

Z výzkumu a praxe

VPLYV KYSLÍKA NA KONTINUÁLNŤ FERMENTÁCIU MLADINY IMOBILIZOVANÝMI KVASINKAMI

ZOLTÁN DÖMÉNY, DANIELA ŠMOGROVIČOVÁ, ERNEST ŠTURDÍK, PETER GEMEINER *, JAROSLAVA PÁTKOVÁ, Katedra biochemickej technológie, Chemickotechnologická fakulta, Slovenská technická univerzita, Bratislava. * Chemický ústav, Slovenská akadémia vied, Bratislava

Kľúčové slová: pivo, fermentácia, imobilizované kvasinky, etanol, kyslík.

1. ÚVOD

Pri klasickej technológii výroby piva kvasenie spolu s dozrievaním môže trvať aj 90 dní. Modernizáciou výroby a prechodom pivovarov na jednofázové kvasenie v cylindrokónických tankoch sa kvasný proces skrátil na 18 dní. Pri klasickej technológii je mladina prevzdušňovaná sterilným vzduchom na koncentráciu kyslíka 5–7 mg na 1 liter mladiny. Táto koncentrácia sa osvedčila aj pri kvasnom procese v cylindrokónických tankoch. Trhové hospodárstvo a konkurenčný boj vyvoláva nátlak na zvýšenie ekonomiky výroby. Jednou z možností je aj kontinualizácia kvasného procesu, ktorej zavedenie je už dlhodobou snahou v pivovarníckom výskume i praxi. K rozvoju tejto problematiky prispieva i naša práca.

2. LITERÁRNY PREHLAD

Jeden z prvých v praxi aplikovaných kontinuálnych systémov bol Welhoverov na Novom Zélande [1]. Pri kontinuálnych procesoch rýchlosť prietoku substrátu a odvádzania produktu je limitovaná hodnotou kritickej zriedovacej rýchlosti. Zabrániť vyplavovaniu biomasy môžeme použitím imobilizačnej techniky biomasy. Pri aplikácii imobilizovaných kvasiniek v kvasnom procese výroby piva musíme mať na zreteli požiadavky na finálny produkt. Vyrobené pivo musí mať porovnateľné analytické a senzorické vlastnosti s pivom vyrobeným klasickou technológiou. Poledníková a kol.[2] vyrábali 10% pivo pomocou kvasiniek imobilizovaných do alginátu vápenatého za 7 dní. Okrem alginátu vápenatého, ktorý je najznámejší imobilizačný materiál v laboratórnom merítke, sú využívané aj iné nosiče. Linko a Krnlóf [3] vo svojej práci porovnávali organoleptické vlastnosti pív vyrobených kontinuálnym kvasením pomocou kvasiniek imobilizovaných na DEAE celulózu a do pórovitého skla. Tieto nosiče sú oproti alginátovým peletkám výhodnejšie, pretože oxid uhličitý, ktorý vzniká pri kvasení, ich mechanicky nepoškodzuje. Z polysacharidových nosičov má omnoho lepšie mechanické parametre pektát vápenatý [4, 5]. Alginátové a pektátové nosiče boli nami

testované v náplňovej kolóne aj v „gas-lift“ reaktore [6]. Bolo zistené, že v pivách po hlavnom kvasení pomocou imobilizovaných buniek do alginátu a pektátu nie sú veľké rozdiely, ale typ fermentora ovplyvňuje rýchlosť využitia sacharidov a tvorby etanolu. Pri imobilizácii do alginátu a pektátu sú však problémy pri imobilizácii hustejšej suspenzie buniek. K zvýšeniu vitality kvasiniek v priebehu etanolovej fermentácie prispieva kyslík [7], ktorý však negatívne ovplyvňuje analytické a senzorické parametre piva. V systéme paralelne zapojených fermentorov s vnútorným recyklom substrátu prídavaný kyslík ovplyvnil hlavne profil prchavých zložiek a využitia aminokyselín [8]. Pri porovnávaní piva vyrobeného klasickou technológiou a imobilizovanými bunkami je koncentrácia aromatických látok v prípade imobilizovaných buniek nižšia. Dávkovanie kyslíka v priebehu fermentácie síce znižuje koncentráciu celkových a voľných dusíkatých látok, ale má za následok aj nižšiu produkciu esterov a zvýšenú tvorbu acetaldehydu a vyšších alkoholov. Je dokázané [9], že bunky, získané z povrchu alginátu, obsahujú nenasýtené mastné kyseliny vo vyššej koncentrácii ako vo vnútri guľičiek. Zmenená produkcia chuťovo aktívnych zlúčenín je vyvolaná nižšou metabolickou aktivitou buniek a dostupnosť kyslíka sa z tohto dôvodu javí byť kritická tak na vitalitu kvasiniek ako aj na profil senzoricky aktívnych látok piva. Z tohto dôvodu je potrebné v danom fermentačnom systéme hľadať príslušné vzťahy, umožňujúce dosiahnuť optimálne ekonomické parametre procesu i kvalitu výsledného produktu, čo bolo i hlavným cieľom našej práce.

