

Přehled problematiky rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivovarství

663.41:546.21

Ing. JAN ŠAVAL, Jihočeské pivovary, n. p., České Budějovice,
Prof. Ing. JOSEF MOŠTEK, DrSc., katedra kvasné chemie a technologie, VŠCHT Praha

ÚVOD

Význam vzdušného kyslíku pro výrobu piva zkoumal již na konci minulého století Louis Pasteur. Od té doby se kyslíkem v pivovarství zabývalo mnoho autorů.

V první části pivovarské výroby působí vzdušný kyslík příznivě k pomnožení násadních kvasnic, jejich metabolické aktivitě, pak k sedimentaci kvasnic, avšak po filtraci piva se projevuje jeho vliv již negativně v nežádoucí oxidaci hotového výrobku. Cílem našeho přehledu této problematiky je shrnout hlavní literární údaje o obsahu, měření a významu rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivovarství, na něž budou navazovat vlastní experimentální šetření.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Rozpustnost kyslíku v mladině a pivu

V mladině a pivu se rozpouští poměrně málo vzdušného kyslíku. Rozpustnost kyslíku v pivu je téměř stejná jako ve vodě, rozpustnost v mladině je nižší. Rozpustnost kyslíku ve vodě se udává *tabulkou* [1], nebo hodnotami Henryho konstanty [2]. K tomu uvádíme ve zkráceném tvaru a formě potřebné údaje v *tab. 1* [6].

Tab. 1. Rozpustnost kyslíku ve vodě nasycené vzduchem při atmosférickém tlaku 101,323 kPa (760 torr) [6]

Teplota (°C)	Rozpustnost kyslíku (mg O ₂ l ⁻¹)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	14,62	14,23	13,84	13,48	13,13	12,80	12,48	12,17	11,67	11,59
10	11,33	11,08	10,83	10,60	10,37	10,15	9,95	9,74	9,54	9,35
20	9,17	8,99	8,83	8,68	8,53	8,38	8,22	8,07	7,92	7,77
30	7,63	7,50	7,40	7,30	7,20	7,10	7,00	6,90	6,80	6,70
40	6,60	6,50	6,40	6,30	6,20	6,10	6,00	5,90	5,80	5,70

Příklad: rozpustnost vzdušného kyslíku ve vodě při 23 °C je 8,68 mg O₂ l⁻¹

Jako jednotek koncentrace rozpuštěného kyslíku se v pivovarství nejčastěji používá mg O₂/l. Jinými jednotkami jsou molární zlomek nebo tlak kyslíku, který je v rovnováze s roztokem kyslíku dané koncentrace. Vztahy mezi těmito veličinami lze např. vyjádřit rovnicí [3, 4]:

$$C_{O_2} = \frac{X_{O_2}}{1 - X_{O_2}} \cdot \frac{M_{O_2}}{M_{H_2O}} \cdot \rho \cdot 10^3 = X_{O_2} \cdot \frac{M_{O_2}}{M_{H_2O}} \cdot \rho \cdot 10^3$$

$$P_{O_2} = H_{O_2} \cdot X_{O_2}$$

kde:

- C_{O_2} — je koncentrace kyslíku ve vodě v mg O₂ l⁻¹,
- M_{O_2}, M_{H_2O} — molární hmotnosti kyslíku a vody,
- ρ — měrná hmotnost vody v kg m⁻³,
- H_{O_2} — Henryho konstanta,
- P_{O_2} — parciální tlak kyslíku,
- X_{O_2} — koncentrace rozpuštěného kyslíku (molární zlomek rozpuštěného O₂).

Rozpustnost kyslíku v mladině se nejčastěji vyjadřuje koeficientem, kterým se násobí rozpustnost kyslíku ve vodě, aby se získala rozpustnost v mladině. Podle Pasteura je hodnota tohoto koeficientu dána matematickým vzorcem [5], podle jiných údajů [6] graficky. Proto v *tab. 2* jsou pro praktické koncentrace mladin uvedeny hodnoty těchto koeficientů odečtených podle *grafu* uvedeného v cit. [6].

Konkrétní údaje o rozpustnosti vzdušného kyslíku v mladině lze najít v cit. [5, 7—10]. V průměru se při atmosférickém tlaku a teplotě 5 °C pohybuje rozpustnost kyslíku v 12% mladině kolem 10,5 mg O₂/l, v 10% mladině kolem 10,9 mg O₂/l; starší literatura obvykle udávala nižší hodnoty. V nezakvašené mladině nasycené kyslíkem však koncentrace rozpuštěného kyslíku postupně klesá, a to jak oxidací extraktových složek mladiny, tak využitím kyslíku kontaminujícími mikroorganismy [9, 11].

