

Provozní zkušenosti s rozdílným způsobem a intenzitou vzdušnění mladiny

663.45 663.444

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

ÚVOD

Technologie chlazení a vzdušnění mladiny zaznamenala v našich pivovarech v minulých dvou desetiletích četné změny. Usazovací nebo vířivé kádě a deskové výměníky se vzdušnicemi (keramickými) svíčkami nahrazují postupně chladicí stoky a sprchové chladiče.

S tímto vývojem současně vyvstala nutnost spolehlivě kontrolovat účinnost vzdušnění a obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině. O významu a vlivu rozpuštěného vzdušného kyslíku na průběh hlavního kvašení pojednává naše předchozí souhrnná studie [1].

Tato práce se zabývá měřením obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku při různém způsobu chlazení a vzdušnění mladiny a z toho vyplývajícími technologickými důsledky.

1. TEORETICKÁ ČÁST

Teoretickou část této práce tvoří předchozí souhrnné pojednání o problematice vzdušného kyslíku v pivovarnictví [1].

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Měřicí přístroj

Měření rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině jsme prováděli průmyslově vyráběným přístrojem typu OXI 56 fy WTW (Wissenschaftlich-technische Werkstätten GmbH, NSR) s elektrodou EO 16/B. Měření se zakládá na elektrochemickém principu. Na elektrody kryté membránou (zlatá katoda, stříbrná anoda) se vkládá pevné polarizační napětí a elektrodový proud se po zesílení měří ručkovým měřidlem.

Speciální elektrolyt v elektrodové komůrce umožňuje měřit i v prostředí s vysokým obsahem kyslíčnanu uhličitého. Dostatečného přísunu kyslíku k elektrodám přes

membránu se docílí standardním pohybem elektrody nebo prouděním měřené tekutiny kolem elektrody ve speciální průtokové komůrce.

Přístroj může měřit současně teplotu a je vybaven kompenzací vlivu teploty na difúzi kyslíku elektrolytem i na odpor membrány. Měřicí rozsahy jsou: 0–30, 0–10, 0–3 mg O₂/l.

Výhodou přístroje jsou malé rozměry (150 × 90 × 60 mm), nízká hmotnost (0,47 kg), vnitřní zdroj napětí (tužkové baterie 3 × 1,5 V) a rychlost měření. Odezvu přístroje při přenosu elektrody mezi roztoky kyslíku ve vodě udává obr. 1. Jeho funkční schéma jsme uvedli v předchozí práci [1].

V nedávné době byly naše pivovary vybaveny zdokonalenou verzí tohoto přístroje, přístrojem OXI 57 s elektrodou EO 166/B. Přístroj má proti staršímu typu OXI 56 o měrný rozsah více (0–1 mg O₂/l), elektroda je odolnější proti tlaku, regenerace náplně komůrky a výměna membrány jsou snazší [2]. Podrobný návod obsluhy dodává spolu s přístrojem fa WTW z NSR.

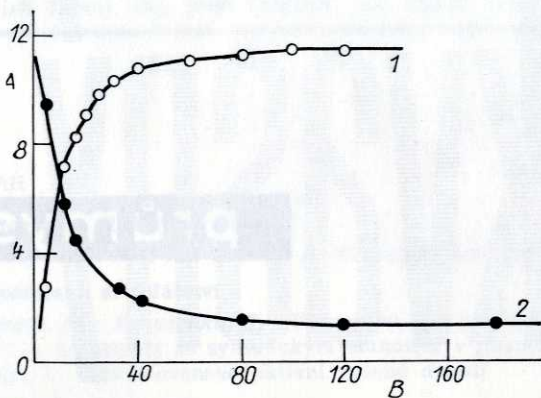
2.2 Chlazení a provzdušňování mladiny

Obsah rozpuštěného kyslíku v mladině se měřil ve třech různých závodech výše jmenovaného podniku, a to:

v závodě A, kde se mladina z vířivé kádě dochlazovala v deskových tepelných výměnících a provzdušňovala keramickou svíčkou, u níž se průtok vzduchu řídil vzduchovým kohoutem s empiricky upravenou stupnicí;

v závodě B, kde se mladina z chladicích stoků dochlazovala sprchovými chladiči, na nichž se současně provzdušňovala;

v závodě C, kde se mladina z chladicích stoků dochlazovala deskovým tepelným výměníkem a již se více neprovzdušňovala.



