

# Z výzkumu a praxe

## Zkušenosti s výrobou piva pomocí imobilizovaných kvasinek

Ing.POLEDNÍKOVÁ,M., Ing.VOBORSKÝ,J.,  
Ing.CHLÁDEK,L., CSc.,Ing.ŠRUMA,T.,VÚPS Praha

**Klíčová slova:** pivo, intenzifikace, imobilizace, biokatalyzátor, kvašení, bioreaktor, výrobní doba

663.45

Obdobně jako v jiných průmyslových oborech je jedním z nosných směrů pivovarského výzkumu intenzifikace výrobních postupů. Přitom je nutno vycházet z požadavků trhu, který jednoznačně preferuje světlé pivo plzeňského typu, a to nejen v Československu, ale i v jiných evropských a mimoevropských zemích. Míra intenzifikace je proto omezena charakteristikou výrobku. Pozornost výzkumu se již dříve soustředila na nejdelší výrobní úsek, tj. na kvašení a zrání piva. Doba tohoto procesu kolísá podle druhu piva mezi 20 až 90 dnů. Kombinací úpravy postupů a speciálních kvasných nádob se podařilo zkrátit dobu kvašení a zrání piva o více než 50 %. Další možnosti se nabídly využitím poznatků z imobilizace mikroorganismů. První pokusy v laboratorním měřítku prokázaly, že k výrobě piva mohou být využity kvasinky vázané v alginátu vápenatém [1]. Výhody tohoto systému spočívají ve zkrácení kvasného procesu, které vede k významným investičním úsporám, v omezení manipulace s přebytečnými kvasnicemi a tím i ve snížení výrobních ztrát. Uvedené výhody vyplývají z toho, že ve srovnání s volnými kvasinkami je imobilizací potlačeno pomnožování kvasnic, což umožňuje několikanásobně zvýšit koncentraci imobilizovaných kvasinek a rychlosť kvašení. Na druhé straně je nutno připustit, že se potlačením růstu změní do určité míry metabolismus kvasinek a tím i tvorba vedlejších produktů, které ovlivňují senzorický charakter piva.

Tab. 1. Pokles obsahu aminokyselin (AK) v mladých pivech během kvašení s volnými a vázanými kvasinkami

Kmen kvasnic	Mladina ΣAK (mg/l)	Mladé pivo			
		Volné kvasinky		Vázané kvasinky	
		ΣAK(mg/l)	úbytek(%)	ΣAK(mg/l)	úbytek(%)
č.96	142,9	76,1	46,7	93,0	34,9
č.26	153,2	83,1	45,8	95,0	38,0
č.103	146,2	74,4	49,1	93,9	35,8
č.75	142,9	69,6	51,3	94,3	34,0
č.9	128,2	59,2	53,8	53,2	58,5

Poznámka : číslo kmene kvasnic dle sbírky VÚPS

Počáteční výzkum byl zaměřen na zásadní problém, tj. zda lze touto novou technologií vyrobit pivo požadované kvality, na způsob imobilizace kvasinek a výběr vhodného nosiče. Tato fáze výzkumu končila čtvrtprovozními pokusy, které prokázaly, že volbou vhodných podmínek a výběrem kvasničného kmene je možné eliminovat některé negativní vlivy imobilizace kvasinek a vyrobit pivo požadovaného charakteru. Na základě čtvrtprovozních zkoušek byla vypracována rámcová technologie, navržena a postavena poloprovozní linka. V další fázi pokračovaly pokusy v poploprovozním měřítku.

Cílem poloprovozních zkoušek bylo dořešit technologické problémy v návaznosti na konstrukční řešení bioreaktoru a navrhnut provozní linku pro zkvašování mladin o různé koncentraci extraktu a různé výrobní kapacitě (tab. 3).

### VLIV NOSIČE

Základním předpokladem pro uplatnění imobilizovaných kvasinek při výrobě piva v provozních podmínkách je výběr vhodného nosiče. Tomu musí být také přizpůsobeny požadavky na nosič, který by měl vyhovovat následujícím požadavkům:

- senzorická inertnost (bez vlivu na chut' a vůni piva)
- mechanická pevnost a trvanlivost vazby
- zachování vysoké aktivity kvasnic
- jednoduchá, rychlá a levná příprava
- cenová dostupnost

Z hlediska zachování organoleptických vlastností hotového piva a vlastní imobilizace kvasinek je výběr nosiče nejen důležitý, nýbrž i obtížný a časově náročný. Rozsah nároků na ideální nosič je značně velký a nelze jej ve všech bodech zcela splnit.