Hodnoty rozpustnosti kyslíku v mladinách se u různých autorů liší (*tab. 3*).

Tab. 2. Faktor pro výpočet rozpustnosti kyslíku v mladině [6]

Koncentrace mladiny (%)	6	7	8	9	10	11	12	13
Faktor	0,930	0,920	0,910	0,898	0,887	0,874	0,860	0,845

Příklad použití hodnot tab. 1 a 2: rozpustnost kyslíku v 12% mladině při 6 °C je $12,48 \cdot 0,86 = 10,73 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$

Tab. 3. Rozpustnost kyslíku v 12% mladině nasycené vzduchem při tlaku 101,323 kPa (760 torr)

Číslo literární citace	Obsah rozpuštěného kyslíku v mg O ₂ l ⁻¹ při různé teplotě (°C)				
	0	5	10	15	20
6	12,6	11,0	9,7	8,7	7,9
8	12,5	10,5	9,2	8,1	7,4
9	8,9	8,2	7,2	6,8	6,3

1.2 Měření rozpuštěného vzdušného kyslíku

1.2.1 Plynoměrné metody

Plynoměrných metod se používá většinou k měření obsahu kyslíku nebo vzduchu v hrdle lahvi. Vtipnou rychlometodu k přímému měření objemu vzduchu rozpuštěného v pivu navrhl Fisch [12].

1.2.2 Kolorimetrické metody

Většina metod se zakládá na tvorbě barevného produktu při oxidaci bezbarvé leukoformy indigokarmínu na barevnou sloučeninu [9, 13–20]. Jednotlivé modifikace metody se liší redukčními činidly, reakčními podmínkami, způsoby zabraňujícími přístupu kyslíku při odběru a transportu vzorku a způsobem kolorimetrie.

V praxi se nejvíce rozšířila modifikace s injekční stříkačkou podle Kipphana, nebo provozní metoda s ampulkami činidla v lahvích piva [20]. Metody se používá pro měření rozpuštěného kyslíku v mladině i pivu. Stanovení je dostatečně přesné, nevýhodou je pracnost.

1.2.3 Plynová chromatografie

Původní práce uveřejnili Bethune et al. [21], později této metody v různých obměnách použili další autoři ke studiu obsahu a skladby plynů v hrdlovém prostoru lahví piva [22, 23], ke sledování kinetiky reakce mezi kyslíkem a mladinou nebo pivem [24], k měření rozpuštěného kyslíku v mladině [8, 25, 26] nebo ke stanovení dusíku, kyslíčnicku uhličitého a kyslíku v pivu [27, 28]. Plynové chromatografie rovněž využívá automatický přístroj pro analýzu plynů z hrdlového prostoru lahví piva [29].

Výhodami těchto metod jsou přesnost, rychlost stanovení a možnost analýzy z malého objemu vzorku, nevýhodami cena chromatografu, nutnost vysoce kvalifikované obsluhy a nemožnost měření přímo v provozu.

1.2.4 Elektrochemické metody

Elektrochemické přístroje pro měření rozpuštěného vzdušného kyslíku pracují na polarografickém principu. Elektrody jsou kryté (membránové) nebo nekryté. Zdroj napětí je vnější, nebo elektrody tvoří galvanický článek.

Příkladem měření s nekrytou elektrodou je klasická polarografie se rtuťovou kapkovou elektrodou. Ačkoliv se této metody použilo pro stanovení rozpuštěného kyslíku v mladině a pivu [30–32], lze ji podle současných poznatků doporučit pouze pro laboratorní stanovení kyslíku v mladině [7].

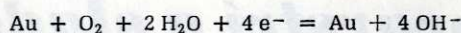
Jiné nekryté elektrody jsou pevné, zhotovené z různých kovů, např. Ag a Ni-Cd [33, 34], Ag a Zn-Fe [35–38], Ag a Fe [11].

U krytých elektrod je elektrodový prostor od vnějšího prostředí oddělen membránou z polypropylenu, polyetylenu, teflonu, silikonového kaučuku apod. Membrána propouští kyslík, ale zadržuje bílkoviny a rušivé ionty [8, 39–46].

