

Obsahuje-li pivo 0,35 až 0,50 váh. % kyslíčnicku uhličitého v rozpuštěné formě, je jím podle fyzikálního hlediska přesyceno. Otázka vazby  $\text{CO}_2$  byla již několikrát studována [1], leč dospělo se jen k hrubému poznatku, že nejzávažnější podíl plynu je obsažen ve formě rozpuštěné a po stránce fyzikální přichází v úvahu spíše vazba adsorpční než chemická.

Findlay [2] upozornil na vliv koloidů, jelikož podle povahy koloidních látek se  $\text{CO}_2$  z piva rychle nebo bouřlivě uvolňuje. Po počátečním rychlém uvolnění  $\text{CO}_2$  nastává tzv. metastabilní stav, v němž se plyn uvolňuje jen nepatrně. To lze pozorovat na příklad u roztoku želatiny a u roztoků obsahujících dextriny. Metastabilní stav způsobují jen soli, nikoli gely.

Lüers [3], za použití metodiky Findlayovy, sledoval uvolňování  $\text{CO}_2$  u pív normálních a u pív vyrobených podle Nathana, nenalezl však v resorpci  $\text{CO}_2$  a tedy ani v pevnosti vazby rozdílů.

**Metodika:** Podle Findlaye ponechá se láhvové pivo delší dobu při  $4^\circ\text{C}$ ; láhev se zváží, část piva se přetlačí do vychlazené  $\frac{1}{2}$ litrové baňky a ihned uzavřená láhev se opět zváží. Ve zbytku piva v láhvi se stanoví veškerý  $\text{CO}_2$  podle Mecheleidta. Baňky se rychle uzavřou zátkou s teploměrem a vypouštěcí trubicí. Vloží se do termostatu s  $8^\circ\text{C}$ . Jakmile pivo dosáhne této teploty, vypustí se veškerý  $\text{CO}_2$ , který se až do této doby uvolnil, načež se výpustná trubice ihned zapojí na plynovou byretu, u níž se jako uzavírací kapaliny užije roztoku bikarbonátu nasyceného  $\text{CO}_2$ . K získání slabého podtlaku se meniskus hladiny vyrovnávací nádoby nařídí poněkud níže. Objem plynu se měří v určitých časových intervalech a teplota se kontroluje.

Fink a Berwald [4] a Richter [5] pracovali podobně: prvně jmenovaní autoři použili k snažšímu

uvolňování  $\text{CO}_2$  třepacího zařízení firmy Lautenschläger. O vazbě  $\text{CO}_2$  pojednal též všeobecně Siegfried [6]; nezabýval se však podrobněji metodikou, uvedl jen několik příkladů ze zkoušek, při nichž vychlazené pivo bylo ponecháno v klidu při různých teplotách a měřen obsah  $\text{CO}_2$  v závislosti na čase.

## Část pokusná

Předběžným průzkumem jsem zjistil, že uvedené metody mohou být zatíženy většími chybami, protože při uvolnění  $\text{CO}_2$  velmi záleží na jakosti a čistotě lahví i nádob, v nichž se pivo zkouší. Při uvolňování  $\text{CO}_2$  v klidu vadí často i velmi jemný ostrý výstupek skla vnitřního povrchu. Na výsledky má také vliv rozpuštěný vzduch. U postupů třepacích je nezbytné, aby v třepačce bylo použito stabilizovaného elektrického proudu.

Ve snaze o zlepšení výsledků měření jsem vyzkoušel nové stanovení vazby  $\text{CO}_2$  rozpěněním při  $20^\circ\text{C}$  za stejných podmínek. Zkoušely se vzorky  $12^\circ$  plzeňského piva od láhvového plnicího stroje, od isobarometrického plniče sudů a vzorky láhvoových pív z jiných pivovarů.