Schéma 1 Příprava imobilizovaných kvasinek v alginátovém gelu (alginátové peletky)

Alginát sodný = Protan LF 10/60  
+ voda (Protan - Norsko)



Poměrně velká část odborné literatury pojednává o způsobech zvýšení mechanické stability biokatalyzátoru [2,3,4,5,6,7,8,9], podstatně menší počet se zabývá problematikou udržení dlouhodobé aktivity [10,11,12,13].

Ve spolupráci s pracovištěm ČSAV, Ústavem organické chemie a biochemie, Mikrobiologickým ústavem, Ústavem makromolekulární chemie a s pracovištěm VŠCHT Praha byla vyzkoušena řada polymerů, v nichž jsou kvasinky zachyceny. Buňky byly imobilizovány těmito způsoby:

- v prostředí polyakrylamidového gela

Tab. 2 Úbytek některých aminokyselin při hlavním kvašení

Kmen č.		Úbytek %							
		Val	Thr	Leu	Ile	Phe	Lys	Arg	His
96	volné	83,6	69,1	80,0	39,4	80,6	33,3	54,0	40,6
	vázané	99,0	47,3	99,0	66,7	32,3	25,7	39,5	62,5
26	volné	16,7	78,2	31,0	68,6	51,4	39,8	51,6	40,9
	vázané	75,0	69,1	81,0	86,3	77,1	21,1	45,1	13,6
103	volné	72,6	78,7	46,5	67,6	70,2	37,1	59,6	45,6
	vázané	95,2	59,7	90,0	99,0	55,9	6,5	47,1	26,1
75	volné	99,0	99,9	33,3	75,0	72,7	42,6	81,1	76,0
	vázané	99,9	41,3	64,8	99,9	36,4	10,6	72,7	70,0
9	volné	55,0	93,0	49,0	45,5	77,2	75,6	84,7	59,3
	vázané	61,3	70,3	65,3	73,6	87,5	93,8	70,0	51,8

Tab. 3 Potřebné objemy nádob při výrobě piva imobilizovanými kvasinkami

Objem bioreaktoru (1 ks)	hl	600	1 200	1 800	2 400
Objem dozrávacího tanku (2 ks)	hl	500	1 000	1 500	2 000
10% pivo	hl/rok	50 000 - 60 000	100 000 - 120 000	150 000 - 180 000	200 000 - 240 000
12% pivo	hl/rok	45 000	90 000	135 000	180 000
14% pivo	hl/rok	37 000	75 000	112 000	150 000

- v prostředí termoreverzibilního gelu (agar)
- vazba na polyfenylenoxid aktivovaný glutaraldehydem
- vazba na Separonu s prostorovými spojkami
- kovalentním zesítěním vnitrobuněčného obsahu glutaraldehydem
- vytvoření iontové sítě z přírodních polysacharidů (alginát)

Pro naše účely se nejlépe osvědčil alginát sodný, který tvoří rovné řetězce sodné soli polymannuronových a polyguluronových kyselin. Iontovou síť tvoří vápenatá sůl, která vznikne srážením suspenze alginátu sodného s kvasnicemi v roztoku chloridu vápenatého (*schéma 1*).

Pro provozní použití a ekonomii provozu je výhodná poměrně jednoduchá příprava kulových peletek, jejich mechanická pevnost a dlouhodobá funkční stabilita takto imobilizovaných kvasinek [14].

Při diskontinuálním způsobu kvašení musí být peletky těžší než zkvašovaný substrát.