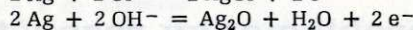
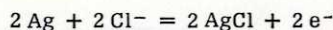
Dynamické vlastnosti elektrody závisí na tvaru a materiálu elektrod, na velikosti elektrodové komůrky, na druhu elektrolytu a na síle a vlastnostech membrány [47]. Kryté elektrody měří tensi rozpuštěného kyslíku a nikoliv koncentraci, která se z tense teprve vypočítává.

Podrobný přehled průmyslově vyráběných přístrojů používaných v pivovarství uveřejnili Howard et al. [48]. V ČSSR vyráběné přístroje jsou typu Dissolved Oxygen Analyzer MU-64 [39, 42, 49] a Oximetr [50]. Z dovážených přístrojů se nejlépe osvědčily výrobky firmy WTW [50]. Na elektrodách těchto přístrojů probíhají reakce typu:

katoda:



anoda:



1.3 Rozpuštěný vzdušný kyslík v mladině

V horké mladině je fyzikální rozpustnost kyslíku podstatně nižší než za studena [11]. Kyslík reaguje s extraktivními složkami mladiny, např. s cukry, bílkovinami s SH-skupinami, tříslovinami i chmelovými hořkými látkami [51]. Názory na technologický význam oxidace za horka se různí [30, 52–55]. S oxidací mladiny za horka souvisí vylučování kalů, což má vliv na průběh hlavního kvašení [56, 57]. Neexistuje jednotný předpis na stupeň nasycení studené mladiny. Obvykle se doporučuje 55 až 80% nasycení mladiny vzduchem [58–61], což při atmosférickém tlaku a teplotě 5 °C odpovídá 5,8–8,4 mg O₂/l pro 12% mladinu a 6,0 až 8,7 mg O₂/l pro 10% mladinu. Sycením mladiny vzduchem pod tlakem se mohou získat přesycené roztoky rozpuštěného kyslíku, které za normálního tlaku přecházejí v nasycené.

Množství vzduchu potřebného k dosažení těchto hodnot kolísá podle účinnosti vzdušnicového zařízení. Zpravidla se udává spotřeba 30 až 100 ml vzduchu na 1 litr mladiny [5, 49, 62].

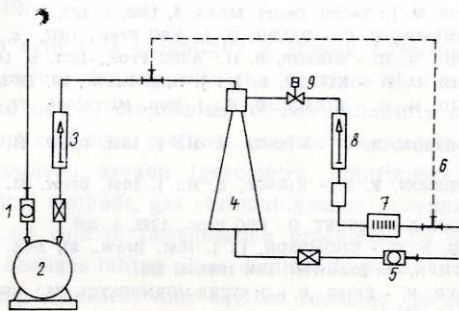
V praxi se používá různých systémů provzdušňování, nejběžnějšími jsou sycení mladiny vzduchem na sprchových chladičích a provzdušňování keramickou svíčkou. V ČSSR popsali provzdušňovač s keramickou svíčkou Lejsek et al. [49]. Jiné typy provzdušňovačů se skládají z keramické nebo kovové frity, z jemně vrtaných svíček apod. Zpravidla se liší jen velikostí a plochou v mladinovém potrubí [63].

V přístroji typu Ferment-O-Start (obr. 1) se vzduch i kvasnice přisávají do proudu mladiny podtlakem, který vzniká prouděním mladiny tryskou [64]. Přesné dávkování kyslíku umožňuje dávkování ledové vody nasycené kyslíkem při tlaku 0,5–1,0 MPa [65]. V praxi se někdy používá sycení mladiny čistým kyslíkem místo vzduchem [61].

Kyslík při růstu pivovarských kvasinek vystupuje jako koncový akceptor elektronů v řetězci respiračních enzymů.

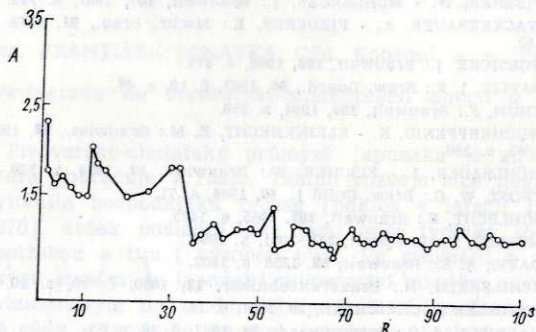
Kyslík z mladiny se absorbuje buňkami kvasinek již v prvních hodinách kvašení [49]. Počáteční koncentrace rozpuštěného kyslíku má vliv na růstovou a později i na fermentační rychlost, a tím i na množství produkovaných kvasnic. Tyto vlivy jsou nejvýraznější v rozmezí 0–20 % nasycení mladiny vzduchem (viz dřívější „pro-

tahování“ zakvašených kádí ve spilce]. Při kultivaci za striktního nepřístupu kyslíku se růst kvasinek za několik generací zastaví.



