

# Bioreaktory

## VI. Reaktory s hydraulickým mícháním

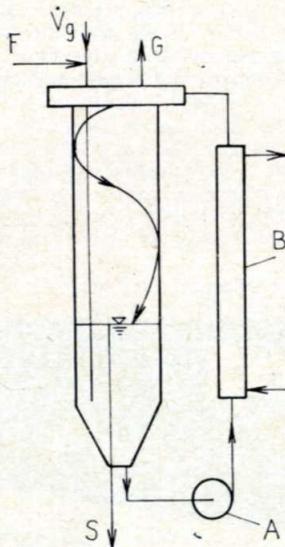
Ing. JAN PÁCA, CSc., Vysoká škola chemickotechnologická, katedra kvasné chemie a bioinženýrství, Praha

**Klíčová slova:** bioreaktor, druh, princip, cyklonový reaktor, cirkulační reaktory s ponořenou tryskou, cirkulační reaktory s ponoreným paprskem proudů, cirkulační reaktor se směšovací trubkou ke dnu, tubulární cirkulační reaktor, reaktor s regulovanou malou dodávkou kyslíku

U těchto reaktorů se energie nutná pro homogenizaci vsádky i pro dispergaci vzduchových bublin kapalině dodává čerpadlem.

### CYKLONOVÝ REAKTOR

Tento reaktor (obr. 1) se skládá z kolony, jejíž dolní část je kuželovitého tvaru. Kapalina zaujímá pouze asi 20 % celkového objemu kolony a je oběhovým čerpadlem zespodu kolony přečerpávána do horní části, kde je tangenciálně vstříkována zpět do kolony. Vzduch se přivádí do spodní části kolony a stoupá protiprouděně vůči toku kapaliny [1]. Reaktor může pracovat vsádkově nebo



Obr. 1. Cyklonový reaktor

A... cirkulační čerpadlo, B... chladič, F... přítok média, G... odvod plynnů, S... odtok buněčné suspenze,  $\dot{V}_g$ ... přívod vzduchu.

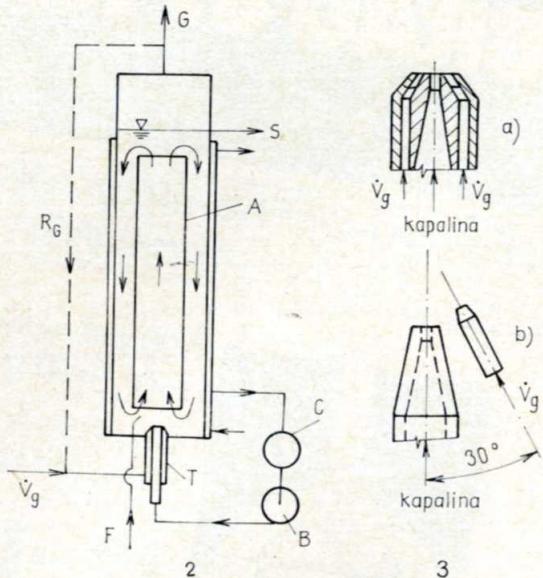
kontinuálně. Byl ověřován při kultivaci jednobuněčných mikroorganismů na methanu [2], osvědčil se při kultivaci vláknitých organismů (malé střížné síly v proudící kapalině) [3, 4] a při studiu synchronizovaného růstu buněk [5]. **Výhody:** malé stěnové nárosty a dobré sdílení hmoty. V provozní velikosti toto zařízení dosud nebylo použito.

### CIRKULAČNÍ REAKTORY S PONOŘENOU TRYSKOU (Plunging Jet Loop Reactors)

Jsou to reaktory s vnější cirkulací média pomocí čerpadla (obr. 2). Elementem vytvářejícím vysoké střížné síly v kapalině je tryska ústící do reaktoru u dna. Tuto tryskou vstupuje do reaktoru kapalina velkou rychlosťí. Vysoké střížné síly vznikající nad ústím trysky dispergují přívaděný plyn a redispergují velké bublinky, které vznikly koalescencí v kapalině cirkulující reaktorem. Totéž platí i o emulgaci injektované nemísitelné kapaliny, resp. o resuspendaci aglomerátů tuhé fáze [6]. Pro některé organismy jsou střížné síly v trysce příliš vysoké a poškozují se buňky [7]. Úkolem trysky ústící pod hladinou kapaliny je však nejen dispergace plynu,