3. POPIS EXPERIMENTÁLNEHO PREVEDENIA Mikroorganizmus

Používali sme zbierkový kmeň *Saccharomyces cerevisiae* W-96 (kvasinky spodného kvasenia). Kvasničné bunky boli pomnožené v kvapalnom médiu obsahujúcom: glukózu 10 g/l; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 5 g/l; kvasničný autolyzát 3 g/l; KH_2PO_4 2 g/l; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1 g/l; CaCl_2 0,1 g/l; NaCl 0,1 g/l; pH bolo upravené na 5,8.

Príprava nosiča

Na imobilizáciu sme používali prírodný materiál polysacharidového typu pektát draselný [6]. Pripravovali sme suspenziu pektátu draselného vyrobeného v Realizačnom oddelení Chemického ústavu SAV [10], kvasničného mlieka a vody. Z uvedených zložiek sme získali viskóznou hmotu, ktorá kvapkaním do roztoku CaCl_2 ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) poskytovala guľičky. Veľkosť guľičiek sme regulovali pomocou prietoku vzduchu cez rúrku s dýzou, cez ktorú sa kvapka viskózna hmota nosiča a kvasiniek. V roztoku chloridu vápenatého dochádza k sol-gel prechodu, výmenou K^+ iónov v pektáte iónmi Ca^{2+} . Tým sa mení rozpustný pektát draselný na nerozpustnú vápenatú soľ. Gélové guľičky sme ponechali v roztoku CaCl_2 30 minút a potom sme ich preniesli do fermentora. Vyrobili sme guľičky s koncentraciami biomasy 50,5 g na 1 l gélu. Koncentráciu viazanej biomasy sme stanovili po rozpustení pektátu vo vínane sodno-draselnom. Roztok bol filtrovaný cez odvážený bakteriologický filter, premytý a sušený do konštantnej hmotnosti.

Kultivačné média

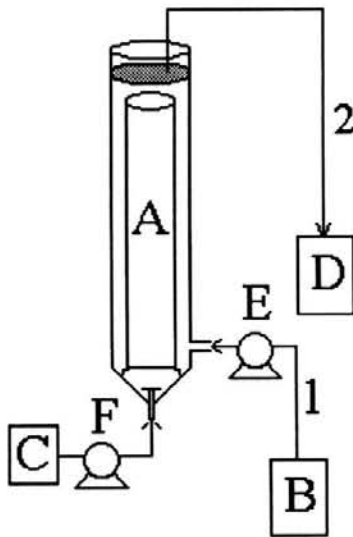
Mladina z Pivovaru CODECON, a.s. Svätý Jur.

Realizovanie pokusu

Fermentácia bola realizovaná v „gas-lift“ reaktore (obr. 1). Pracovný objem fermentora 486 ml. Ako nosný plyn sme používali dusík z tlakovej bomby, do ktorého sme privádzali kyslík na požadovanú koncentráciu. Koncentrácia kyslíka bola sledovaná pomocou kyslíkovej elektródy, objem biokatalyzátora 100 ml, teplota fermentácie 15 °C.