Obr. 1. Odezva elektrody EO 16/B

Symbole na osách: A = koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku (mg O₂/l), B = čas (s).
Křivky: 1 = přenos elektrody z koncentrace 1,1 do 11,5 mg O₂/l, 2 = přenos elektrody z koncentrace 11,5 do 1,2 mg O₂/l.

Tabulka 1. Rozdíly mezi vypočtenými a změřenými hodnotami při stanovení obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku a teploty spílané nezakvašené mladiny

Číslo měření	Koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku (mg O ₂ /l)			Teplota (°C)		
	vypočtená	změřená	rozdíl	vypočtená	změřená	rozdíl
1	8,9	9,4	0,5	6,6	6,5	0,1
2	10,6	9,5	0,9	6,4	7,0	0,6
3	8,1	7,6	0,5	7,7	7,9	0,2
4	4,1	4,8	0,7	8,1	8,0	0,1
5	2,2	2,2	0,0	7,5	7,5	0,0
6	8,0	7,3	0,7	7,1	6,3	0,8

Tabulka 2. Průběh chlazení a vzdušnění 12% světlých mladín pokusných várek v modelových závodech A, B a C

Označení modelového závodu	Koncentrace mladiny (%)	Průměrná		Kolísání	
		koncentrace O ₂ (mg O ₂ /l)	teplota (°C)	koncentrace O ₂ m	teploty P
A	11,9	7,42	7,25	1,0968	1,4696
B	10,0	6,00	6,85	0,6380	0,7292
C	9,9	4,01	4,90	2,4206	0,8709

Tabulka 3. Přrůstek rozpuštěného vzdušného kyslíku při výtoku 10% světlé mladiny do kvasné kádě [závod C, výtok mladiny z hadice 1,7 m nad dnem]

Doba spílení (min)	Výška mladiny v kvasné kádě (m)	Rozpuštěný vzdušný kyslík v mladině (mg O ₂ /l)	
		vtok do kádě	v kádě
0	0,00	4,7	neměřeno
10	0,24	2,8	neměřeno
20	0,49	2,7	neměřeno
30	0,73	3,6	5,6
40	0,97	3,3	5,5
50	1,21	2,6	5,3
60	1,46	3,7	5,3
70	1,70	3,8	5,2

2.3 Měření v provozních podmínkách a výpočet rozpuštěného vzdušného kyslíku ve studené mladině

Obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku se měřil v průběhu dvou měsíců při denních i nočních směnách (várkách), vždy na vtoku mladiny do kvasných kádí. Zároveň se ponechal v závodě A průtok vzduchu nastavený pracovníky závodu jako při běžném provozu.

Ve všech závodech se várečné kvasnice dávkovaly s mladinou do kvasných kádí před spíláním. Proto nebylo možné měřit koncentraci rozpuštěného kyslíku v mladině v kádě, ale pouze okamžité hodnoty koncentrace na vtoku do kádě.

V průběhu spílení várky jsme v 10–12 vzájemně odpovídajících (ekvidistantních) časových intervalech měřili obsah rozpuštěného kyslíku a teplotu spílané mladiny. Za předpokladu stálého průtoku lze vypočítat průměrný obsah rozpuštěného kyslíku v mladině sespílané várky podle vztahu (2):

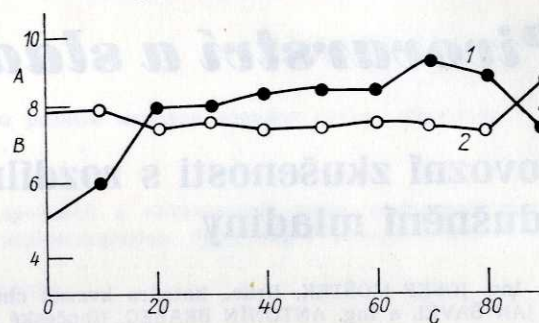
$$\bar{c} = \frac{1}{T} \int_0^T c(\tau) d\tau$$

kde:

$\bar{c}$ — je průměrný obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině sespílané várky (mg O₂/l),

$c(\tau)$ — koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině v čase τ (mg O₂/l),

T — doba spílení mladiny (vářky).