ale i vyvolání cirkulačního proudění kapaliny v reaktoru. Čerpadlo proto dodává energii jak pro dispergaci plynu, tak pro vyrovnaní tlakové ztráty kapaliny při průtoku reaktorem. Tento typ reaktoru je analogický s reaktory na obr. 3a a obr. 6 v článku Bioreaktory II [8], kde potřebnou energii dodává vrtulové míchadlo, resp. i turbína a stlačený vzduch, a na obr. 1 v článku Bioreaktory V [9], kde potřebnou energii dodává jen stlačený vzduch. Použití ponorené trysky jakožto aerátoru je relativně nové [10]. Účinnost trysky z hlediska intenzity sdílení hmoty je velmi vysoká [11].

Byly testovány různé typy distributorů plynu pro ponorenou trysku. Jako velmi účinný distributor plynu se ukázala aerační trubka vyštěpující u ústí trysky a skloněná k ose trysky pod úhlem 30°. Toto řešení (obr. 3b a 5) je nejen konstrukčně jednoduché, ale umožňuje dosáhnout účinné dispergace plynu i vysoké rychlosti cirkulace kapaliny reaktorem. Prstencová tryska pro vzduch uvedená na obr. 2 a 3a se neosvědčila. Plyn v tomto případě obklopuje kapaliny vytékající velkou rychlosťí z trysky a zhoršuje sdílení hybnosti ostatní kapaliny fázi. Uvedený nedostatek odstraňuje trysky uvedené na obr. 4a a 4b. U těchto trysek proudí opět kapalina centrální tryskou a vzduch je buď z prostoru mezikruží nasáván (ejektorová tryska), nebo je do mezikruhové trysky, resp. směšovací komory přiváděn pod tlakem (injektorová tryska) [12, 13]. Injektorové trysky představují hybridní systém, ve kterém se současně využívá kinetické energie kapaliny i stlačeného vzduchu k zajištění dodávky energie vsádky pro její homogenizaci a dispergaci. U ejektorové trysky (obr. 4a) je vzduch nasáván z mezikruhové trysky do trubky (M), kde vytváří

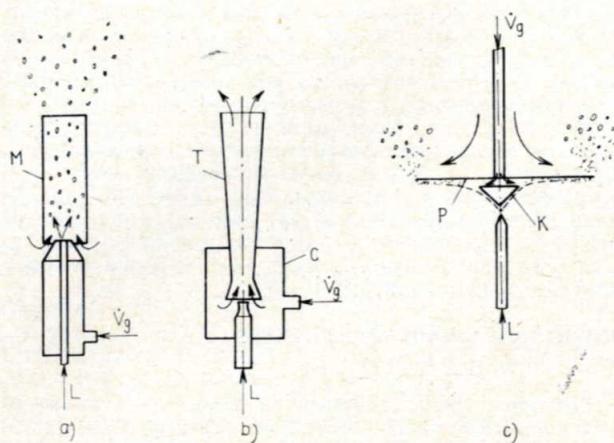


Obr. 2. Cirkulační reaktor s ponořenou tryskou

A... cirkulační trubka, B... cirkulační čerpadlo, C... chladič, F... přítok média, G... odvod plynnů, S... odtok buněčné suspenze, T... tryska,  $\dot{V}_g$ ... přívod vzduchu.

Obr. 3. Distributory plynu umístěné u dna reaktoru s ponořenou tryskou

a) Prstencová tryska, b) samostatná aerační trubka vedle trysky pro kapalinu.



Obr. 4. Distributory plynů umístěné u dna reaktoru s po- nořenou tryskou

a) ejektorová tryska, b) injektorová tryska, c) radiální tryska,  
C ... směšovací komora, K ... kužel, L ... přítok kapaliny,  
M ... trubka pro sdílení hybnosti, P ... plochá deska,  
T ... směšovací trubka, V<sub>g</sub> ... přívod vzduchu.

velké bubliny. Pulsace, ke kterým dochází v trubce na sdílení hybnosti, působí dispergaci plynu na jemné bubliny. Jemné bubliny jsou v této trubce v důsledku vzájemného sdílení hybnosti plynoucího z vysokého dynamického tlaku turbulentního proudění (vysoká hodnota Re čísla) stejnoměrně rozptýleny v kapalině [14, 15].