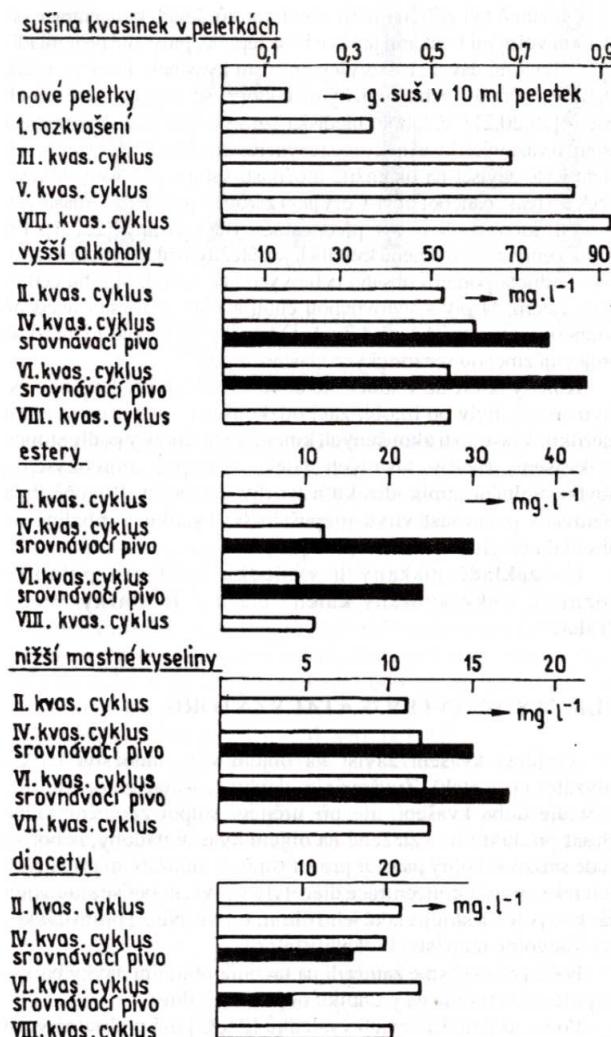
V průběhu kvašení jsou peletky vynášeny vznikajícím oxidem uhličitým vzhůru ke hladině a po jeho uvolnění klesají vlastní hmotností zpět ke dnu. Přitom dochází k dokonalému styku pelet se substrátem. Po ukončení kvašení zůstávají pelety u dna nádoby.

Jak se ukázalo při poloprovozních zkouškách, jsou fyzikální vlastnosti peletek závislé na způsobu přípravy. Uzavřením vzduchu nebo oxidu uhličitého v peletkách při jejich přípravě dojde k tomu, že pelety vyplavou postupně na hladinu a ve spodní části bioreaktoru zůstávají v důsledku nedokonalého míchání nezkvašený substrát. Při přípravě je proto nutno volit způsob míchání suspenze i teplotu.

## VLIV KVASNIČNÉHO KMENE

Je všeobecně známo, že kvasničný kmen může do značné míry ovlivnit kvasný proces a charakter konečného výrobku. Proto jednou ze základních otázek aplikace imobilizovaných kvasinek při výrobě piva byl výběr vhodného kvasničného kmene. Imobilizací se pro buňku výrazně mění prostředí, což se může projevit nejen z hlediska morfologického a cytologického, ale též změnou biochemické aktivity.

Imobilizací je rovněž ovlivněn transport některých láték ze substrátu, což může poznamenat metabolismus kvasinek.



Obr. 1 Sušina kvasinek v alginátových peletkách, těkavé látky a diacetyl v pivěch

Z práce Ramos-Jeunhommeho [15] vyplývá, že afinita permeasových systémů pro přenos aminokyselin se u jednotlivých kmenů liší. Z tohoto hlediska je výběr kvasničného kmene pro imobilizaci velmi důležitý (*tab. I*). S ohledem na zjištění, že růst imobilizovaných kvasinek je nižší než růst volných buněk, lze očekávat koncentrační změny některých skupin aromatických látek. Podstatným znakem vázaných kvasinek při kvašení je velmi rychlý pokles zkvasitelného extraktu a zvýšená tvorba vicinálních diketonů. Jejich vznik probíhá podle velmi dobré známého mechanismu utilizace tří aminokyselin (valin, leucin, isoleucin a syntézy) vyšších alkoholů [16,17]. Při velmi rychlém kvašení vzniká nadmerné množství 2-acetohydroxybutyrátu a 2-acetolaktátu, které přecházejí oxidační dekarboxylací na 2,3-pentandion a diacetyl. Vzhledem k pomalejší absorpci threoninu vázanými kvasinkami (*tab. 2,3*), nemůže se uplatnit zpětná vazba vyšší koncentrace valinu a ileucinu na omezení tvorby prekurzorů vicinálních diketonů. Je to pravděpodobně jeden ze způsobů vysvětlení závislosti metabolické aktivity na podmínkách prostředí, ve kterém jsou kvasinky po imobilizaci [18]. Z další skupiny aromatických látek, které mají přímý vztah k využití aminokyselin, jsou vyšší alkoholy, i když jejich vznik není výhradně závislý na biosyntéze aminokyselin.

Podle našich zjištění se tvoří při použití imobilizovaných kvasinek méně vyšších alkoholů. Lze se proto domnívat, že buňky využívají ve větší míře 2-ketokyseliny k transaminaci. Pravděpodobně se uplatňuje i v tomto případě zhoršený přísun dusíkatých látek k buňkám.