Analytické stanovenia

Stanovenie celkových polyfenolov podľa EBC, stanovenie celkových dusíkatých látok podľa Kjeldahla, stanovenie bielkovinového dusíka pomocou farbiva Coomassie Brilliant Blue, stanovenie farby podľa EBC, stanovenie horkosti podľa EBC, stanovenie zdanlivého a skutočného extraktu destilačne, stanovenie etanolu a prchavých zložiek plynovou chromatografiou CHROM 5, náplňová kolóna 8% FFAP metóda head-space,



Obr. 1 Schéma fermentácie
A – „gas-lift“ reaktor, B – zásobník mladiny,
C – tlakové lahve na kyslík a oxid uhličitý,
D – zásobník produktu, E – peristaltická
pumpa, F – kompresor, 1 – tok mladiny, 2 –
odvod produktu

stanovenie aminokyselín plynovou chroma-
tografiou CHROM 5, náplňová kolóna fáza
SÉ 30. Analytika podľa Basařové a kol. [11].

4. VÝSLEDKY A DISKÚSIA

Pri práci sme používali „gas-lift“ reaktor,
ktorý sme vybrali na základe vlastných po-
znatkov [6]. Pri rovnakom množstve celko-

vej biomasy vo fermentore bunkami imobi-
lizovanými do pektátu vápenatého sme do-
siahli rýchlosť spotreby substrátu (r_s) 5,15
g/l.h. v náplňovej kolóne s perforovanými
etážami bola r_s 4,42 g/l.h. Rýchlosť produk-
cie etanolu (r_p) bola v „gas-lift“ reaktore 2,21
g/l.h a v náplňovej kolóne s perforovanými
etážami 1,91 g/l. V „gas-lift“ reaktore sme
na výstupe stanovili koncentráciu skvasite-
lných sacharidov 8,2 g/l a neskvasiteľných
19,1 g/l. Fermentácia sa dá ešte zefektívniť
zvýšením množstva biomasy vo fermentore,
čo sa dá dosiahnuť pridaním väčšieho množ-
stva biokatalyzátora pri zachovaní konštant-
nej koncentrácie biomasy v nosiči, alebo
zvýšovaním koncentrácie biomasy v nosiči
pri nezmenenom množstve imobilizačného
materiálu. Pri použití hustejšej suspenzie bu-
niiek (biomasa nad koncentráciou 50 g/l) sú
problémy v procese výroby biokatalyzátora
pri pretlačaní cez dýzu, takže prvá varianta
je z technického hľadiska reálnejšia.

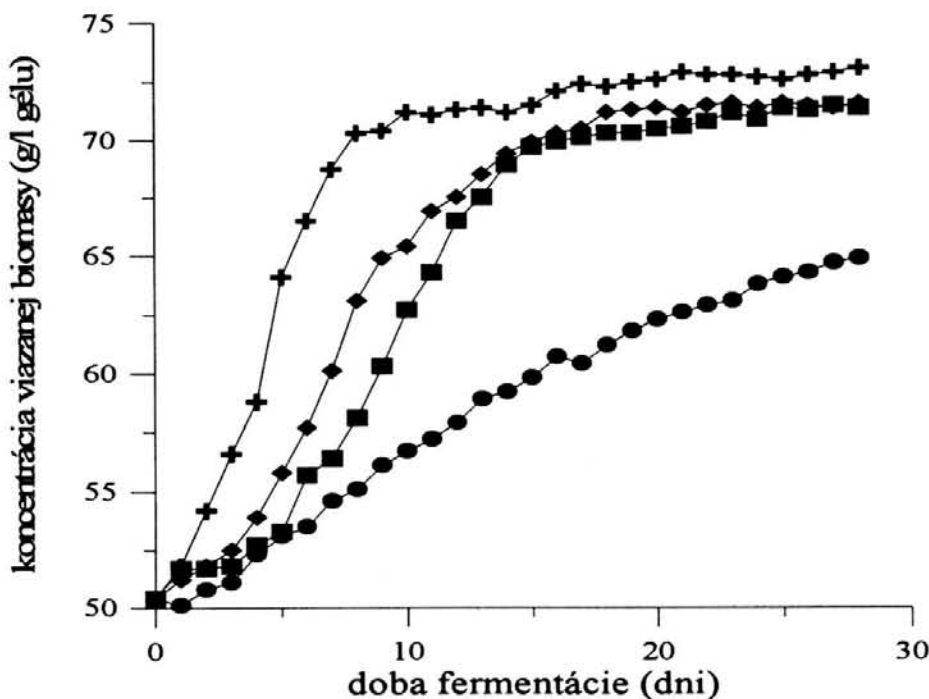
V práci sme sledovali nárast biomasy
v pektáte vápenatom pri kontinuálnej fer-
mentácii mladiny v „gas-lift“ reaktore pri
rôznych koncentráciách kyslíka v mladine.
V 24hodinových intervaloch sme stanovovali
obsah viazaných buniek v nosiči po rozpúš-
taní pektátu vápenatého vo vínane sodno-
draselnom a koncentráciu voľnej biomasy
v médiu. Pokusy sme realizovali pri štyroch
rôznych koncentráciách kyslíka v médiu, a to
pri 0, 2, 4 a 6 mg kyslíka na liter mladiny.