Obr. 1. Funkční schéma přístroje pro stanovení rozpuštěného kyslíku typu Ferment-O-Start [64]

1 — průhledník na vstupu mladiny, 2 — mlatinové čerpadlo, 3 — mlatinový průtokoměr, 4 — směšovač mladiny se vzduchem, 5 — průhledník na výstupu mladiny, 6 — potrubí pro čištění a dezinfekci, 7 — vzduchový filtr, 8 — vzduchový průtokoměr, 9 — regulační vzduchový ventil



Obr. 2. Příklad vývoje obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v lahvovém pivu při stáčení [4]

Osa y: A = koncentrace rozpuštěného kyslíku v mg O_2 /litr.,
osa x: B = počet lahví (tisíce).

Hlavním účinkem kyslíku je indukce změn enzymového systému [66, 67]. Působením kyslíku se zvyšuje využívání aminokyselin a sacharidů [68], stimuluje aktivita mitochondrií a oxidují kofaktory kvasných enzymů [69] a umožňuje syntézu vitamínů a sterolů.

Množství kyslíku potřebné pro správnou činnost kvasinek závisí na obsahu nenasyčených mastných kyselin a sterolů v mlatině i kvasnicích [70, 71]. Za nepřítomnosti kyslíku rostou kvasinky jen tehdy, obsahuje-li mlatina tyto látky. Steroly a nenasyčené mastné kyseliny se syntetizují při kultivaci za přítomnosti kyslíku a mohou se uložit v buňce pro příští nasazení [71–73].

K rozlišení jednotlivých kmenů kvasnic podle potřeby kyslíku se používá testu, kterým se stanoví, jaké množství kyslíku musí obsahovat mlatina, aby kvasnice pěstované za nepřístupu vzduchu dosáhly standardního kvasného výkonu [53, 71–73].

Pro kvašení má význam kyslík, který vstupuje do mladiny během hlavního kvašení. Pokusy přivzdušňovat mlatinu během kvašení byly do nedávna neúspěšné (změny organoleptických vlastností), později se kontrolovaným přivzdušňováním podařilo zlepšit průběh hlavního kvašení a snížit množství esterů v pivu [53, 74–76].

1.4 Rozpuštěný kyslík v pivu

Při sudování se obsah rozpuštěného kyslíku v pivu přechodně zvýší, při dokvašování opět klesá k nule [77]. Další příjem kyslíku nastává až při filtraci, stáčení a pasteraci piva. Při použití tlakového vzduchu ke stáčení se kyslík absorbuje zejména stykem vzduchu s pivem

v částečně stočeném tanku a samozřejmě při „zatahování“. Dalším zdrojem kyslíku na cestě piva k filtru jsou bubliny vzduchu ze špatně odvzdušněných hadic [78].

Při filtraci vzrůstá rozpuštěný kyslík v pivu hlavně na začátku při vytěšňování vody z filtru pivem [79]. Silně se projevuje nárazové vniknutí vzduchu při zatahování ležáckých tanků apod.

Kromě těchto změn se filtrací při ustáleném toku piva zvyšuje obsah rozpuštěného kyslíku v průměru o 0,2 až 0,3 mg O_2 /l u typu filtrů celulóza–azbest a o 0,05 až 0,15 mg O_2 /l u křemelinových filtrů. Tento nárůst lze eliminovat předplňováním filtrů i potrubí kysličníkem uhlíčitým [78]. Relativně velký nárůst kyslíku v pivu nastává při plnění přetlačných tanků [80, 81].

