v ležáckém sklepu a k jehož výrobě bylo použito surogátů.

V zásadě byly provedeny 3 druhy pokusů:

A. Přetlačný tank obsahu 30 hl v lahvárenském sklepu byl naplněn vodou, tato byla vytěsněna CO<sub>2</sub> z bomby a do takto předplněného tanku naplněno pivo. Pivo bylo na stáčecí aparát vytlačováno rovněž kyslíčníkem uhlíčitým.

B. V přetlačném tanku byla kyslíčníkem uhlíčitým z bomby vytvořena ochranná vrstva CO<sub>2</sub> v množství, odpovídající jedné čtvrtině CO<sub>2</sub> spotřebovaného k naplnění celého tanku v předcházejícím pokusu.

C. Normální stáčení bez použití CO<sub>2</sub>.

Abychom si zjistili biologická kritéria, která mohla ovlivnit pokusy s CO<sub>2</sub> a zkreslit případně výsledky, provedli jsme předem biologickou kontrolu provozů. Biologická čistota provozu po celé lince výroby byla dobrá, ale horší se jevila konečná fáze, kde někdy výkapy lahví po umytí vykazovaly nepříznivé výsledky.

S problémy nedostatečného mytí lahví jsme se v exportním závodě vyrovnali zvýšením teplot mycích roztoků v myčkách typu Nama. Tím jsme se přiblížili vysokým teplotám louhů, dnes běžně používaným v cizině, a dosáhli jsme téměř úplné sterility lahví. Při správné regulaci postupně se zvyšujících a klesajících teplot nedochází u nás k ztrátám praskáním lahví ani dnes, kdy prakticky přicházejí do lahvovery chladné z neaklimatizovaných skladů.

U menších závodů, které používají myčky typu Rotaplana, a kde jsou v chodu ještě ruční myčky, nemůžeme dostatečně zvyšovat teploty nad určitou hranici, protože doba průchodu láhve myčkou je krátká a tepelný náraz by měl za následek velkou ztrátu, způsobenou lomem lahví. V tomto případě musí pomoci zvýšený účinek mycích prostředků. Některé dodávky P3 vykazují špatné rozpouštěcí schopnosti a ani zvýšenými dávkami nedosahovali jsme žádané koncentrace. Byly použity proto jiné druhy mycích prostředků. Abychom vyloučili případné výkyvy trvanlivosti, způsobené nedostatečným mytím lahví, používali jsme při pokusech se stáčením v prostředí CO<sub>2</sub> sterilních lahví.

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky ze tří pivovarů, označených A, B, C. Uvedená čísla jsou průměrné hodnoty z 15 rozborů.

Tabulka 1

Průměrné hodnoty analyzovaných piv: pivovar A — pivo 12<sup>0</sup>

Doba dokvašování v ležáckých sudech 130 dní při teplotě 1<sup>0</sup> C

Vzorek čís.	Tlak kg/cm <sup>2</sup>	ml vzduchu		CO <sub>2</sub> %	pH	ITT s	Trvanlivost počet dní
		láhev 0,36 l	láhev 0,65 l				
Pokus A:							
1	1,7	2,5	3,0	0,39	4,7	107	13
2	1,7	1,9	2,0	0,40	4,6	110	13
3	1,7	2,0	3,0	0,39	4,6	110	13
Pokus B:							
1	2,0	2,5	2,9	0,38	4,6	105	11
2	1,8	2,6	3,5	0,38	4,6	105	11
3	1,6	3,3*	4,6	0,33	4,6	135	11
Pokus C:							
1	1,8	2,6	3,1	0,39	4,6	110	10
2	1,7	3,5	4,7	0,39	4,6	130	10
3	1,7	4,0	2,2	0,39	4,6	150	10

\*) Tank stál naplněný 12 hodin, než došlo k vlastnímu stáčení. Těsně před stáčením byly provedeny nové analýzy a ukázalo se, že vrstva CO<sub>2</sub> není dokonalou ochranou, neboť i touto difunduje vzduch do piva