Obr. 2. Vzdušnění mladiny v závodu A

Symbole na osách: A = koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku (mg O₂/l), B = teplota (°C), C = čas (min).
Křivky: 1 = teplota, 2 = koncentrace rozpuštěného kyslíku.

Dále pro tento výpočet uvažujeme, že nedochází k přenosu vzdušného kyslíku mezi mladinou v kádě a okolím.

Podobně se současně s koncentrací kyslíku měřila i teplota. I zde je možné z naměřených hodnot vypočítat průměrnou teplotu [za předpokladu stálého průtoku a adiabatického plnění]:

$$\bar{t} = \frac{1}{T} \int_0^T t(\tau) d\tau$$

kde:

$\bar{t}$ — je průměrná teplota mladiny sespílané várky,

$t(\tau)$ — teplota mladiny v čase τ ,

T — doba spílení mladiny (vářky).

Platnost těchto vztahů jsme ověřovali při měření mladiny provozně sespílané várky do nezakvašené kvasné kádě (tab. 1). Hodnoty integrálů jsme počítali numerickou integrací.

Kolísání obsahu měřených hodnot rozpuštěného vzdušného kyslíku a teploty mladiny při spílení jsme posuzovali mírou odchylek od jejich středních hodnot veličinami m a p stanovenými podle vztahů (3):

$$m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [c_i - \bar{c}]^2}$$

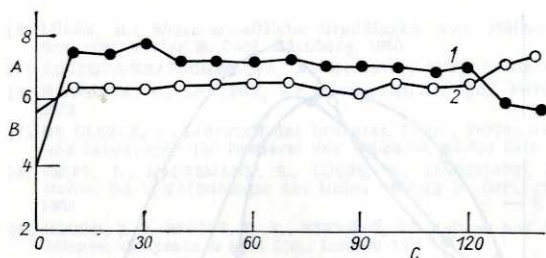
$$p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [t_i - \bar{t}]^2}$$

kde:

i — je pořadové číslo měření,

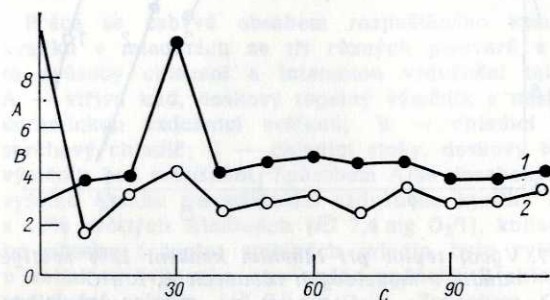
n — počet měření v průběhu spílení várky,

c_i a t_i — hodnoty koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku a teploty mladiny při i -tém měření.



Obr. 3. Vzdušnění mladiny v závodu B

Symbole na osách: A = koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku (mg O₂/l), B = teplota (°C), C = čas (min).
Křivky: 1 = teplota, 2 = koncentrace rozpuštěného kyslíku.



Obr. 4. Vzdušnění mladiny v závodě C

Symbole na osách: A = koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku, B = teplota (°C), C = čas (min).
Křivky: 1 = teplota, 2 = koncentrace rozpuštěného kyslíku.

3. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

3.1 Výsledky měření teploty a koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku při spílání mladiny

Konečné hodnoty souhrnného zpracování výsledků měření 34 várek uvádí tab. 2 a příklad spílání tří vybraných várek ve výrobních závodech A, B, C znázorňují obr. 2, 3 a 4.