Při zkouškách se vytemperované pivo ( $20^\circ$ ) stejnoměrně nalévalo z lahví 0,37 l po stěně nálevky průměru 12 cm se zkráceným stonkem, do 1,5 l tlustostěnné nádoby s uzavíratelnou výpustí u dna, výše pádu činila 13 cm. Jakmile pivo steklo, bylo ihned uklidněné, takže již po 15 vt bylo plněno do lahví 0,2 l stékáním po stěně a po naplnění ihned zazátkováno. Po vychlazení na  $0^\circ\text{C}$  stanoven zbytkový  $\text{CO}_2$  titračně; zvážená láhev otevřena, opatrně přidán 72 % NaOH, po opětovém uzavření obsah dobře promíchán a láhev se zátkou opět zvážena. Odměřených 10 ml roztoku po přidání 200 ml vody



prosté CO<sub>2</sub> si titrovalo 0,1 N-HCl do žlutého přechodu. Přidána nadbytečná 0,1 N-HCl (a ml), povařeno a vypuzen CO<sub>2</sub>. Po ochlazení titrováno zpět 0,1 N-NaOH do žlutočervené barvy (b ml). K výpočtu váh. % CO<sub>2</sub> nutno podotknout: Byla-li spec. váha alkalizovaného piva *d*, vážilo odpipetovaných 10 ml směsi 10 *d* gramů a spotřebováno bylo *a*<sub>1</sub> — *b*<sub>2</sub> ml N-HCl k rozkladu NaHCO<sub>3</sub>, přičemž *n*<sub>1</sub> a *n*<sub>2</sub> jsou faktory převádějící množství asi 0,1 N-HCl na ml N-HCl. Jelikož 1 ml N-HCl odpovídá 0,044 g CO<sub>2</sub> bylo pro výpočet váhového množství CO<sub>2</sub> (*x*<sub>1</sub>) alkalizovaného piva váhy *G* a váhová % CO<sub>2</sub> (*x*<sub>2</sub>) z váhy přidávaného NaOH (*g*) v gramech použito výsledného vzorce z úměr:

$$10 d : (a_1 - b_2) \cdot 0,044 = G : x_1$$

$$G - g : x_1 = 100 : x_2$$

$$x_1 = \frac{G(a_1 - b_2) \cdot 0,044}{10 d} = \frac{G(a_1 - b_2) \cdot 0,0044}{d}$$

$$x_2 = \frac{100 x_1}{G - g} = \frac{G(a_1 - b_2) \cdot 0,44}{(G - g) d}$$

Popsaným způsobem stanoven CO<sub>2</sub> v pivu po rozpěnění a v pivu původním (tab. I).

#### Kysličník uhličitý veškerý a po rozpěnění při 20 °C

Druh piva	Označení	Veškerý CO <sub>2</sub> váh. %	Zbytkový CO <sub>2</sub> váh. %	Uvolněný CO <sub>2</sub> v % vešk.
I. 12° sud. Prazdroj Plzeň	st. 1.6.	0,41	0,20	51,2
	8.6.	0,41	0,19	53,7
	12.6.	0,45	0,20	55,5
	19.6.T	0,39	0,20	48,7
II. 12° láhv. Prazdroj Plzeň	5.6.	0,40	0,22	45,0
	15.6.	0,39	0,21	46,2
	22.6.	0,38	0,21	44,7
	22.6.	0,39	0,21	46,1
III. 12° láhv. piva zahraniční	německé pivo B.	0,48	0,20	58,3
	německé pivo D.	0,42	0,20	52,3
	dánské pivo T.	0,54	0,19	64,8
	dánské pivo C.	0,49	0,18	63,2
	holandské pivo H.	0,49	0,20	59,1
	O.	0,45	0,20	55,5
	B.	0,49	0,19	61,2
	Z.	0,46	0,18	60,8
	M.	0,49	0,19	61,2

Tabulka I.

Dále se zkoušela piva různé stupňovitosti a piva, jichž koloidní stav byl pozměněn přísadou Deglutanu a filtrací odstupňovanou zvyšováním obsahu asbestu ve filtrační hmotě (tab. II). Vzorky z filtračních zkoušek byly připraveny laboratorně a použito pivo upravené 60 g Deglutanu na hl.