Tabulka 2

Průměrné hodnoty analyzovaných piv: pivovar B — pivo 10<sup>0</sup>

Doba dokvašování 21 dní, teplota v ležáckém sklepe 2–3<sup>0</sup> C

Vzorek čís.	Tlak kg/cm <sup>2</sup>	ml vzduchu láhve 0,5 l	CO <sub>2</sub> %	pH	ITT s	Trvanlivost počet dní
Pokus A:						
1	1,6	5,0	0,39	4,7	325	8
2	1,8	1,9	0,40	4,7	335	8
3	1,7	2,3	0,40	4,7	340	8
Pokus C:						
1	1,5	7,2	0,37	4,7	335	6
2	1,7	7,5	0,36	4,7	360	6
3	1,5	14,0	0,36	4,7	370	6

Vzorek č. 1 — Sklep u směšovacího aparátu  
Vzorek č. 2 — Přetlačný tank v lahvovery  
Vzorek č. 3 — Nepastérované pivo, láhev 0,5 l

Tabulka 3

Průměrné hodnoty analyzovaných piv: pivovar C — pivo 10<sup>0</sup>

Doba dokvašování 21 dní, teplota v ležáckém sklepe 7–7,5<sup>0</sup> C

Vzorek čís.	Tlak kg/cm <sup>2</sup>	ml vzduchu láhve 0,5 l	CO <sub>2</sub> %	pH	ITT s	Trvanlivost počet dní
1	1,2	1,3	0,35	4,5	290	8
2	1,5	12,0	0,36	4,5	315	5
3	1,1	2,2	0,34	4,5	300	7

Vzorek č. 1 — pivo stočené do láhve 0,5 l z tanku předplněného CO<sub>2</sub>  
Vzorek č. 2 — pivo stočené normálně do láhve 0,5 l  
Vzorek č. 3 — pivo stočené normálně s automatickým poklepem

### Diskuse

Z uvedených čísel vyplývá, že tlak, pH a % CO<sub>2</sub> jevíly se při všech těchto pokusech veličinami téměř konstantními, zatímco ITT, hlavně pak obsah vzduchu a trvanlivosti vykazovaly u každé série pokusů různé variability.

Přikarbonizování, prováděné před plněním lahvárenského tanku 12<sup>0</sup> piva, neovlivní výsledek pro-



centového obsahu a zvyšuje jeho podíl jen v setinách procenta. Nejistili jsme ani patrného zvýšení obsahu  $\text{CO}_2$  v pivě, které bylo napouštěno do tanku, předplněného kysličníkem uhličitým. Při stáčení pivo mírným poklepem zpění, vytěsni vzduch v hrdlovém prostoru, ale ztráta  $\text{CO}_2$  neovlivní původní hodnotu o více než 0,02 %.

V hodnotách pH projevila se již známá ústojná schopnost piva, neboť po celé lince sklep — tank — stáčecí přístroj — pastér nevykazovalo žádných změn, ať již bylo plněno z prostředí  $\text{CO}_2$  nebo vzduchu.

Hodnoty redukční schopnosti, vyjádřené testem ITT u piva v tanku, předplněného  $\text{CO}_2$ , se na lince od stáčení do pasterace nemění, protože obsah kyslíku je u takto stáčeného piva minimální a ne dochází k oxydačním změnám. U piva plněného normálním způsobem dochází již během 12 hodin, kdy pivo stojí naplněné v lahvérenském tanku, k prolínání vzduchu z horních vrstev, které se provzdušnilo při napouštění a ovlivňuje zvýšení ITT o 50—70 s, pokud můžeme tuto diferenci u poměrně hrubé metody stanovení počítat za důležitou pro konstatování. Nejdůležitějšími se ukázaly hodnoty trvanlivosti v závislosti na množství vzduchu. S omezeným množstvím vzduchu zvyšuje se trvanlivost, jak vysvítá z pokusu B, zvláště pak A.

Nejvyššího efektu zvýšení trvanlivosti jsme dosáhli v případech, kdy k dosažení protitlaku na stáčecím bubnu bylo použito kysličníku uhličitého. Snížili jsme obsah vzduchu v láhvi 0,65 l na 2 ml a trvanlivost stoupla na 15 dní.