Obdobně byl zjištěn i nižší obsah esterů. Jejich koncentrace při kvašení volnými buňkami je závislá na teplotě, provzdušnění mladiny a zákvazné dávce. Při zvýšeném růstu kvasinek, který se může regulovat těmito technologickými faktory, se zvyšuje také obsah esterů [19,20,21]. Z tohoto hlediska lze vysvětlit nižší koncentraci esterů u vázaných kvasinek omezeným růstem. Produkce esterů však bude ještě záviset na okamžité možnosti vstupu příslušných acetyl-CoA do reakce, neboť acetyl-CoA jsou zároveň prekurzory mastných kyselin, které mohou být přednostně syntetizovány [22,23]. Při hodnocení různých kmenů kvasinek je důležitým ukazatelem kvality piva hodnota poměru obsahu celkových alkoholů k obsahu celkových esterů. U piv s vyrovnanou chutí a vůní je rozsah uvedené hodnoty v rozmezí 4,1 až 4,7 : 1. Odchylky od tohoto rozmezí se projevují změnou senzorických vlastností piva.

Kmeny, které se v současné době osvědčují především v čs. pivovarech, byly po imobilizaci odzkoušeny ve čtvrtiprovozním měřítku. Vlastnosti zkoušených kmenů se hodnotily podle stupně prokvašení, tvorby těkavých látek, absorpcie aminokyselin, úbytku volného aminodusíku a tvorby diacetylu. Rovněž byla věnována pozornost vlivu rozpuštěného kyslíku v mladině na obsah diacetylu v hotovém pivu [18].

Na základě získaných výsledků byly pro poloprovozní zkoušky vybrány kmeny č. 2 a č. 96 sbírky VUPS Praha.

## VLIV MNOŽSTVÍ BIOKATALYZÁTORU

Rychlosť kvašení závisí na objemovém množství biokatalyzátoru (peletek). Zvyšováním dávky biokatalyzátoru se sice zkracuje doba kvašení, ale při určitém stupni zaplnění začne klesat produktivita vztažená na objem kvasné nádoby, neboť se bude snižovat volný prostor pro substrát. S množstvím přidaných peletek souvisí i koncentrace diacetylu v pivě, neboť se stoupající dávkou peletek stoupá také jeho obsah v pivě. Nelze proto dávkovat libovolné množství biokatalyzátoru.

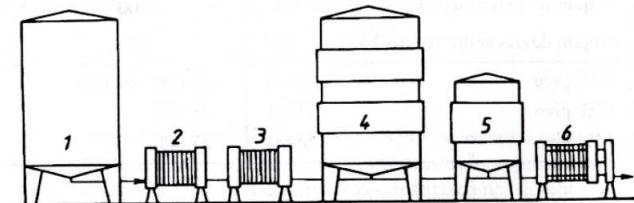
Naše pokusy jsme zaměřili na určení optimální dávky biokatalyzátoru vztažené na jednotku objemu mladiny.

Podle našich dřívějších výsledků [24,25] má podstatně větší vliv na intenzitu kvašení množství přidaného biokatalyzátoru než koncentrace zabudovaných kvasinek, která postupně vzroste na konstantní hodnotu.

K dosažení téměř konečného stupně prokvašení při teplotě 12 °C až 13 °C a poměrně nízkého obsahu diacetylu ve vyrobeném pivu je nejvhodnější objemový poměr mladiny k objemu biokatalyzátoru 9+1 až 10+1. Podle množství biokatalyzátoru dosáhne specifická rychlosť úbytku substrátu až několikanásobku běžné hodnoty pro volné kvasinky.

## ČTVRTPROVOZNÍ POKUSY

Významnou etapou byly pokusy ve čtvrtiprovozním měřítku, které již umožnily výrobu piva v takovém množství a formě, aby mohlo být posouzeno nejen analyticky, ale rovněž senzorickou analýzou [24]. Celkem se sledovalo osm kvasních cyklů. Zjištěné koncentrace těkavých látek ve filtrovaných a stočených pivech jsou spolu s obsahem diacetylu a sušinou kvasnic v peletkách na obr. 1. Těkavé látky byly stanoveny plynovou chromatografií a v grafu je uveden součet jednotlivých látek příslušné skupiny [26].