Najrýchlejší nárast biomasy v nosiči sme
zaznamenali vo fermentore s koncentráciou
kyslíka 6 mg/l (obr. 2). Z pôvodnej sušiny
50,4 g na 1 l gélu koncentrácia buniek na-

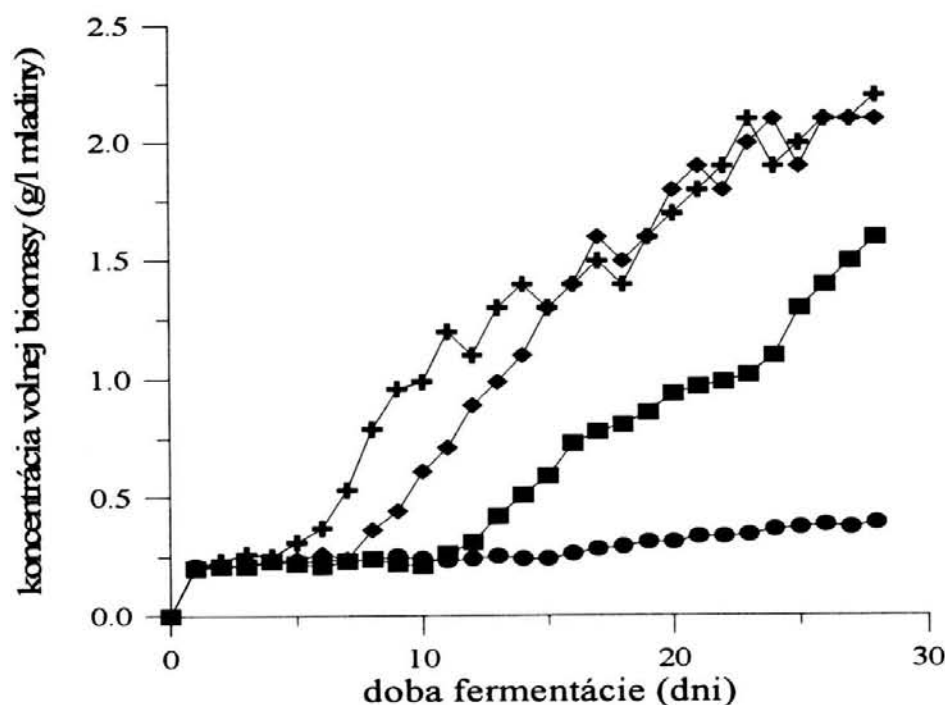
rástla na 71,3 g/l za 9 dní. Vo fermentore
s koncentráciou kyslíka 4 mg/l nárast
z pôvodnej hodnoty bol pomalší ako pri 6
mg/l, ale prvých 14 dní bol rýchlejší ako vo
fermentore s koncentráciou kyslíka 2 mg/l.
Pri fermentáciách s koncentráciou kyslíka 2
a 4 mg/l sme dosiahli sušinu 70 g/l gélu až
14. deň fermentácie. V týchto dvoch prípá-
doch sušina nedosiahla maximálnu hodnotu
koncentrácie 73,2 g/l ani po 28 dňoch fer-
mentácie. Bez prídavku kyslíka bol nárast
koncentrácie viazanej biomasy výrazne po-
malší a v 28. deň fermentácie dosiahol hod-
notu 64,8 g/l nosiča. Koncentrácia kyslíka
ovplyvňuje aj koncentráciu voľných kvasi-
niiek v médiu a vzhľadom na to, že ide o mie-
šaný fermentor, determinuje aj koncentráciu
voľných kvasiniek v produkte. V nultom čase
fermentácie koncentrácia voľných buniek vo
fermentačnom médiu bola nulová. Táto kon-
centrácia narástla na 0,2 g sušiny na 1 l pri
prvom odbere vzorky (24h) a táto hodnota
bola stála v každom fermentore.