U  $10^0$  piv konzumních jsou vzduchové problémy značně větší. Z důvodu nerovnoměrného plnění, neodklepávání lahví, kolísají hodnoty vzduchu v rozmezí 6—25 ml u lahví velikosti 0,5 l. Použijeme-li kysličníku uhličitého k předplnění tanku, vyrovnává se hodnota tak, že obsah vzduchu klesne na 2,5 ml i níže, přičemž trvanlivost se zvyšuje o 3 dny proti původní.

Srovnáme-li mezi sebou výsledky dosažené u jednotlivých pivovarů, vidíme značné rozdíly především v obsahu  $\text{CO}_2$ . Piva  $12^0$  a  $10^0$  z velkého provozu, která dokvašují za nízkých teplot ( $1-2^0\text{C}$ ), mají průměrně 0,40 %  $\text{CO}_2$ , piva z pivovarů, kde v ležáckém sklepe jsou teploty vyšší, mají maximálně 0,30—0,36 %  $\text{CO}_2$ .

Velké difference vyskytují se v hodnotách ITT mezi  $10^0$  a  $12^0$  světlým pivem. Tyto rozdíly můžeme připisovat vlastnímu složení mladiny. U  $12^0$  piva vlivem vyššího sypaní sladu je zajištěno vyšší procento cukrů a vyšší dávkou chmele větší obsah hořkých látek, než u piva  $10^0$ , kde se ještě používají surogáty s menšími hodnotami. Dá se předpokládat, že  $12^0$  piva budou vykazovat vyšší redukční schopnosti, než piva  $10^0$ , která pomaleji odbarvují indikátor a jejich ITT je 350 až 490 s. Piva  $12^0$  mají maximálně test ITT 110—140 s.

Z těchto výsledků vyplývá, že za účelem zvýšení trvanlivosti je nutné omezit obsah vzduchu v pivě. Lze jej snížit předplněním tanku kysličníkem uhličitým a nevyklouzat pak ani použití  $\text{CO}_2$  jako protitlaku na stáčecím bubnu. Jednoduchou vrstvou kysličníku uhličitého nedosáhneme totožného výsledku s úplným předplněním. U velkých provozů s neustálým chodem stáčecího zařízení se dá počítat s ekonomickým využitím kvasného  $\text{CO}_2$ . Toto řešení by však nebylo únosné pro malé a střední pivovary s nízkým výstavem. Tam by použití kupovaného  $\text{CO}_2$  zvýšilo cenu piva o 60 haléřů na 1 hl, nepočítáme-li v to náklady na dopravu bomb, údržbu zaří-

zení a obsluhu. Provedli jsme tedy ještě řadu dalších šetření v pěti malých pivovarech, kde jsme stáčeli pivo normálním způsobem, a odebírali vzorky, které prošly na lince: stáčecí přístroj — zátka — vačka jednak normálně, a jednak s mírným poklepem, aby pivo zpěnílo. Dosáhli jsme toho, že obsah vzduchu v láhvi 0,5 l se nám snížil z hodnot kolísajících nad hranicí 6—20 ml na 1,5—3 ml vzduchu. Procentový obsah  $\text{CO}_2$  se tímto poklepem téměř nezměnil. Snížení nastalo jen v setinách procenta, a trvanlivost se zvýšila o 1 až 2 dny. Podle těchto výsledků bychom mohli u malých pivovarů dosáhnout automatických poklepem značného zvýšení trvanlivosti, a případnou nízkou přikarbonizací nahradit vlastní ztráty  $\text{CO}_2$ .

Na závěr této zkušební části je nutno zdůraznit, že dosažení zvýšené trvanlivosti je pouze prvním stupínkem snahy po zvýšení stability piv a je nutno věnovat této otázce pozornost.

Možnost použití  $\text{CO}_2$  v závěrečné výrobní fázi můžeme rozdělit do několika úseků. V první řadě je to přikarbonizování piva, které se může provádět při dopravě piva do zásobních tanků. Odbornou literaturou je udávána spotřeba  $\text{CO}_2$  na přikarbonizování 0,1—0,15 kg  $\text{CO}_2$  na 1 hl piva.