Při předplňování tanků vzduchem se přírůstek rozpuštěného kyslíku během plnění pohybuje od 0,1 do 0,5 mg O_2 /l [82]. K snížení této hodnoty se tanky buď předplňují kysličníkem uhlíčitým, nebo dusíkem [83 až 86], pivo v tanku se promývá těmito plyny [85], nebo se používají stojaté tanky místo ležatých a do tanků se instalují měniče toku. Jako měniče toku slouží desky zabíraující stříkání vtekajícího piva nebo obloukové roury stejného účinku, fólie nebo pytle z plastických hmot vkládané do tanku a omezující styk piva se vzduchem, popř. pozvolné rozšiřování vtokového potrubí, čímž se sníží rychlost piva v potrubí [85, 87, 88].

Při styku piva s tlakovým vzduchem v naplněném tanku vzrůstá koncentrace kyslíku zejména při povrchu hladiny [89]. Rychlost absorpce je úměrná hradicmu tlaku [82]. Při stáčení piva z přetlačného tanku je koncentrace rozpuštěného kyslíku v pivu téměř stálá, ale při vypouštění posledních podílů piva prudce vzrůstá, nezfídka až k hodnotě 6 mg O_2 /l [82, 85].

Při stáčení piva do lahví začíná oxidace již v bubnu plniče. Příjem kyslíku při vlastním plnění je závislý na systému plniče, na protitlaku, na způsobu vtoku piva do lahví a na stavu plniče [90]. Nejhorších výsledků se dosahuje u plničů s nádrží kloboukovitého tvaru, lepších u plničů s kruhovým bubnem, optimální jsou plniče s třídičným plnicím bubnem a plniče s okružním rozvodem piva [79, 91, 92]. Kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku v lahvovém pivu při stáčení uvádějí hodnoty obr. 2.

Na absorpci kyslíku pivem má vliv plnicí trubka; při předplňování lahví vzduchem je optimální dlouhá trubka, která umožňuje snížit přírůstek kyslíku v plniči na 0,2 až 0,3 mg O_2 /l [79, 93, 94]. Jiným řešením je předevakuace lahví a jejich následné plnění kysličníkem uhlíčitým, což umožňuje použít i plničů s krátkou plnicí trubicí [95]. Při předplňování lahví vzduchem je příjem kyslíku závislý na tlaku vzduchu, který lze snížit podchlazením piva [85].

Na oxidaci lahvového piva se ovšem podílí i kyslík plynné fáze v hrdlovém prostoru láhve. Obsah vzduchu v hrdle se snižuje nejčastěji vypěňováním piva poklepem [96], či ultrazvukem [97, 98] nebo vstříkáváním jemného proudu vody, piva [99] či kysličníku uhlíčitého a dusíku [100] na hladinu piva.

V praxi se obvykle považuje za postačující snížit obsah rozpuštěného kyslíku v láhvi pod 1,0 mg O_2 /l, obsah vzduchu v hrdlovém prostoru pod 1 ml.

O obsahu rozpuštěného kyslíku v sudovém pivu existuje poměrně méně údajů. Odpadá zde většinou problém koloidní stability, neboť sudové pivo se jen zřídka pasteruje. Přírůstek rozpuštěného kyslíku v sudovém plniči se v závislosti na typu plniče pohybuje od 0,2 do 1,5 mg O_2 /l.

Literatura

- [1] TRUESDALE, G. - DOWNING, A. - LOWDEN, G.: J. Appl. Chem., 5, 1955, s. 53.
- [2] HÁLA, E. - REISER, A.: „Fyzikální chemie I“. 2. vyd. NČSAV Praha 1971.