Obr. 2 Poloprovozní linka na výrobu piva pomocí imobilizovaných kvasinek

1 - zásobník mladiny, 2 - pastér, 3 - deskový chladič, 4 - bioreaktor, 5 - dokvasný tank, 6 - filtr

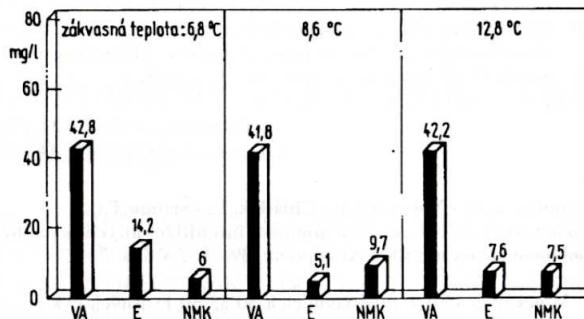
Proti srovnávacím pivům kvašeným volnými kvasinkami za obdobných teplotních podmínek s celkovou dobou kvašení a dokvašování 24 - 26 dnů (pro imobilizované kvasinky 8 dnů) byl obsah vyšších alkoholů, esterů i nižších mastných kyselin zřetelně nižší. U pokusních piv byl zaznamenán vyšší obsah diacetylu než u piv srovnávacích. Přestože množství diacetylu v pivu v koncentraci nad 0,20 mg/l je pokládáno za hodnotu nad prahem vnímání, nebyla u pokusních piv zaznamenána typická vůně a chuť po diacetylu připomínající vůni čerstvého másla. Spíše se projevovala u pokusních piv vůně po kvasnicích, která byla způsobena zráním piva v přítomnosti nadmerného množství biokatalyzátoru. Charakter vůně se výrazně zlepšil po snížení objemu pelet. U posledního 8. cyklu 62 % degustujících hodnotilo pokusné pivo lépe než srovnávací, zatímco u 2. a 4. cyklu tomu bylo naopak.

## POLOPROVOZNÍ ZAŘÍZENÍ A ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE

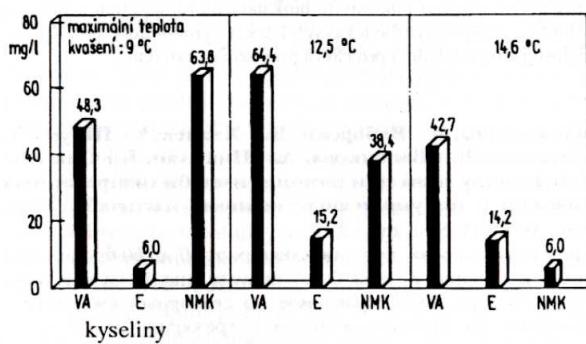
Výsledky čtvrtiprovozních pokusů zcela jasně prokázaly, že pomocí imobilizovaných kvasinek lze vyrobít rovnocenné pivo odpovídající pivu vyrobenému volnými kvasinkami. Dalším logickým krokem byl proto návrh poloprovozního zařízení a jeho výroba. Linka byla navržena tak, aby vedle diskontinuálního vsádkového způsobu mohla být upravena případně na kontinuální postup. Hlavní funkční částí linky, která je na obr. 2, je bioreaktor o objemu 20 hl opatřený duplikátory s chladicím médiem a automatickou regulací teploty. Součástí linky jsou dva tepelné deskové výměníky sloužící k pasteraci a dochlazování mladiny a tlaková nádoba o objemu 2,5 hl s chladicím duplikátorem určeným ke zrání piva při teplotě okolo 0 °C.

Do vysterilovaného bioreaktoru o objemu 20 hl, ve kterém bylo volně uloženo 200 l biokatalyzátoru, se spodem přiváděla zchlazená pasterovaná mladina z běžného provozu.

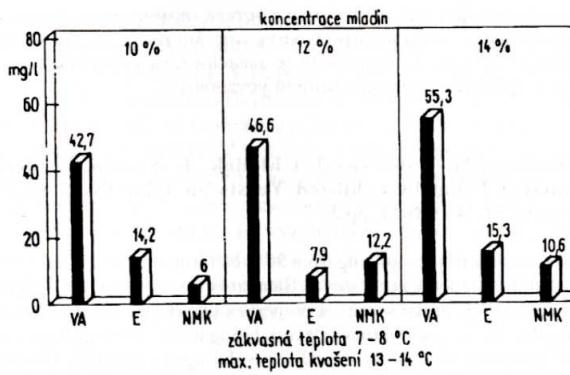
Po 3 až 5 dnech kvašení (v závislosti na koncentraci zpracovávané mladin), kdy obsah extraktu klesl na hodnotu menší než 3 % a koncentrace diacetylu na hodnotu nižší než 0,3 mg/l, se obsah bioreaktoru přepustil do dokvasného tanku a bioreaktor se znova naplnil mladinou.