3.2 Přivzdušňování spílaných mladín

Kromě syčení mladiny vzduchem na sprchovém chladiči nebo keramickou svíčkou za deskovým tepelným výměníkem se v praxi mohou vyskytovat ještě další, individuální zdroje přírůstku rozpuštěného kyslíku. Jsou to např. provzdušňování mladiny při pádu do kádě, „protahování“ sespílané a zakvašené mladiny v kádi stlačeným filtrovaným vzduchem apod.

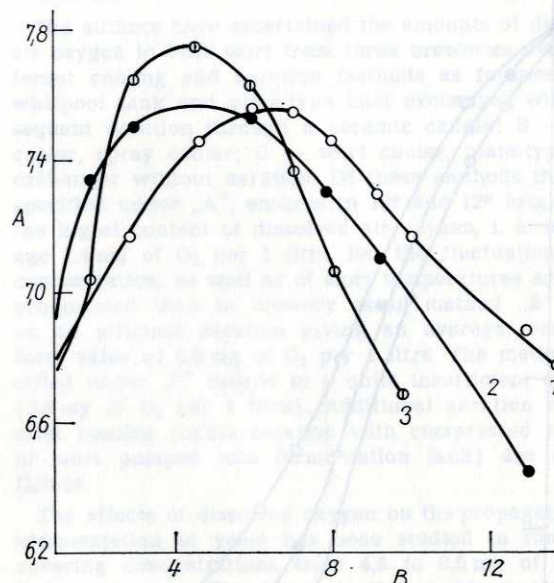
K posouzení těchto vlivů se v závodě C měřil rozpuštěný vzdušný kyslík v 10% světlé mladině při plnění kvasné kádě hadicí končící 1,7 m nad dnem kádě. Záměrně se zvolil nízký počáteční obsah rozpuštěného kyslíku, aby se lépe stanovil maximální přírůstek (tab. 3).

Tabulka 4. Vývoj obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v nezakvašené 10% světlé mladině jejím probubláváním stlačeným vzduchem v kvasné kádi (teplota mladiny 7,8 °C)

Doba vzdušnění (min)	Rozpuštěný vzdušný kyslík v mladině (mg O ₂ /l)
0	2,70
3	2,93
6	3,27
9	3,60
12	3,95
15	4,29

Pro měření přírůstku rozpuštěného vzdušného kyslíku protahováním se v kvasné kádi 200 hl nezakvašené

10% světlé mladiny probublávalo proudem stlačeného vzduchu ze vzdušnicí jehly. Vzduch z jehly proudil 8 otvory průměru 4 mm, intenzita probublávání odpovídala běžné praxi, aby mladina nadměrně nepěnila (tab. 4). Opět se záměrně volila předem málo provzdušněná mladina.



Obr. 5. Růstové křivky násadních várečných kvasnic při hlavním kvašení v modelových závodech A, B a C

Symbole na osách: A = logaritmus počtu kvasničných buněk v 1 ml kvasicí mladiny, B = doba hlavního kvašení (dny).
Křivky: 1 = mladina závodu C s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 4,8 mg O₂/l, 2 = mladina závodu B s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 6,1 mg O₂/l, 3 = mladina závodu A s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 9,5 mg O₂/l.