Zmenenú koncentráciu voľnej biomasy
sme zaznamenali vo fermentore s koncen-
tráciou kyslíka 6 mg/l až na piaty deň
fermentácie. Od tejto pokračoval nárast bi-
omasy (obr. 3) a v 28. deň fermentácie kon-
centrácia voľnej biomasy bola 2,1 g/l fer-
mentačného média. Podobný nárast sme
zaznamenali aj vo fermentore s koncen-
tráciou kyslíka 4 mg/l, avšak zvyšovanie ob-
sahu voľnej biomasy nastalo až v 8. deň fer-
mentácie z hodnoty 0,2 g/l. V tomto prípade
na 15. deň už koncentrácia voľných buniek
bola prakticky totožná s koncentráciou voľ-
nej biomasy vo fermentore s koncentráciou
kyslíka 6 mg/l. Vo fermentore s koncen-
tráciou kyslíka 2 mg/l zmena koncentrácie voľ-
ných kvasiniek bola zaznamenaná v 12. deň
fermentácie, pričom 28. deň fermentácie
dosiahla hodnotu iba 1,51 g/l.

Vo fermentore bez prídavku kyslíka kon-
centrácia voľných kvasiniek vzrástla z hod-
noty 0,2 g/l v priebehu celej fermentácie iba
na 0,31 g/l. Prietok substrátu a odtok pro-
duktu bol rovnaký v každom fermentore na
začiatku fermentácie. Pri prietoku substrátu
12,1 ml/h sme dosiahli koncentráciu sachar-
idov 28,9 g/l na výstupe z fermentora. Na
začiatku fermentácie rýchlosť spotreby sub-
strátu bola 5,34 g/l.h a rýchlosť produkcie
etanolu 2,35 g/l.h. Zvyšovaním množstva
biomasy vo fermentore sme zvyšovali aj pri-
etok substrátu a odtok produktu tak, aby
koncentrácia sacharidov bola na výstupe
v rozmedzí 26–29 g/l. Vo fermentore s kon-
centráciou kyslíka 6 mg/l sme ustálený stav
dosiahli v 10. deň fermentácie pri prietoku
substrátu 17,66 ml/h, vo fermentoroch s kon-
centráciou kyslíka 4 a 2 mg/l až na 15. deň
fermentácie, a to pri prietoku 16,94 ml/h. Vo
fermentore bez prídavku kyslíka sa do 28.
dňa, kedy sme ukončili fermentáciu, nedo-
siahol ustálený stav. Prietok substrátu
v tomto prípade bol v 28. deň fermentácie
14,52 ml/h. Pri prietokoch v ustálenom stave
sme vypočítali rýchlosť spotreby substrátu
a rýchlosť produkcie etanolu, a tiež špeci-
fickú rýchlosť spotreby substrátu a špeci-



Obr. 2 Vplyv koncentrácie kyslíka v mladine na koncentráciu biomasy viazanej v pektáte
vápenatom počas kontinuálnej fermentácie mladiny v „gas-lift“ reaktore s imobilizovanými
kvasinkami *S. cerevisiae*. Počiatočná koncentrácia buniek v nosiči – 50,4 g/l gélu, objem
gélu 100 ml. Teplota 15 °C.
Koncentrácia kyslíka (prietok mladiny): ● – 0 mg/l (14,52 ml/h), ■ – 2 mg/l (16,94 ml/h),
◆ – 4 mg/l (16,94 ml/h) a + – 6 mg/l (17,66 ml/h).



Obr. 3 Vplyv koncentrácie kyslíka v mladine na koncentráciu voľnej biomasy počas kontinuálnej fermentácie mladiny v „gas-lift“ reaktore kvasinkami *S. cerevisiae* imobilizovanými v pektáte vápenatom. Počiatočná konc. voľných kvasiniek – 0 g/l mladiny, počiatočná konc. buniek v nosiči – 50,4 g/l gélu, objem gélu 100 ml. Teplota 15 °C. Koncentrácia kyslíka (prietok mladiny): ● – 0 mg/l (14,52 ml/h), ■ – 2 mg/l (16,94 ml/h), ◆ – 4 mg/l (16,94 ml/h) a + – 6 mg/l (17,66 ml/h).