Obr. 3 Vliv zákvasné teploty na tvorbu těkavých látek (maximální teplota 14,1 - 14,8 °C)  
VA - vyšší alkoholy, E - estery, NMK - nižší mastné kyseliny



Obr. 4 Vliv maximální teploty kvašení na tvorbu těkavých látek zákvasná teplota 6,8 - 7,4 °C  
Význam zkratek viz obr. 3

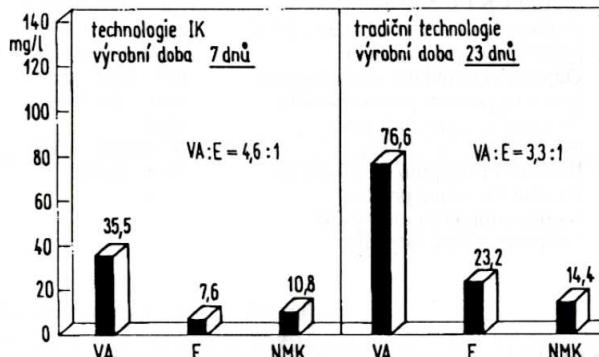


Obr. 5 Tvorba těkavých látek při zkvašování mladin o různé koncentraci  
Význam zkratek viz obr. 3

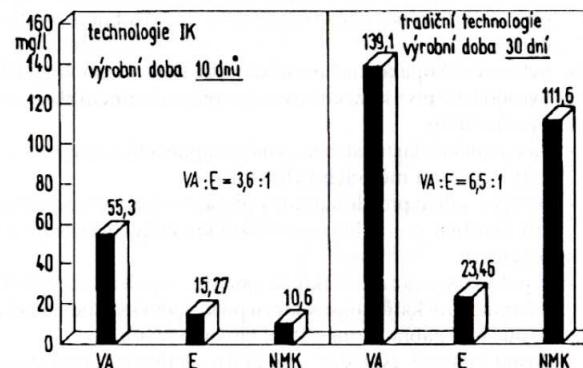
Po dosažení požadovaných hodnot extraktu a diacetylu se pivo z dokvasného tanku zfiltrovalo a stocilo do lahví.

Během dlouhodobých pokusů se vedle konstrukčních problémů (způsob odstranění kvasné deky) sledoval vliv zákvasné teploty při konstantní maximální teplotě kvašení (obr. 3), vliv maximální teploty kvašení při konstantní zákvasné teplotě (obr. 4) a vliv koncentrace mladin na tvorbu těkavých látek (obr. 5). Výsledky ze dvou vybra-

ných sérií pokusů byly porovnány s výsledky získanými při kvašení volnými kvasinkami. Porovnání obou technologií je na obr. 6 a 7. V I. sérii dlouhodobých pokusů se podařilo udržet



Obr. 6 Koncentrace těkavých látek v pivu při různé technologii zpracování 10% mladin  
IK - immobilizované kvasinky. ostatní zkratek viz obr. 3



Obr. 7 Koncentrace těkavých látek v pivu při různé technologii zpracování 14% mladin  
Význam zkratek viz obr. 6 a 3

životnost pelet po dobu osmi měsíců. Za tuto dobu byl kvasný cyklus opakován šedesátkrát. Ve II. sérii, která byla z ekonomických důvodů ukončena po čtyřech měsících po 29 cyklech, se podařilo vyrobít pivo senzoricky vyrovnávání, jejichž charakter nebyl zásadně odlišný od charakteru srovnávacích piv.

Všeobecně lze konstatovat, že obsah těkavých látek je u piv vyrobených immobilizovanými kvasinkami nižší než u piv vyrobených klasickou technologií. Z hlediska hodnoty poměru obsahu vyšších alkoholů k obsahu esterů, která je v optimálním případě 4,1 až 4,7 : 1, je pro každý kmen odlišná optimální zákvasná a maximální teplota kvašení. Na obr. 3 a 4 je znázorněn vliv teplot na kmen kvasinek použity ve II. sérii pokusů.

Vliv teploty se projevoval především v obsahu nižších mastných kyselin a diacetylu.

Senzorický charakter piva není však závislý pouze na obsahu diacetylu, vyšších alkoholů, esterů a nižších mastných kyselin, nýbrž se uplatňuje ještě přítomnost karbonylových látek, thiolů, organických kyselin a dalších aromatických sloučenin, takže optimální teplotu je nutno posuzovat z daleko širšího hlediska. Podle zkušenosti z praxe způsobují teploty nad 14 °C výrazné zhoršení chutových vlastností piva, což se při kvašení s immobilizovanými kvasinkami neprojevilo. Naopak, při vyšších teplotách kvašení byly koncentrace diacetylu a nižších mastných kyselin nízké a pivo bylo hodnoceno lépe než pivo srovnávací. Přednosti používání immobilizovaných kvasinek naznačuje přehled výhod a nevýhod této technologie.