3.3 Vliv počátečního obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku na průběh hlavního kvašení

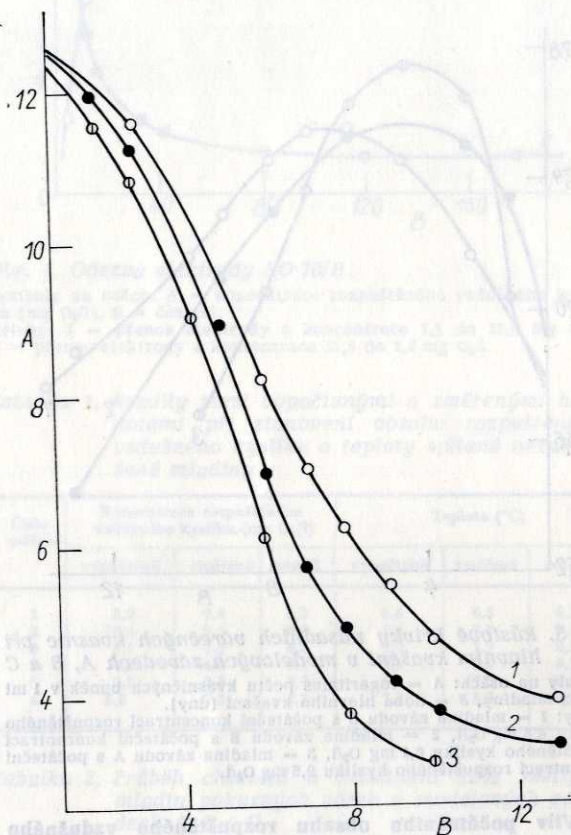
K posouzení tohoto vlivu jsme připravili mladiny s koncentracemi kyslíku odstupňovaně od 4,8 do 9,5 mg O₂/l. Základní dávka kvasnic byla ve všech zkouškách stejná, tj. 0,5 l hustých várečných kvasnic/hl 12% světlé mladiny, což odpovídalo 0,9–1,1 · 10⁶ buněk/ml. Průběh hlavního kvašení podle nárůstu kvasnic, úbytků zdánlivého extraktu a stoupání teploty v závislosti na době hlavního kvašení znázorňují obr. 5, 6, 7. Z těch je zřejmá řada technologicky významných poznatků, resp. exaktní experimentální doložení jednak empirických poznatků starých sládků (závody B a C), jednak možnost intenzifikace a racionalizace výroby novou technikou a technologií (závod A).

Do nedávné doby nebylo možné pro nedostatek vhodných měřicích přístrojů ve výrobní praxi podrobně měřit obsah a technologickou potřebu rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině před zakvašením. Vzdušnění mladiny se zpravidla analyticky nekontrolovalo a pouze se předpokládalo, že za daných podmínek je dostatečné. Základním kritériem byl přitom průběh hlavního kvašení, přičemž menší odchylky se přičítaly degeneraci kvasnic, špatné kvalitě sladu apod. [3–10].

Tak tomu bylo u starších systémů chlazení a vzdušnění mladiny. Se zaváděním nových technických prvků do technologie chlazení mladiny se však situace změnila. Z tohoto důvodu se ve třech různých vybraných závodech sledoval obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině při chlazení a spílání.

Ve většině pivovarů se nyní kvasnice dávkuje do mladinového potrubí, kde se dobře rozptýlí v mladině a takto se zakvašují kvasné kádě před úplným naplněním

spílanou mladinou. To znemožňuje přímé měření obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku mladiny v kádi po sespílení. Kromě toho kvasné kádě se obvykle plní jen zčásti a doplňují se mladinou z dalších várek, což je způsob velmi blízký zakvašování „na ujato“.



Obr. 6. Kvasné křivky z hlavního kvašení 12% světlých mladin v modelových závodech A, B a C

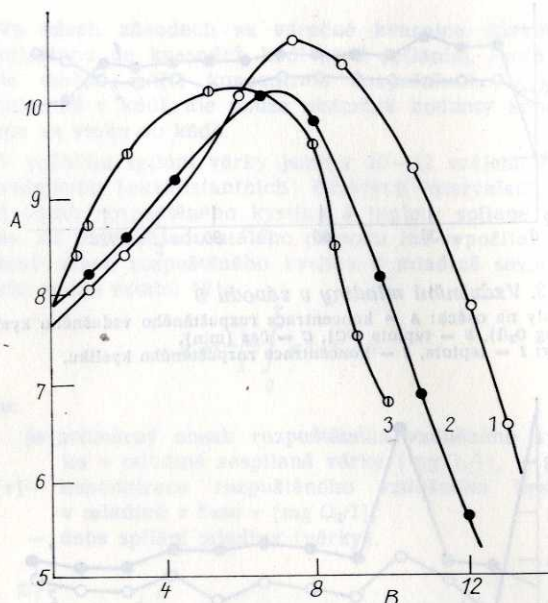
Symbole na osách: A = zdánlivý extrakt (%), B = doba hlavního kvašení (dny)

Křivky: 1 = mladina ze závodu C s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 4,8 mg O₂/l, 2 = mladina ze závodu B s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 6,1 mg O₂/l, 3 = mladina ze závodu A s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 9,5 mg O₂/l.