Tab. 1.: Základné charakteristiky kontinuálnej fermentácie mladiny v „gas-lift“ reaktore kvasinkami *S. cerevisiae* imobilizovanými v pektáte vápenatom pri rôznych koncentráciách kyslíka v mladine. Počiatočná koncentrácia buniek v nosiči – 50,4 g/l gélu, objem gélu 100 ml. Teplota 15 °C.

Parameter	Koncentrácia kyslíka			
	0 mg/l	2 mg/l	4 mg/l	6 mg/l
koncentrácia viazanej biomasy (g/l nosiča)	64,8	70,3	70,4	73,2
prietok substrátu (ml/h)	14,5	16,9	16,9	17,6
rýchlosť spotreby substrátu (g/l.h)	6,804	7,603	7,674	8,052
rýchlosť produkcie etanolu (g/l.h)	2,981	3,308	3,409	3,514
špecifická rýchlosť spotreby substrátu (g/l.h ⁻¹)	0,105	0,108	0,109	0,110
špecifická rýchlosť produkcie etanolu (g/l.h ⁻¹)	0,046	0,047	0,047	0,048

Tab. 2 Hlavné parametre piva pri kontinuálnom kvasení mladiny v „gas-lift“ reaktore kvasinkami *S. cerevisiae* imobilizovanými v pektáte vápenatom. Počiatočná koncentrácia buniek v nosiči 50,4 g/l gélu, objem gélu 100 ml. Teplota 15 °C. Koncentrácia kyslíka (prietok mladiny): 0 mg/l (14,52 ml/h), 2 mg/l (16,94 ml/h), 4 mg/l (16,94 ml/h) a 6 mg/l (17,66 ml/h).

Parameter	Koncentrácia kyslíka			
	0 mg/l	2 mg/l	4 mg/l	6 mg/l
Pôvodný extrakt (w/w, %)	11,5	11,5	11,5	11,5
Skutočný extrakt (w/w, %)	4,61	4,57	4,51	4,48
Alkohol (w/w, %)	3,14	3,11	3,06	2,98
Prekvasenie (%)	59,9	60,2	60,7	61
Farba (jEBC)	13,1	13,4	13,9	14,1
pH	4,12	4,10	4,03	3,98
Horkosť (BU)	18,3	17,9	17,6	17,5
Celkový dusík (mg/100 ml)	92,3	86,4	83,2	81,4
Voľný dusík (mg/100 ml)	33,2	28,4	25,2	21,4
Celkové polyfenoly (mg/l)	19,1	19,4	19,3	19,6

fickú rýchlosť produkcie etanolu vztiahnutú na 1 g biomasy. Vypočítané hodnoty sú v tab. 1.

Z tab. 1 vidno, že kyslík ovplyvňuje rýchlosť spotreby substrátu, rýchlosť produkcie etanolu, špecifickú rýchlosť spotreby substrátu a špecifickú rýchlosť produkcie etanolu. Dôležité pritom je, že prietok substrátu sa zvyšoval oproti pôvodnej hodnote 12,1 ml/h. Vo fermentore s koncentráciou kyslíka 6 mg/l o 46%, vo fermentore s koncentráciou 2 a 4 mg/l o 40 % a vo fermentore pracujúcom za anaeróbných podmienok o 20 %.

Koncentrácia kyslíka okrem fermentačných parametrov ovplyvňuje aj kvalitu finálneho produktu. Do tab. 2 sme zhrnuli výsledky z analýz hlavných komponentov piva. Pôvodný extrakt máme daný ako extrakt mladiny na vstupe fermentora. Ako z tejto tabuľky vidno, koncentrácia kyslíka ovplyvňuje parametre piva. Hmotnostná koncentrácia etanolu v produkte klesá s rastúcou koncentráciou kyslíka vo fermentore. Skutočný extrakt mladého piva má taktiež klesajúcu tendenciu, čo vyvoláva aj zmeny vo vypočítaných hodnotách skutočného prekvasenia. Percentá skutočného prekvasenia narastali so zvyšujúcou sa koncentráciou kyslíka v mladine. Kyslík ovplyvňoval aj farbu piva, ktorá rástla s koncentráciou kyslíka vo fermentore. Zmenené bolo aj pH piva a horkosť. Nárastom koncentrácie kyslíka hodnota týchto parametrov klesala. Najväčšie rozdiely vo vzorkách sú v koncentráciách celkových a voľných dusíkatých látok.