## Výhody a nevýhody použití imobilizovaných kvasinek

### Přednosti systému

- 1) Zkrácení výrobní doby (oproti CKT o 30 - 50 %)
- 2) Zvýšení kapacity CKT o 30 - 50 % (při stejném počtu CKT)
- 3) Odpadá manipulace s kvasnicemi (výměna peletek po 6 měsících)
- 4) Výrazné snížení ztrát piva (pod 1 %)
- 5) Bioreaktor lze použít i jako CKT
- 6) Snadná likvidace peletek (zkrmování, kompostování)
- 7) Celkové snížení odpadů

### Nevýhody

- Výroba peletek na zvláštním zařízení
- Náklady na alginát (kryty úsporu výrobních ztrát)
- Nutnost pasteurace mladin

## ZÁVĚR

Dosavadní průběh poloprovozních zkoušek poskytl řadu poznatků výrazně snížujících riziko obvyklé při přechodu do provozního měřítka:

- v několika dlouhodobých sériích bylo opakován výrobeno za 7 dnů 10% pivo odpovídající ČSN, srovnatelné po senzorické stránce s běžným pivem s trojnásobnou výrobní dobou,
- bylo rovněž opakován prokázáno, že touto technologií lze vyrobit také piva koncentrovanější při podstatném zkrácení výrobní doby
- mechanické vlastnosti a kvasná schopnost biokatalyzátoru byly i po osmi měsících vyhovující
- předpokladem pro dlouhodobý provoz s vyrovnanou kvalitou výrobku je imobilizace absolutně čistých kvasnic do polymeru
- v poloprovozním měřítku se podařilo spolehlivě vyřešit odstraňování kalu z bioreaktoru po každém kvasném cyklu a současně zabránit znečištění biokatalyzátoru
- dosud získané výsledky umožnily předložit konstrukční návrh bioreaktoru a zpracovat úvodní projekt pro provozní linku.

## Literatura

- [1] WHITE,F.H., PORTNO,A.D.: J.Inst.Brew., 84, 1978, s.228
- [2] CHEETHAM,P.S.J. et al.: Biotechnol.Bioeng., XXI, 1979, s.2155
- [3] VELIKY,I.A., WILLIAMS,R.E.: Biotechnol.Letters, 3, 1981, č.6, s.275
- [4] CHIBATA,I., TOSA,T: Ann.Rev.Biophys.Bioeng., 10, 1981, s.197
- [5] FUKUI,S., TANAKA,A.: Ann. Rev.Microbiol., 36, 1982, s.145
- [6] CHIBATA,I., WINGARD,L.B.: Applied Biochem.Bioeng., Immobilized Microbial Cells. Academic Press 1983
- [7] DECHEMA: Characterization of Immobilized Biocatalysts. Verlag Chemie. Weinheim 1979
- [8] LINKO,Y. et al.: Biotechnol.Letters, 3, 1981, č.6, s.263
- [9] BIRNBAUM,S. et al.: Biotechnol.Letters, 3, 1981, č.8, s.393
- [10] KLEIN,J. et al.: Angew. Makromol.Chem., 76/77, 1979, č.1141, s.329
- [11] AMIN,G., STANDAERT,P., VERACHTERT,H.: Appl.Microbiol.Biotechnol., 19, 1984, s.91
- [12] KLEIN,J. et al.: Appl.Microbiol.Biotechnol., 18, 1983, s.86
- [13] TAKATA,I. et al.: Appl.Microbiol.Biotechnol., 19, 1984, s.85
- [14] VOBORSKÝ,J., et al.: Využití imobilizovaných kvasinek k intenzifikaci kvašení při výrobě piva. (Závěrečná zpráva.) VÚPS Praha, 1988
- [15] RAMOS-JEUNEHOMME,C., De KEYSER,L., MASSCHELEIN,C.A.: Proc. EBC, 1979, s.505
- [16] NARZISS,L. et al.: Brauwelt, 124, 1984, s.494
- [17] DELLWEG,H.: Tzgzt. Brau., 65, 1968, s.916
- [18] KAHLER,M., et al.: Využití imobilizovaných kvasinek pro intenzifikaci kvasného procesu. (Závěrečná zpráva.) VÚPS Praha, 1986
- [19] PIENDLA,A., GIEGER,E.: Brew.Digest, 55, 1980, č.5, s.26
- [20] ANDERSON,R.G., HOWARD,D.: J.Appl.Chem.Biotechn., 26, 1976, s.107
- [21] PFISTERER,E., STEWART,G.: Proc.EBC, 1975, s.255
- [22] Van de MEERSCHE,J. et al.: Proc.EBC, 1979, s.187
- [23] NARZISS,L. et al.: Brauwelt, 123, 1983, s.1354
- [24] KAHLER,M., et al.: Využití imobilizovaných kvasinek pro intenzifikaci kvasného procesu. (Závěrečná zpráva.) VÚPS Praha, 1981
- [25] KAHLER,M. et al.: Využití imobilizovaných kvasinek pro intenzifikaci kvasného procesu. (Závěrečná zpráva.) VÚPS Praha, 1982
- [26] KAHLER,M. et al.: Kvas.prům., 33, 1987, s.262