- [3] ŠAVEL J. - MOŠTEK J. - BRABEC, J.: Dosud nepublikované práce VŠCHT, Praha 1977.
- [4] ŠAVEL J. - MOŠTEK J. - PROKOPEC, M.: Dosud nepublikovaná práce VŠCHT, Praha, 1978.
- [5] SCRIBAN, R.: Brauwelt, **102**, 1962, s. 1249.
- [6] WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE WERKSTÄTTEN, Weilheim, NSR: Beschreibung und Bedienungsanleitung zum OXI 39, OXI 37.
- [7] KIRSOP, B. H.: J. Inst. Brew., **80**, 1974, s. 252.
- [8] KRÜGER, E.: Mschr. Brau., **24**, 1971, s. 268.
- [9] SCHUR, F.: Schweiz. Brau. Rdsch., **76**, 1965, s. 79.
- [10] BAKER, C. D. - MORTON, S.: J. Inst. Brew., **83**, 1977, s. 348.
- [11] WACKERBAUER, E. - TESKE, G. TÖDT, F. - GRAFF, M.: EBC Proc., 1975, s. 757.
- [12] FISH, M. B.: J. Inst. Brew., **84**, 1978, s. 101.
- [13] JENKINSON, P. - COMPTON, J.: ASBC Proc., 1960, s. 73.
- [14] KIPPHAN, H. - KARAKAS, C.: Brauwelt, **109**, 1969, s. 938.
- [15] KIPPHAN, H. - HERMANN, J. A. - KARAKAS, C. - LATUSZEK, J.: Brauwiss., **17**, 1964, s. 336.
- [16] HIEFNER, F. - BURWIG, D.: Brauwiss., **21**, 1968, s. 14.
- [17] JERUMANIS, J.: Bull. Ét. Brass. Louvain, **67**, 1971, s. 11.
- [18] EYBEN, D. - van DROGENBROECK, J.: Mitt. Vers. Stat. Gärungsgew., **24**, 1970, s. 87.
- [19] JERUMANIS, J.: Bull. Ét. Brass. Louvain, **67**, 1971, s. 157.
- [20] HIEFNER, R.: Tagesztg. Brau., **66**, 1969, s. 768.
- [21] BETHUNE, J. L. - RIGBY, F. L.: J. Inst. Brew., **64**, 1958, s. 170.
- [22] SUZUKI, S. - AMAHA, M.: J. Inst. Brew., **68**, 1962, s. 508.
- [23] KRÜGER, E.: Mschr. Brau., **28**, 1975, s. 246.
- [24] GHELUVE van, G. E. A. - JAMIESON, A. M. - VALYI, Z.: Techn. Quart. MBAA, **7**, 1970, s. 158.
- [25] KRÜGER, E.: Mschr. Brau., **26**, 1973, s. 111.
- [26] KRÜGER, E. - BARON, G.: Mschr. Brau., **23**, 1970, s. 289.
- [27] DRAWERT, F. - POSTEL, W. - KURER, CH.: Brauwiss., **23**, 1970, s. 217.
- [28] DRAWERT, F. - POSTEL, W. - KURER, CH.: Brauwiss., **23**, 1970, s. 258.
- [29] WARD, M. E. - DAGEFORDE, A. F.: Techn. Quart. MBAA, **3**, 1966, s. 55.
- [30] HERLÍKOVÁ, G.: Diplomová práce VŠCHT, Praha 1957.
- [31] HUMMEL, J.: Kvas. prům., **4**, 1958, s. 220.
- [32] BRENNER, M. W. - STERN, H.: Pet. J. Brass., **79**, 1971, s. 370, 383.
- [33] BAVISOTTO, G.: ASBC Proc., 1972, s. 104.
- [34] BAROLIER, J. P. - POTTIER, L. - LEDRAPPIER, N.: Bios, **6**, 1975, s. 296.
- [35] NIELSEN, H.: J. Inst. Brew., **79**, 1973, s. 147.
- [36] HUNT, W.: Brew. Dig., **44**, 1969, č. 9, s. 104.
- [37] WACKERBAUER, K.: Mschr. Brau., **28**, 1975, s. 23.
- [38] HUNT, W. - ESPADAS, O. - LEE, S. L.: Techn. Quart. MBAA, **5**, 1968, s. 167.
- [39] HOSPODKA, J. - ČASLAVSKÝ, Z.: Folia Microbiol., **10**, 1965, s. 188.
- [40] ULLMANN, F. - LÖSCH, M. - PFENNIGER, H.: Mitt. Vers. Stat. Gärungsgew., **24**, 1970, s. 84.
- [41] NOSEL, H.: Brauwelt, **109**, 1969, s. 978.
- [42] KAHLER, M. - ČASLAVSKÝ, Z.: Kvas. prům., **12**, 1966, s. 73.
- [43] BRENNER, M. W. - ROSENBERG, G. - BERNSTEIN, L.: Brew. Dig., **49**, 1974, č. 5, s. 80.
- [44] KINSEY, D. W. - BOTTOMLEY, R. A.: J. Inst. Brew., **69**, 1963, s. 164.
- [45] KATINGER, H. - MEYRATH, J.: Mitt. Vers. Stat. Gärungsgew., **26**, 1972, s. 164.
- [46] HODENBERG, G. - SULKE, K.: Mschr. Brau., **25**, 1972, s. 345.
- [47] KREBS, W. M.: Techn. Quart. MBAA, **12**, 1975, s. 177.
- [48] HOWARD, G. A. - MELVER, J. D. R.: J. Inst. Brew., **83**, 1977, s. 144.