Další upotřebení  $\text{CO}_2$ , na které se dnes klade velký důraz, je jeho použití pro předplňování stáčecích tanků, čím se má zabránit přímému styku s hladinou piva v tanku, a to zvláště tam, kde jsou tlaky 2—3 atp. Trvalé použití  $\text{CO}_2$  může pak vést k zavedení ležatých stáčecích tanků místo dnes používaných stojatých, umístěných popř. přímo pod stáčecími stroji, tak jak je tomu dnes již v řadě zahraničních pivovarů. Spotřeba pro tento manipulační úsek s  $\text{CO}_2$  činí 0,2—0,30 kg  $\text{CO}_2$  na 1 hl piva.

Má-li být dosaženo plnění piva do lahví bez jakéhokoliv přístupu vzduchu, musí být nejen do zásobního plniče místo tlakového vzduchu přiváděn  $\text{CO}_2$ , ale je nutno uvažovat i o zvláštním přístroji, předřazeném vlastnímu plniči, který by předplňoval láhve kysličníkem uhličitým. V takovém případě činí spotřeba podle údajů literatury asi 0,25 kg  $\text{CO}_2$  na 1 hl piva.

Podle našich zkušeností lze dosáhnout příznivých výsledků, i když láhve nejsou předplňovány kysličníkem uhličitým a pivo vtéká do směsi  $\text{CO}_2$  se vzduchem. Pivní nádrž musí být plynule doplňována kysličníkem uhličitým.

Konečně lze použít  $\text{CO}_2$  k vyfukování vzduchu z hrdel naplněných lahví, kde spotřeba může se pohybovat v mezích 0,2—0,4 kg  $\text{CO}_2$  na 1 hl piva.

Tento způsob však vyžaduje speciálního zařízení a proto v našich podmínkách nebyl provozně vyzkoušen.

Stejně podmínky platí i pro stáčení piva do sudů. I když zatím naše hlavní směry byly zaměřeny na lahvové pivo, používání  $\text{CO}_2$  při stáčení piva do sudů je nutné podrobit hlubšímu prověření. Aktuální je v našich podmínkách používání kovových sudů, u nichž jsou kladeny zvýšené požadavky zvláště na trvanlivost piva. Úkol zajistit plynulou výrobu sudového piva (v kovových sudech) se záručními lhůtami nejméně 2—3 měsíce, je program opravdu rozsáhlý. I když ani zde není použití  $\text{CO}_2$  nejzákladnějším faktorem, jsou oxydační vlivy vážnou překážkou. Při zvýšeném obsahu vzduchu v sudech je silně ovlivňována nejen barva piva, ale jsou to zejména chuťové změny, které svým způsobem činí pivo zásadně odlišným od základního charakteru.



Zkušební období použití způsobu sterilního stáčení piva do sudů je před svým dokončením a můžeme zdůraznit, že s předplňováním sudů  $\text{CO}_2$  a s vlastním stáčením  $\text{CO}_2$  jsme v poloproduktu dosáhli velmi dobrých výsledků. Tuto problematiku spolu s dosaženými výsledky uveřejníme v některém z příštích čísel Kvasného průmyslu.

Na základě předložených závěrů je třeba v pivovarském průmyslu věnovat zvýšenou pozornost získávání a používání  $\text{CO}_2$  i když způsob jeho získání a použití nejsou záležitostmi novou.

V současné době jsou k dispozici 3 základní zdroje  $\text{CO}_2$ :

1. zemní  $\text{CO}_2$ ,
2.  $\text{CO}_2$  získaný spalováním koksu,
3. kvasný  $\text{CO}_2$ .

Získávání  $\text{CO}_2$  ze zemních zdrojů je z hlediska ekonomického velmi efektivní, avšak je nutné přihlížet k jeho čistotě a produkci.

V současné době je nejrozšířenější výroba  $\text{CO}_2$  spalováním koksu.  $\text{CO}_2$  vyrobený spalováním vykazuje toto složení:

$\text{CO}_2$	99,73 %
$\text{O}_2$	0,05 %
$\text{CO}$	0,01 %
$\text{N}$	0,21 %
malé množství vody,	
organické látky ve stopách.	