Z těchto důvodů se v pravidelných intervalech měřila okamžitá koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku ve spílané mladině a na vtoku do kvasné kádě. Za základní myšlenou objemovou jednotku mladiny se vždy považoval objem mladiny jedné várky. V ní se vypočítávaly průměrná koncentrace rozpuštěného vzdušného kyslíku a výsledná teplota.

V praxi se potvrdila vhodnost navrženého výpočtového postupu. Kontrolní měření s vybranými várkami potvrdilo dobrou shodu naměřených hodnot s vypočtenými. Kolísání obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku a teploty mladiny v průběhu spílení se posuzovalo podle hodnot veličin p a m , které jsou mírou odchylek měřených hodnot sledovaných veličin od jejich středních hodnot v sespílané várce.

Systém chlazení deskovým tepelným výměníkem opatřeným u výtoku mladiny provzdušňovací keramickou svíčkou (závod A) zajistil dostatečné a účinné sycení mladiny vzduchem (průměrný obsah kyslíku 7,4 mg O₂/l). Proti klasickému systému chlazení a vzdušnění mladiny na chladicích stokách a následným sprchovým chladičem (závod B) kolísá však u způsobu A více obsah rozpuštěného kyslíku jak v průběhu chlazení a spílení, tak v hodnotách výsledné koncentrace kyslíku v sespílaných várkách.



Obr. 7. Vývoj teplot při hlavním kvašení 12% světlých mladin v modelových závodech A, B a C

Symbole na osách: A = teplota (°C), B = doba hlavního kvašení (dny).

Křivky: 1 = mladina ze závodu C s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 4,8 mg O₂/l, 2 = mladina ze závodu B s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 6,1 mg O₂/l, 3 = mladina ze závodu A s počáteční koncentrací rozpuštěného kyslíku 9,5 mg O₂/l.

Systém otevřeného chlazení a vzdušnění mladiny (závod B) zajistil sice nižší sycení mladiny vzduchem (průměrný obsah 6,0 mg O₂/l), avšak proti uzavřenému systému chlazení a vzdušnění (způsob A) byl rozptýl obsahu kyslíku v jednotlivých várkách menší, stejně jako jeho kolísání v průběhu spílení várky. Tento způsob chlazení a vzdušnění mladiny poskytoval maximálně vyrovnané várky z hlediska obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku a teploty.

V závodě C se mladina z chladicích stok dochlazovala při spílení deskovým tepelným výměníkem bez zvláštního vzdušnění a tudíž s nízkým obsahem rozpuštěného vzdušného kyslíku (průměrný obsah 3,6 mg O₂/l). Kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku při spílení i mezi jednotlivými sespílanými várkami bylo přibližně stejné jako v závodě A, což odpovídá stejnému způsobu chlazení mladiny v obou závodech.

K dosažení vyrovnaného průběhu kvašení mladiny všech várek bylo však nutné zavést pravidelné provzdušňování spílané mladiny, které teprve v nich zajistilo dostatečný obsah rozpuštěného vzdušného kyslíku u všech jednotlivých várek.

Ostatní způsoby přivzdušňování mladiny (pád mladiny do kvasné kádě, protahování mladiny stlačeným vzduchem) byly poměrně málo účinné.

Zkušební várky s mladinou různě nasycenou vzduchem jednoznačně prokázaly vliv obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladině před zakvašením na průběh hlavního kvašení. S klesajícím obsahem rozpuštěného kyslíku v mladině se snižovaly hodnoty: zdánlivého stupně prokvašení při sudování, množství produkovaných kvasnic a jejich sedimentační schopnost; při dokvašování se piva vyrobená z mladiny s nízkým obsahem rozpuštěného vzdušného kyslíku hůře čítila.