Je známe, že pri aplikovaní imobilizovaných kvasiniek pri výrobe piva sú problémy s vyšším obsahom dusíkatých látok vo finálnom produkte. S menším nárastom biomasy je zmenená utilizácia aminokyselín mladiny v priebehu fermentácie. Ako to aj z tab. 2 vidno, koncentrácia voľných a celkových dusíkatých látok s rastúcou koncentráciou kyslíka vo fermentore v mladom pive klesala.

Analýzovali sme koncentráciu aminokyselín v mladine a v mladom pive a vyjadrovali sme v percentách utilizácie na koncentráciu aminokyselín v mladine. Takto získané hodnoty sú zhrnuté v tab. 3. Koncentrácia kyslíka vo fermentore neovplyvňuje utilizáciu arginínu, táto aminokyselina je úplne utlizovaná pri každej koncentracii. S vyšším obsahom kyslíka vo fermentore rastie utilizácia serínu, asparagínu, izoleucínu, leucínu, lyzínu, valínu, alanínu, tyrozínu, tryptofánu a histidínu. Iba pri štyroch aminokyselinách, a to treoníne, metioníne, fenylnalaníne a glycíne utilizácia klesá. Podobné zmeny v utilizácii aminokyselín stanovil van de Winkel a kol.[8] pri porovnaní fermentačných parametrov pív vo fermentore s vnútorným recyklovaním substrátu pri anaeróbnom režime a koncentracii kyslíka vo fermentore 2 mg/l.

V tab. 4 sú koncentrácie senzorycky aktívnych látok v mladom pive. Zvyšovaním koncentrácie kyslíka vo fermentore rastie aj koncentrácia diacetylu v mladom pive. Zvyšuje sa aj pomer koncentrácie vyšších alkoholov k celkovým esterom. Pri anaerób-

Tab. 3 Percentá využítie aminokyselín pri kontinuálnom kvasení mladiny v „gas-lift“ reaktore kvasinkami *S. cerevisiae* imobilizovanými v pektáte vápenatom. Počiatočná koncentrácia buniek v nosiči – 50,4g/l gélu, objem gélu 100 ml. Teplota 15 °C. Koncentrácia kyslíka (prietok mladiny): 0 mg/l (14,52 ml/h), 2 mg/l (16,94 ml/h), 4 mg/l (16,94 ml/h) a 6 mg/l (17,66 ml/h).

Aminokyselina (% využítie)	Koncentrácia kyslíka			
	0 mg/l	2 mg/l	4 mg/l	6 mg/l
serín	95	96	99	100
treonín	100	97	89	87
asparagín	92	96	100	100
arginín	100	100	100	100
izoleucín	84	89	94	100
leucín	90	93	96	97
lyzín	97	98	100	100
metionín	100	81	75	67
valín	67	79	89	100
glycín	100	87	81	76
alanín	61	69	73	87
fenyľalanín	67	65	61	56
tyrozín	65	74	81	86
tryptofán	61	71	86	91
histidín	49	68	91	100

Tab. 4 Prchavé látky piva pri kontinuálnom kvasení mladiny v „gas-lift“ reaktore kvasinkami *S. cerevisiae* imobilizovanými v pektáte vápenatom. Počiatočná koncentrácia buniek v nosiči – 50,4g/l gélu, objem gélu 100 ml. Teplota 15 °C. Koncentrácia kyslíka (prietok mladiny): 0 mg/l (14, 52 ml/h), 2 mg/l (16,94 ml/h), 4 mg/l (16,94 ml/h) a 6 mg/l (17,66 ml/h).