#### Kysličník uhličitý veškerý a po rozpěnění při 20 °C

Druh piva	Označení	Veškerý CO <sub>2</sub> váh. %	Zbytkový CO <sub>2</sub> váh. %	Uvolněný CO <sub>2</sub> v % vešk.
IV. Piva různé stupňovitosti	10° Gambrinus	0,38	0,20	47,3
	7° Gambrinus	0,37	0,19	48,6
	18° Senátor	0,42	0,20	52,4
	12° Budvar	0,41	0,20	51,2
V. 12° pivo ze zkoušek vlivů adsorpčních	N-látky A+B % podle Lundina			
	43,8	0,41	0,20	51,2
	38,1	0,40	0,20	50,0
	32,5	0,43	0,20	53,5
	20,9	0,40	0,18	55,0
	18,4	0,40	0,17	57,5

Tabulka II.

#### Souhrn

Sledování zbytkového CO<sub>2</sub> v pivu po rozpěnění volným pádem je instruktivní, protože osvětluje pevnost vazby kysličníku uhličitého v pivu vůbec.

Po rozpěnění za stejných podmínek uniklo z různých druhů piv 45 až 65 % veškerého CO<sub>2</sub>, přičemž některá piva se vyznačovala vyšším podílem snadno resorbovatelného CO<sub>2</sub>, avšak největší měrou se projevil stupeň přesycení. Hodnoty zbytkového CO<sub>2</sub> kolísaly jen ve velmi úzkých mezích. Jen piva intenzivně ochuzená o bílkoviny jevila sklon k snazšímu uvolňování CO<sub>2</sub>.

#### Literatura

- [1] LÜERS: Wiss. Grundl. v. Brauerei u. Mälzerei (1950) 764
- [2] FINDLAY a spoluprac., Koll. Z. 3, (1908), 169, Journ. Ch. S. 97, 538, 586, 99, 1313; 101, 1495; 103, 636; 105, 291, 1297; 107, 282;
- [3] LÜERS: Ztsch. f. d. Ges. Brauwesen (1942), č. 3, 17
- [4] FINK u. BERWALD: Woch. f. Br. (1933), 326
- [5] BÖHM u. RICHTER: Woch. f. Br. (1937), 43
- [6] SIEGFRIED: Schw. Br. Rdsch. 61 (1950), 19-22

#### Выводы

Определение количества остаточного CO<sub>2</sub> в пиве после его вспенения свободным падением дает пенные аналитические сведения, так как показывает прочность связи углекислого газа с пивом.

При соблюдении всех прочих одинаковых условий из разных сортов пив уходило от 45 % до 65 % общего содержания CO<sub>2</sub>. У некоторых сортов пива наблюдалась повышенная способность ресорбции CO<sub>2</sub>, однако главным фактором следует считать степень пересыщения. Измеренные количества остаточного CO<sub>2</sub> рассеиваются лишь в узких пределах. Сорта пив с существенно заниженным содержанием белковых веществ обнаруживают тенденцию к интенсивному выделению CO<sub>2</sub>.

#### Zusammenfassung

Das Verfolgen des Rest-Kohlendioxyds im Bier nach der Auflösung durch freien Fall ist instruktiv, denn es bringt Erkenntnisse über die Festigkeit der Kohlendioxyd-Bindung im Bier im allgemeinen.

Nach dem Aufschäumen unter gleichen Bedingungen ist aus verschiedenen Biersorten 45 bis 65 % des Gesamtkohlendioxyds entwichen, wobei einige Biere durch einen höheren Anteil an leicht resorbierbarem CO<sub>2</sub> gekennzeichnet waren, aber im grössten Ausmass zeigte sich die Auswirkung des Übersättigungsgrades. Die Werte des Rest-Kohlendioxyds schwankten nur innerhalb enger Grenzen. Nur bei Bieren, deren Eiweissgehalt intensiv herabgesetzt wurde, konnte die Neigung zur leichteren Entweichung des Kohlendioxyds beobachtet werden.