Na výrobu 1 kg  $\text{CO}_2$  se spotřebuje 0,6 kg až 1 kg koksu. Čistota  $\text{CO}_2$  vyrobeného touto cestou vyhovuje při použití v pivovarské výrobě. Nákupní cena  $\text{CO}_2$  z rozděloven Technoplynu je pro pivovary 2,06 Kčs za 1 kg. Dále je nutno připočítat náklady za dopravu plných bomb do pivovaru a odvoz prázdných bomb do skladu. U nás se stává velmi aktuálním získávání  $\text{CO}_2$  přímo v pivovarské výrobě, a lze říci, že tento způsob má řadu předností. Vývin  $\text{CO}_2$  při kvasném procesu začíná již po 25–30 hodinách po nasazení kvasnic a jeho zvýšená produkce trvá 60 až 65 hodin. Pak zvolna klesá (obr. 1).

Přesto, že lze z 1 hl kvasící mladiny podle její stupňovitosti získat teoreticky až 3,8 kg  $\text{CO}_2$ , získává se prakticky jen asi 1,25–1,50 kg  $\text{CO}_2$  na 1 hl, a to proto, že se odsává  $\text{CO}_2$  pouze v období nejvyššího vývinu, kdy je zaručena jeho největší čistota. Za účelem zachycování a získávání kvasného  $\text{CO}_2$  v pivovarské výrobě opatřují se kádě poklapy z nerez, aluminia, betonu nebo smaltovaného plechu. Ve velmi nízkých prostorách lze použít i kvasných tanků. Poklapy jsou opatřeny těsnými dvířky s průhledy a v nejvyšším jejich místě se montuje odvětrávací potrubí s armaturou. Odsávání  $\text{CO}_2$  se obvykle děje z nižšího místa nad hladinou. V těchto kádích se udržuje mírný tlak asi 70 mm vodního sloupce. K zajištění trvalého tlaku při kvašení a k vyloučení nerovnoměrnosti zařazuje se mezi kvasné kádě a kompresor zásobník jímaného  $\text{CO}_2$ , který slouží jako vyrovnávací nádoba (gasometr).

Pomocí jedno- až dvoustupňové komprese stlačuje se získaný  $\text{CO}_2$  na 5–12 at, obvykle na 7 at a ukládá se v plynném stavu v tlakovém zásobníku  $\text{CO}_2$ . Za jednotlivé kompresní stupně zařazují se účinné protiproudové chladiče, takže stlačením na nízké hodnoty odstraňuje se z  $\text{CO}_2$  podstatná část vlhkosti, která se odvádí mechanicky z příslušných oddělovačů. Při čištění plynu se používá hlavně suchých způsobů filtrace. Aromatické látky se zachycují ak-

tivním uhlím. Stopy aldehydů, aminolátek, esterů, sirovočiku, těkavé chmelové oleje se odstraňují roztokem manganistanu draselného.

Plyn se vysušuje křemičtým gelem nebo chloridem vápenatým. Aby  $\text{CO}_2$  neobsahoval stopy oleje, volí se bezmazné konstrukce kompresorů.

Náplně je nutno regenerovat asi po 150 hodinách provozu. Aktivní uhlí regeneruje se parou, křemičitý gel horkým vzduchem, chladí se vzduchem studeným. Poměrně malé množství manganistanu draselného se nahrazuje novým roztokem. Filtrační a sušicí zařízení je dvojité, aby jedna část mohla být regenerována i během provozu.

Zařízení s dvoustupňovou kompresí a středotlakým zásobníkem plynného  $\text{CO}_2$  lze použít tam, kde se  $\text{CO}_2$  použije bezprostředně v provozu. Hluboce podchlazený  $\text{CO}_2$  lze též uskláňovat při vyšším tlaku v ležáckých zásobnících většího obsahu — v tekutém stavu (15 at, — 30°C).

Získávání  $\text{CO}_2$  v našem národním podniku se stalo velmi aktuálním a po zjištění a konečných závěrech z provedených pokusů chceme jímat  $\text{CO}_2$  pro vlastní potřebu.