Literatura

- [1] ŠAVEL, J., MOŠTEK, J.: Kvasný průmysl 25, 1979, 9, 193
- [2] Firemní materiály fy Wissenschaftlich-technische Werkstätten GmbH, Weilheim, NSR
- [3] BRODERICK, H. F.: The practical brewer, Madison, USA, 1978

- [4] LÜERS, H.: Wissenschaftliche Grundlagen von Mälzerei und Brauerei. Verlag H. Carl, Nürnberg, 1950
- [5] KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ, A.: Kvasinky, SVTL Bratislava 1957
- [6] HLAVÁČEK, F., LHOTSKÝ, A.: Pivovarství, II. vyd., SNTL Praha 1972
- [7] DE CLERCK, J.: Lehrbuch der Brauerei, I. Bd., Verlag Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei und Mälzerei, Berlin 1964
- [8] REIFF, F., KAUTZMANN, R., LÜERS, H., LINDEMANN, M.: Die Hefen, Bd II Technologie der Hefen. Verlag H. Carl, Nürnberg 1962
- [9] HOUGH, J. S., BRIGGS, D. E., STEVENS, R.: Malting and Brewing Science. Chapman & Hall Ltd., London 1971
- [10] Schuster, K.: Die Brauerei, Verlag F. Enke, Stuttgart 1968

Moštek J., Šavel J., Brabec A.: Provozní zkušenosti s rozdílným způsobem a intenzitou vzdušnění mladiny. Kvas. prům., 25, 1979, č. 12, s. 265—269.

Práce se zabývá obsahem rozpuštěného vzdušného kyslíku v mladinách ze tří různých pivovarů s těmito způsoby chlazení a intenzitou vzdušnění mladiny: A — vířivá kád, deskový tepelný výměník s následnou keramickou vzdušnicí svíčkou; B — chladicí stoky, sprchový chladič; C — chladicí stoky, deskový tepelný výměník bez vzdušnění. Způsobem A se dosahovalo nejvyššího obsahu rozpuštěného vzdušného kyslíku v 10% a 12% světých mladinách ($\varnothing$ 7,4 mg O_2 /l), kolísání jeho obsahu i teplot spílaných mladin bylo vyšší než u velmi vyrovnaného otevřeného způsobu B chlazení a vzdušnění mladin ($\varnothing$ 6,0 mg O_2 /l). Způsobem C bylo vzdušnění mladin nedostatečné ($\varnothing$ 3,6 mg O_2 /l). Způsob přívzdušňování (protahování mladiny po sespílení stlačeným vzduchem, pád mladiny do kvasné kádě) byly poměrně málo účinné.

Při hlavním kvašení mladiny s odstupňovaným obsahem rozpuštěného vzdušného kyslíku v rozmezí 4,8—9,5 mg O_2 /l se s jeho poklesem průkazně zhoršoval nárůst a sedimentace kvasnic, vývoj zdánlivého extraktu a teploty a proces číření mladého piva při dokvašování.

Моштейн, И. — Шавел, Я. — Брабец, А.: Опыт по применению разных методов аэрации сусла, обеспечивающих разную степень ее интенсивности. Квас. прум 25, 1979, № 12, стр. 265—269.

Авторы изучали содержание в сусле растворенного воздушного кислорода в трех пивоваренных заводах, применяющих разные методы охлаждения и аэрации охмеленного сусла. Сравнивались следующие методы: А — вихревой чан, пластинчатый теплообменник, керамический аэратор; В — холодильные тарелки, оросительный холодильник; С — холодильные тарелки, пластинчатый теплообменник без аэрации. Максимальное содержание растворенного воздушного кислорода обеспечивает метод «А». В сусле 10° и 12° светлого пива количество растворенного кислорода составляет в среднем 7,4 мг O_2 в 1 литре. Колебания содержания кислорода и температуры сусла, однако, значительно больше чем при применении метода «В», дающего более устойчивые результаты со средним содержанием кислорода 6,0 мг O_2 в 1 литре. Метод «С» достаточной аэрации не обеспечивает, так как среднее содержание воздушного кислорода составляет лишь 3,6 мг в 1 литре. Дополнительная аэрация (барботированием сжатым воздухом, падением сусла с большой высоты при перекачивании в бродительный чан) дает сравнительно малый эффект. Было установлено, что разное содержание кислорода в пределах от 4,8 до 9,5 мг/л влияет значительно на ход главного брожения. При низком содержании кислорода ухудшаются размножение и седиментация дрожжей, образование видимого содержания экстракта и ход осветления пива в последних фа-

зах брожения. Снижается также температура процесса брожения.