- [49] LEJSEK, T. - KAHLER, M.: Kvas. prům., **13**, 1967, s. 83.
- [50] ŠATAVA, J. - ŠATAVA, J.: Kvas. prům., **23**, 1977, s. 49.
- [51] KRETSCHMER, F.: Ulmer Braumstr., **7**, 1970, s. 10.
- [52] De CLERK, J. - CAUWENBERGE van, H.: Wall. Lab. Comm., **20**, 1957, s. 255.
- [53] KIRSOP, B. H.: Brew. Dig., **50**, 1975, č. 12, s. 34.
- [54] GLOETZ, J.: Brauwelt, **106**, 1966, s. 1908.
- [55] VORKELIUS, G. A.: Brauwiss., **19**, 1966, s. 381.
- [56] NARZI, L.: Pet. J. Brass., **80**, 1972, s. 348.
- [57] KRAUSS, G. - BOLLMANN, H.: Mschr. Brau., **25**, 1972, s. 266.
- [58] SCRIBAN, R.: Amer. Brewer, **95**, 1962, s. 41.
- [59] De CLERK, J.: Bull. Ét. Brass. Louvain, **57**, 1961, s. 13.
- [60] KAHLER, M. - HOSPODKA, J. ČASLAVSKÝ, Z.: ASBC Proc., 1965, s. 112.
- [61] KRAUSS, G.: EBC Proc., 1967, s. 35.
- [62] THOSS, G.: Brauwelt, **106**, 1966, s. 1777.
- [63] PRETYL, O. - Reuther, H.: Brauwelt, **106**, 1966, s. 853.
- [64] FÜLLPACK, NSR: Ferment — O — Start.
- [65] RENNIE, H. - WILSON, R. J. H.: J. Inst. Brew., **81**, 1975, s. 105.
- [66] HUBER, F. - ZEISZ, P. - NATHER-HORNBOSTEL, M.: Mitt. Vers. Stat. Gärungsgew., **23**, 1969, s. 133.
- [67] LIE, S.: EBC Proc., 1965, s. 292.
- [68] PORTNO, A. D.: J. Inst. Brew., **72**, 1966, s. 458.
- [69] LEWIS, M. J.: Techn. Quart. MBAA, **5**, 1968, s. 103.
- [70] THOMPSON, C. C. - RALPH, D. J.: EBC Proc., 1967, s. 177.
- [71] DAVID, M. H. - KIRSOP, B. H.: ASBC Proc., 1972, s. 14.
- [72] DAVID, M. H. - KIRSOP, B. H.: J. Inst. Brew., **79**, 1973, s. 20.
- [73] DAVID, M. H. - KIRSOP, B. H.: J. Gen. Microbiol., **77**, 1973, s. 529.
- [74] ANDERSON, R. G. - KIRSOP, B. H.: J. Inst. Brew., **81**, 1975, s. 111.
- [75] ANDERSON, R. G. - KIRSOP, B. H.: J. Inst. Brew., **81**, 1975, s. 296.
- [76] ENGAN, S. - AUBERT, O.: EBC Proc., 1973, s. 209.
- [77] CASE, A. C. - THOMPSON, J.: J. Inst. Brew., **67**, 1961, s. 513.
- [78] KIPPHAN, H.: Brauwelt, **104**, 1964, s. 351.
- [79] HUBER, F. - ZEISZ, P. - NATTER-NORNBOSTEL, M.: EBC Proc., 1969, s. 281.
- [80] WOLTER, E.: Brauwelt, **108**, 1968, s. 1274.
- [81] THOSS, G.: Brauwelt, **106**, 1966, s. 1777.
- [82] TETZELI, J. - TETZELIOVÁ, A.: Kvas. prům., **22**, 1976, s. 77.
- [83] WOLTER, E.: Brauwelt, **108**, 1968, s. 1280.
- [84] FOCHT, F. - MÜHLBAUER J.: Brauwelt, **113**, 1973, s. 44.
- [85] EYBEN, D. - van DROGENBROECK, L.: Int. Brew. J., 1969, s. 113.
- [86] KRÜGER, E.: Mschr. Brau., **30**, 1977, s. 22.
- [87] FISCHER, W. - MÜHLBAUER, J.: Brauwelt, **107**, 1967, s. 749.
- [88] WACKERBAUER, K. - FIEDERER, E.: Mschr. Brau., **31**, 1978, s. 182.
- [89] ROESICKE J.: Brauwelt, **106**, 1966, s. 413.
- [90] BAYLIE, J. F.: Brew. Guard., **96**, 1967, č. 10, s. 45.
- [91] THUM, F.: Brauwelt, **104**, 1964, s. 359.
- [92] WUCHERPFENIG, K. - KLEINKNECHT, E. M.: Brauwiss., **18**, 1965, s. 286.
- [93] MÜHLBAUER, J. - FISCHER, W.: Brauwiss., **17**, 1964, s. 329.
- [94] FROST, W. G.: Brew. Guild J., **52**, 1966, s. 71.
- [95] SCHLECHT, E.: Brauwelt, **105**, 1965, s. 1425.
- [96] MÜLLER, H.: Brauwelt, **101**, 1961, s. 1097.
- [97] DAVIS, A. S.: Brauwelt, **98**, 1958, s. 1902.
- [98] SCHILFARTH, H.: Brauereitechniker, **12**, 1960, č. 20, s. 10.
- [99] ENZINGER NACHRICHTEN, **20**, 1967, s. 11.
- [100] HARRISON, J. G.: Brew. Guard., **96**, 1967, č. 10, s. 53.