Zařízení, které bude pro náš národní podnik dodáno strojírnou Würzen v NDR na výkon 20 kg nasávaného množství za hodinu, bude mít třístupňový bezmazný kompresor s elektromotorem o příkonu 5 kW. Bude dodávat plynný i kapalný  $\text{CO}_2$ . Plynojem má obsah 5 m<sup>3</sup>, tlakový zásobník 5,6 m<sup>3</sup>. Náplň aktivního uhlí činí 100 kg, křemičitého gelu 140 kg a 30 kg manganistanu draselného. Bude mít 3 stanice pro plnění lahví  $\text{CO}_2$ . Uvedený hodinový výkon vyžaduje max. obsah kádí ve spilce 3000–4000 hl, z čehož vyplývá hodnota 150–200 hl kvasného prostoru na 1 kg nasávaného  $\text{CO}_2$  na 1 hl.

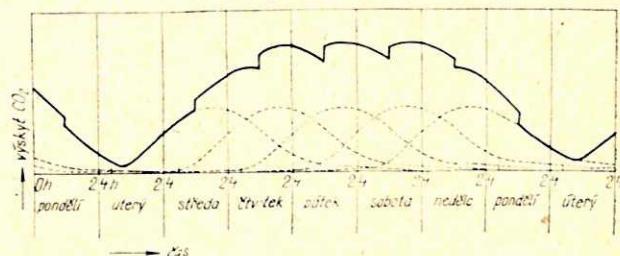
Dá se předpokládat, že čistota  $\text{CO}_2$ , získaného kvašením, bude vyšší než  $\text{CO}_2$ , získaného spalováním, protože obsahuje pouze nepatrné procento esterů a lihu a stopy aldehydů, kteréžto vedlejší produkty dají se velmi snadno odstranit. Zjišťování přesného složení  $\text{CO}_2$  při pivovarské výrobě je součástí našich dalších prací.

Jako nevýhody uzavřeného kvašení se uvádí:

Těkavé plynné produkty, zejména sirné sloučeniny, přecházejí jako kondenzáty zpět do piva, sbírají deky po skončeném kvasném procesu je obtížnější a uzavřeným kvašením se omezuje vylučování chmelových pryskyřic, takže v pivě zůstává více hořkých látek.

Výhody tohoto způsobu kvašení jsou:

Ochrana proti plísním ve spilkovém prostoru, dosažení jemnějšího aroma, ochrana proti okolní atmosféře (případně infikované), získávání vznikajícího  $\text{CO}_2$ , snížená spotřeba chladu ve spilce, protože je nutno méně větrat.



Obr. 1. Vývin  $\text{CO}_2$  při hlavním kvašení, regulovaném časově tak, aby zařízení na jímání  $\text{CO}_2$  bylo ekonomicky využito



**Ekonomické zhodnocení uváděných pokusů**

Při zkouškách 12<sup>o</sup> piva na tank 30 hl při tlacích 2 at a teplotě 5<sup>o</sup> C bylo spotřebováno kysličníku uhličitého:

	17 kg na vytěsnění vody
	17 kg na vytěsnění piva
celkem	34 kg CO <sub>2</sub> na 30 hl piva.
	0,56 kg CO <sub>2</sub> /hl na předplnění
	0,56 kg CO <sub>2</sub> /hl na vytěsnění
	1,12 kg CO <sub>2</sub> /hl spotřeba bez předplnění lahví
	0,59 kg CO <sub>2</sub> /hl na předplnění lahví
	1,61 kg CO <sub>2</sub> /hl celková spotřeba

Naproti tomu v podmínkách malého závodu na tank 50 hl při tlaku 0,7 at bylo spotřebováno kysličníku uhličitého:

	15,5 kg na vytěsnění vody
	15,5 kg na vytěsnění piva
	31,—kg celková spotřeba CO <sub>2</sub>
	0,31 kg CO <sub>2</sub> /hl na předplnění
	0,31 kg CO <sub>2</sub> /hl na vytěsnění
celkem	0,62 kg CO <sub>2</sub> /hl — bez předplnění lahví.

Již dříve bylo uvedeno, že 1 kg CO<sub>2</sub> dodávaného Technoplynem stojí pivovar 2,06 Kčs mimo dopravné, které si hradí závod sám.

Dále bude zdůvodněno ekonomické využití výroby CO<sub>2</sub> kvašením v našich podmínkách. Dodané zařízení stojí celkem 150 000 Kčs. Náklad na zakrytí asi 20 kádí bude činit přibližně 20 000 Kčs.