*Do redakce došlo 20. 11. 1992  
Lektoroval Ing.Tomáš Lejsek, CSc.*

**Poledníková, M. - Voborský, J. - Chládek, L. - Šruma, T.:**  
**Zkušenosti s výrobou piva pomocí imobilizovaných kvasinek v poloprovozním měřítku.** Kvas.prům., 39, 1993, č.1, s. 2 - 7

V několika sériích představujících 30 až 60 kvasných cyklů bylo vyrobeno za 7 dní 10% pivo odpovídající ČSN, srovnatelné po senzorické stránce s běžným pivem s trojnásobnou výrobní dobou. Touto technologií lze také vyrobit piva z koncentrovaných mladin při podstatném zkrácení výrobní doby. Mechanické vlastnosti a kvasné schopnosti biokatalyzátoru byly i po 8 měsících vyhovující. Při dlouhodobých kvasných cyklech se zjistily závislosti mezi množstvím biokatalyzátoru, teplotou a složením mladin ve vztahu k tvorbě těkavých látek a výrobní době piv. Zjištěné závislosti jsou podkladem pro návrh provozního zařízení.

**Поледникова, М. - Воборски, Я. - Хладек, Л. - Шрума, Т. - Потешил, В. - Ванечкова, А. - Николаи, К.: Опыт по производству пива при помощи иммобилизованных дрожжей в полупроизводственном масштабе.** Квас. прум., 39, 1993, № 1, стр. 2 - 7.

В нескольких сериях, представляющих от 30 до 60 бродильных циклов в течение 7 дней было произведено 10 %-ное пиво, соответствующее ЧСН, сравнимое по сенсорным свойствам с нормально производимым пивом с трехкратным временем производства. Этой технологией можно также произвести пива из концентрированных охмеленных сусел при существенном сокращении времени производства. Механические свойства и бродильная способность биокатализатора были удовлетворяющие и после восьми месяцев. При долговременных бродильных циклах были найдены зависимости количества биокатализатора, температуры и состава охмеленного сусла в отношении к образованию летучих веществ и времени производства пив. Установленные зависимости являются основой для проекта производственной установки.

**Poledníková, M. - Voborský, J. - Chládek, L. - Šruma, T.: Beer Production Using Immobilized Yeasts on Pilot Plant Scale.** Kvas.prům. 39, 1993, No.1, pp 2 - 7

In several series comprising from 30 to 60 fermentation cycles, 10% beer according to the Czechoslovak Standards was produced in 7 days. This beer having similar sensorial properties like the classical beer was produced in 3 times shorter time interval. Using this technology, beer can also be produced from concentrated worts during significantly lowered production time. The mechanical properties as well as the fermentation activity of immobilized cells were still good after 8 months. From the long-term fermentation cycles the following plots were evaluated: the biocatalyst quantity, temperature and wort composition versus the production of volatile acids and the time of beer production. The plots can be used for the construction of production plant.

**Poledníková, M. - Voborský, J. - Chládek, L. - Šruma, T.: Erfahrungen mit Herstellung von Bier mittels immobilisierter Hefen im Halbbetriebsausmaß.** Kvas.prům. 39, 1993, Nr.1., S. 2 - 7

In einigen Versuchsserien, die 30 bis 60 Gärzyklen darstellen, werden in 7 Tagen 10% Biere hergestellt, die der tschechoslowakischen

Staatsnorm entsprechen und vom sensorischen Standpunkt mit den geläufigen Bieren mit dreifacher Produktionszeit vergleichbar sind.

Mittels dieser Technologie können auch Biere aus konzentrierten Würzen mit einer wesentlichen Verkürzung der Produktionszeit hergestellt werden. Die mechanischen Eigenschaften und die Gärfä-

higkeit des Biokatalysators waren auch nach 8 Monaten befriedigend. Im Rahmen langfristiger Gärzyklen wurden die Abhängigkeiten zwischen der Menge des Biokatalysators, der Temperatur und Zusammensetzung der Würze und der Bildung flüchtiger Substanzen und der Produktionsdauer bei den Bieren ermittelt.