Prchavé látky (mg/l)	Koncentrácia kyslíka			
	0 mg/l	2 mg/l	4 mg/l	6 mg/l
propanol	7,9	11,4	16,5	27,2
2-metylpropanol	40,3	37,7	31,2	29,4
2 a 3-metylbutanol	61,4	59,8	56,1	54,4
etylformiát	1,9	1,7	1,4	1,3
etylacetát	13,4	13,4	12,6	11,4
etylpropionát	3,2	3,3	3,1	2,9
3-metylbutylacetát	1,4	0,9	0,8	0,8
diacetyl	0,421	0,462	0,475	0,503

nych podmienkach tento pomer bol 5,4:1 pri koncentrácii kyslíka 2 mg/l 5,6:1, pri 4 mg/l a pri 6mg/l 6,7:1. Zmena koncentrácie týchto senzoricke aktívnych látok bola sledovaná aj v práci van de Winkela a kol. [8], pričom zmena pomeru bola omnoho väčšia u spomínaných autorov. Vo fermentore s koncentráciou kyslíka 2 mg/l bol tento pomer 11: 1 a u anaeróbnej fermentácie 2,4:1.

5. ZÁVER

Na základe nami stanovených fermentačných parametrov pri hlavnom kvasení v „gas-lift“ reaktore kyslík privádzaný do prúdu nosného plynu má pozitívny účinok. Vplyv kyslíka je priaznivý aj na ďalšie parametre piva, hlavne na koncentráciu voľných a celkových dusíkatých látok. Jeho negatívny vplyv sme zaznamenali pri tvorbe

senzoricke aktívnych látok. Vyvolával vyššiu tvorbu diacetylú a zvyšovanie pomeru koncentrácie vyšších alkoholov a esterov. Treba mať na zreteli, že pivo na výstupe z fermentora obsahuje ešte 8,2 g/l skvasiteľných sacharidov, a preto je nutné ku fermentoru sériovo zapojiť dokvasovací fermentor. Pri dokvasovaní však dochádza aj k odbúraniu diacetylú a zmene koncentrácie senzoricke aktívnych látok. Na základe stanovených výsledkov v začiatkovej fáze fermentácie sa oplatí viesť proces pri aerácii až na koncentráciu kyslíka 6 mg/l. Po 10 dňoch po nasýtení nosiča s biomasou už môžeme znížiť aeráciu aj na nižšiu koncentráciu kyslíka. Tento postup bude odskúšaný v priebehu ďalšieho výskumu na poloprevádzkovej úrovni. Práca je súčasťou výsledkov výskumu kontinuálnej fermentácie mladiny na Katedre biochemickej technológie Chemickotechnologickej fakulty Slovenskej technickej univerzity, a slúži na hľadanie optimálneho vedenia hlavného kvasenia v „gas-lift“ fermentore.

Práca bola vypracovaná s podporou Slovenskej grantovej agentúry pre vedu č. 95/5 195/199 a 2 4149 97 .

LITERATÚRA

- [1] HARDWICK, W. A.: Handbook of Brewing, (Marcel Decker Inc.) New York, 1995
- [2] POLEDNÍKOVÁ, M. et al.: Kvasny Prum. 39, 1993, s. 2.
- [3] LINKO, M., KRONLOF, J.: Proc. Eur. Brew. Conv., 23rd Congress, Lisbon.(1991)
- [4] GEMEINER, P., et al.: Biotechnol. Appl. Biochem. 13, 1991, s. 335.
- [5] TOMÁŠKA, M., et al.: Biotechnol. Appl. Biochem. 21, 1995, s. 347.
- [6] ŠMOGROVICOVÁ, D. et al.: Biotechnol. Techn. 11, 1997, s. 261.
- [7] HAMAMCI, H., RYU D.D.Y.: , App. Microb. Biotech. 28, 1988, s. 515.
- [8] VAN DE WINKEL, L., et al.: Proc. Eur. Brew. Conv., 24th Congress, Oslo, 1993, s. 307.
- [9] MASSCHELEIN, C. A.: Biotechnology Application in Beverage Production, Cantarelli, G., Lanzarini, G., Eds., 1989, s. 77.
- [10] An.: List of products. Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences, 1995, s. 18.
- [11] BASAŘOVÁ a kol.: Pivovarsko – sladárská analytika (Merkanta) Praha, 1992.