Při předpokládaném provozu 5000 hodin ročně a předpokládané regeneraci 200 hodin ročně je spotřeba:

1. Elektrické energie: třístupňový kompresor, blower, elektrický ohřev, osvětlení, celkem 27 200 kWh ročně . . . . .	5440,— Kčs
2. Spotřeba chladicí vody — 5500 m <sup>3</sup> ročně po 0,60 Kčs . . . . .	3300,— Kčs
3. Spotřeba páry — celkem 50 t ročně po 30,— Kčs/t . . . . .	1500,— Kčs
4. Spotřeba oleje — 200 kg po 5,— Kčs . . . . .	1000,— Kčs
5. Různé . . . . .	760,— Kčs
Celkové náklady na energii ročně . . . . .	12 000,— Kčs

Předpokládaná roční výroba 70 000 kg kysličníku uhličitého.

Měrný náklad na energii

$$\frac{12\,000}{70\,000} = 0,1714 \text{ Kčs/kg CO}_2$$

Měrný náklad na pracovní síly a chemikálie

$$\frac{36\,000}{70\,000} = 0,5142 \text{ Kčs}$$

Odpisy 10 % ročně z nákladů za dodané zařízení a zakrytí kádí v celkové hodnotě 170 000 Kčs činí

$$\frac{170\,000}{70\,000} = 0,2428 \text{ Kčs.}$$

Při roční výrobě 70 000 kg kvasného kysličníku uhličitého je možno počítat s celkovým nákladem včetně odpisů 0,928 Kčs na 1 kg CO<sub>2</sub>.

Vyplývá tedy závěr, že ekonomické zhodnocení jasně hovoří ku prospěchu využívání CO<sub>2</sub> v pivovarské výrobě.

V dalším je uvedeno několik bodů, které ještě hovoří ve prospěch kvasného CO<sub>2</sub>.

Nevýhody kysličníku uhličitého, získávaného spalováním a dodávaného do pivovaru:

1. vyžaduje spotřebu koksu,
2. nakládání a vykládání těžkých plných a prázdných lahví,
3. pohonné látky a dopravní náklady,
4. opotřebování dopravních prostředků,
5. závislost na cizím dodavateli,
6. nedostatečné zásobení při špičkové spotřebě v létě,
7. vysoká nákupní cena.

Výhody kvasného kysličníku uhličitého, získávaného přímo v pivovarské výrobě:

1. využijí se vlastní zdroje — odpadní CO<sub>2</sub>,
2. je odstraněna namáhavá práce,
3. odpadají dopravní náklady,
4. odpadá opotřebením vozidel,
5. závod je soběstačný,
6. jsou vždy k dispozici pohotovostní zásoby CO<sub>2</sub>,
7. nízké náklady při používání CO<sub>2</sub> v konečné fázi výroby piva.

**Závěr**

Sledoval se vliv vzduchu na trvanlivost, ITT, pH, vliv procenta CO<sub>2</sub> a tlaku. Byly provedeny řady pokusů se stáčením piva s úplnou ochranou CO<sub>2</sub>, s částečnou ochranou CO<sub>2</sub> a normálním způsobem. Zjistilo se, že úplná ochrana zvyšuje trvanlivost o 3 dny proti původní; částečnou ochranou nedosáhneme tak vysokého efektu, trvanlivost se zvýší o 1 den.

U malých provozů, kde stáčení pod ochranou CO<sub>2</sub> by nebylo ekonomicky únosné, doporučuje výsledek šetření používat automatického klepače, který za předpokladu dobré funkce zvýší trvanlivost nejméně o 1 — 2 dny; bylo provedeno zdůvodnění využití kvasného CO<sub>2</sub> a podán popis zařízení nutného k jeho jímání.

Z ekonomického šetření vyplývá, že používání CO<sub>2</sub>, získaného ve vlastním provozu, je podstatně levnější, nežli používání kupovaného CO<sub>2</sub>, nehledě k tomu, že koks je důležitou surovinou v jiném odvětví našeho průmyslu, zatímco CO<sub>2</sub> kvasný je složkou odpadní, doposud u nás nevyužívanou.