Šavel J., Moštek J.: Přehled problematiky rozpuštěného vzdušného kyslíku v pivovarství. Kvas. prům., **25**, 1979, č. 9, s. 193—197.

Článek shrnuje literární údaje o této problematice ze 100 citací. Jsou zpracovány tyto úseky: rozpustnost kyslíku v mladině a pivu, měření rozpuštěného kyslíku (analytickými metodami plynoměrnými, kolorimetrickými, elektrochemickými a plynové chromatografie), rozpuštění kyslíku v mladině, jeho význam a funkce při kvasných procesech, v hotovém pivu, změny rozpuštěného kyslíku při stáčení, filtraci a plnění piva do lahví a sudů, zásahy a zařízení ke snížení jeho obsahu v pivu.

Шавел Я., Моштек И.: Обзор литературы, посвященной влиянию растворенного воздушного кислорода на пивоваренное производство. Квас. прум. **25**, 1979, № 9, стр. 193—197.

Пользуясь сообщениями, опубликованными примерно в ста литературных источниках, автор составил информацию, широко охватывающую проблематику влияния растворенного воздушного кислорода на разные фазы процесса пивоварения. Представленный в статье материал разбит на следующие разделы: растворимость кислорода в сусле и пиве, методы, применяемые для определения содержания растворенного кислорода (газометрические, колориметрические, электрохимические, хроматография в газовой среде), кислород растворенный в несброженном сусле, его влияние на процесс сбраживания, изменения содержания растворенного кислорода в ходе фильтрации, разлива в бутылки и бочки, методы и устройства, снижающие содержание кислорода в пиве.

Savel J., Moštek J.: What Information Offers Literature on an Important Problem for Brewing Industry, i. e. on Dissolved Air Oxygen. Kvas. prům. 25, 1979, No. 9, pp. 193—197.

The article is essentially a survey covering roughly 100 sources dealing with the problem of dissolved air oxygen and is divided as follows: solubility of oxygen in wort and beer, methods used to measure the amount of dissolved oxygen (gasometry, colorimetry, electrochemical methods, gas chromatography), oxygen in sweet wort, its role in fermentation processes, its effects on beer, changes taking place during filtration, bottling and casking, measures and devices reducing its concentration.

Savel, J. - Moštek, J.: Übersicht der Problematik des gelösten Luftsauerstoffs in der Brauerei. Kvas. prům. 25, 1979, No. 9, S. 193—197.

In dem Artikel werden aus 100 Veröffentlichungen Literaturangaben über die erwähnte Problematik zusammengefaßt. Es werden folgende Abschnitte behandelt: Löslichkeit des Sauerstoffs in Würze und Bier, Messung des gelösten Sauerstoffs (gasometrische, kolorimetrische, elektrochemische und gaschromatographische analytische Methoden), gelöster Sauerstoff in der Würze, seine Bedeutung und Funktion bei den Gärungsprozessen, im Fertigbier, Änderungen des gelösten Sauerstoffs während des Fassens, der Filtration und der Abfüllung des Bieres in Fässer und Flaschen, Eingriffe und Einrichtungen zur Senkung des Sauerstoffgehalts im Bier.