Moštek, J. - Šavel, J. - Brabec, A.: Results Achieved Under Normal Brewing Conditions with Various Methods and Intensity of Wort Aeration. Kvas. prům. 25, 1979, No. 12, pp. 265—269.

The authors have ascertained the amounts of dissolved air oxygen in beer wort from three breweries using different cooling and aeration methods as follows: A — whirlpool tank and plate-type heat exchanger with subsequent aeration through a ceramic candle; B — wort cooler, spray cooler; C — wort cooler, plate-type heat exchanger without aeration. Of these methods the first, specified under „A“, ensures in 10° and 12° bright wort the highest content of dissolved air oxygen, i. e. in average 7,4 mg of O_2 per 1 litre, but the fluctuation of its concentration, as well as of wort temperatures are more pronounced than in brewery using method „B“ based on an efficient aeration giving an average, very uniform value of 6,0 mg of O_2 per 1 litre. The method specified under „C“ results in a quite insufficient aeration (3,6 mg of O_2 per 1 litre). Additional aeration of wort after cooling (bubble aeration with compressed air, fall of wort pumped into fermentation tank) are not efficient.

The effects of dissolved oxygen on the propagation and sedimentation of yeast has been studied in the range covering concentrations from 4,8 to 9,5 mg of O_2 per 1 litre of wort. The lower is the oxygen content the worse are propagation and sedimentation. The formation of apparent extract, temperature conditions and beer clarification process in post-fermentation period deteriorate, too.

Moštek, J. - Šavel, J. - Brabec, A.: Betriebserfahrungen mit verschiedenen Verfahren und Intensität der Würzebelüftung. Kvas. prům. 25, 1979, No. 12, S. 265—269.

Die Autoren befassen sich mit dem Gehalt des gelösten Luftsauerstoffs in den Würzen drei verschiedener Brauereien mit der folgenden Charakteristik des Würzekühlungsverfahrens und Intensität der Würzebelüftung:

Brauerei A: Whirlpool, Plattenwärmeaustauscher mit nachfolgender keramischer Belüftungs-kerze;

Brauerei B: Kühlschiff, Berieselungskühler;

Brauerei C: Kühlschiff, Plattenwärmeaustauscher ohne Belüftung.

In dem System A wurde der große Gehalt des gelösten Luftsauerstoffs in den 10 % und 12 % hellen Würzen ($\varnothing$ 7,4 mg O_2 /l) festgestellt, die Schwankungen des Sauerstoffgehalts und der Temperatur der abgekühlten Würze waren größer, als bei dem sehr ausgeglichenen offenen Würzekühlungs- und Belüftungsverfahren B ($\varnothing$ 6,0 mg O_2 /l). Bei dem System C war die Belüftung der Würzen ungenügend ($\varnothing$ 3,6 mg O_2 /l). Die Verfahren der Zubeilüftung (Einführung von Druckluft in die Kühlwürze, Fall der Würze in die Gärbottiche) zeigten sich als relativ wenig wirksam.

Bei der Hauptgärung der Würzen mit abgestuftem Gehalt des gelösten Luftsauerstoffs im Bereich von 4,8 — 9,5 mg O_2 /l wurde mit dem Absinken des Sauerstoffgehalt eine markante Verschlechterung der folgenden Parameter und Prozesse festgestellt: Wachstum und Sedimentation der Hefen, Entwicklung des scheinbaren Extrakts und der Temperatur, Klärung des Jungbiers während der Nachgärung.