**Literatura**

- [1] Stone I., Rotschild M.: Journal of the Institute Brewing 44, 425 (1938)
- [2] De Clerck I.: Lehrbuch der Brauerei 2, 1952
- [3] Brauwelt
- [4] Stadler-Zeller: Flaschen und Dosenfüllerei



КИСЛОРОД И УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ  
В ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ФАЗАХ  
ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

SAUERSTOFF UND KOHLENSÄURE  
IN DER ENDPHASE DER BIERHER-  
STELLUNG

OXYGEN AND CARBON DIOXIDE IN  
FINAL STAGES OF BEER BREWING  
PROCESS

В статье анализируется влияние содержания воздуха в пиве на его стойкость, ИТТ и рН. Кроме того рассматривается влияние процентного содержания  $\text{CO}_2$  и давления. При экспериментах разливалось пиво с полным защитением углекислотой, с частичным защитением и обычным методом без защиты. Результаты показывают, что полная защита повышает стойкость пива на 3 дня. Частичная защита является менее эффективной повышая стойкость лишь на 1 день. В разливочных цехах малой производительности, где установка специальных устройств для разливки в защитной среде является неэкономной, следует применять встряхивающие автоматы повышающие при правильной наладке и работе стойкость пива минимально на 1—2 дня.

В статье подчеркивается важное значение рационального использования углекислоты отходящей при бродительных процессах и описываются установки необходимые для ее улавливания. Экономический анализ показывает, что углекислота из собственных цехов обходится значительно дешевле покупной. Кроме того следует учитывать, что кокс применяемый в качестве исходного сырья можно более целесообразно использовать для других промышленных целей в то время как углекислый газ получаемый при бродительных процессах является неиспользованным отходом.

In der Arbeit wird der Einfluss der Luft auf die Haltbarkeit, ИТТ, pH verfolgt, sowie auch der Einfluss des  $\text{CO}_2$ -Prozentgehaltes und Drucks. Es wurden Serien von Versuchen durchgeführt mit Bierabfüllung unter vollständigem  $\text{CO}_2$ -Schutz, partiellem  $\text{CO}_2$ -Schutz und auf normale Art. Es wurde festgestellt, dass der vollständige Schutz die Haltbarkeit um 3 Tage verlängert im Vergleich mit der ursprünglichen Stabilität. Durch partiellen Schutz wird ein weniger bedeutender Effekt erreicht, die Stabilität erhöht sich um 1 Tag. Kleinen Betrieben, wo die Bierabfüllung unter  $\text{CO}_2$ -Schutz unwirtschaftlich wäre, wird auf Grund der Untersuchungen die Anwendung einer automatischen Klopfvorrichtung empfohlen, welche bei guter Funktion die Haltbarkeit mindestens um 1—2 Tage verlängert.

Im weiteren wird die Ausnützung der Gärungskohlensäure begründet und die Einrichtung zur  $\text{CO}_2$ -Gewinnung beschrieben. Die ökonomischen Untersuchungen führten zu dem Schluss, dass die Verwendung der im eigenen Betrieb erzeugten Kohlensäure bedeutend billiger ist im Vergleich mit gekaufter Kohlensäure. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass Koks einen wichtigen Rohstoff für andere Industriezweige vorstellt, die Gärungskohlensäure demgegenüber ein bisher nicht ausgenütztes Abfallmaterial ist.

The article deals with the effect of air in beer upon its durability, ИТТ and pH. Further the influence of  $\text{CO}_2$  contents and pressure is analysed. Large-scale experiments were made with bottling beer under full protection by  $\text{CO}_2$ , under partial protection and without protecting gas. The results indicate that full protection improves durability by 3 days as compared with conventional methods, whereas partial protection is less effective improving the durability by 1 day only. In small bottling plants where special installations necessary for bottling with  $\text{CO}_2$  protection would not be economical, automatic shaking devices should be incorporated, which — if correctly adjusted — improve durability by at least 1—2 days.

The author underlines the advantages resulting from utilisation of  $\text{CO}_2$  produced by fermentation and describes trapping installations. Carbon dioxide produced in own brewery is substantially cheaper than purchased from supplying works. It must be taken in calculations that  $\text{CO}_2$  produced in breweries is so far a waste product, whereas for its industrial production coke is necessary which may be more economically used in other branches.