Injektorová tryska (obr. 4b) se používá v uspořádání se směšovací komorou. Ve směšovací trubce (T) dochází ke vzniku rázu [16]. V místě tohoto směšovacího rázu se změní charakter toku z proudění ve formě paprsku na homogenní tok bublin. Tím výrazně vzrůstá tlak. Směšovací ráz má menší účinek než ráz tlakový vznikající při přechodu z nadkritické rychlosti do rychlosti podkritické. Vznik směšovacího rázu je spojen s disipací energie. Odlišný mechanismus dispergace plynu u ejektorové trysky s trubkou pro sdílení hybnosti a u injektorové trysky se směšovací trubkou plynne zřejmě z odlišných rychlostí toku obou fází (médii): U ejektorové trysky směs plynů s kapalinou nedosáhne již nadkritické rychlosti toku na rozdíl od injektorové trysky se směšovací komorou a trubkou.

U radiální trysky (obr. 4c) naráží paprsek kapaliny vysokou rychlosťí na vrchol kužeče (K) a disperguje plyn, který vychází štěrbinou mezi podstavou kužeče (K) a plochou deskou (P). Větší průměr desky (P) má za úkol distribuovat vytvořenou disperzi bublin do většího objemu kapalného média v reaktoru.

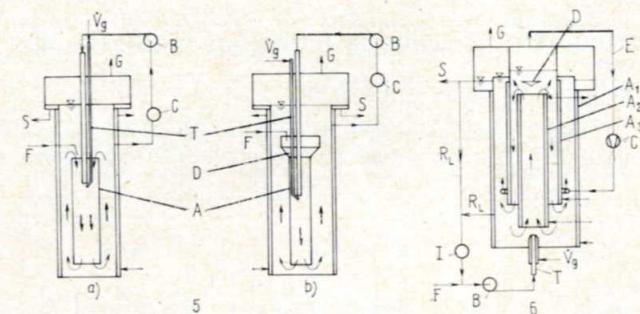
Reaktory podle obr. 2 s ejektorovou tryskou podle obr. 4a byly v poloprovorném měřítku odzkoušeny pro produkci biomasy [17, 18]. Firma Hoechst AG (NSR) vyvinula tzv. „Biohigh Reactor“, vysoký 22 m, s největším průměrem 44 m o objemu 17 400 m<sup>3</sup>, ve kterém je použito radiální trysky podle obr. 4c a cirkulační trubky. Tento reaktor s aktivovaným kalem pracuje v čistirně odpadních vod. V současné době staví firma Hoechst AG sedm těchto reaktorů o celkovém objemu 130 000 m<sup>3</sup>. Nevhodou použití ponořené trysky s výtokem směrem vzhůru je příliš silné pěnění.

Jiné řešení představuje **reaktor s ponořenou tryskou s reverzním směrem toku** uvedený na obr. 5. Tento typ reaktoru je analogický reaktoru uvedenému na obr. 5 v článku Bioreaktory V [19]. Tryska je zde zavedena shora do cirkulační trubky a kapalina z ní vytéká směrem ke dnu. Tryska včetně distributoru plynu je umístěna co nejvíce ode dna tak, aby bylo ještě zajištěno proudění všech bublin směrem dolů. Na rozdíl od předchozího uspořádání je třeba v tomto reaktoru zajistit úplnou separaci bublin z kapaliny vtékající v horní části zpět do cirkulační trubky, aby se udržel velký rozdíl měrných hmotností v prostoru cirkulační trubky nad přívodem plynu a v aerované sekci, podobně jako u air-lift systému (obr. 5) v článku Bioreaktory V [19]. Vý-

hodami tohoto uspořádání jsou: prodloužení doby zdržení bublin v kapalině, stejná doba zdržení všech bublin v kapalině (na rozdíl od předchozího uspořádání, kde část bublin je strhována cirkulující kapalinou zpět do mezikruhového prostoru a vrací se ke dnu reaktoru), menší hydrostatický tlak v místě vyústění plynu (tzn. stačí stlačení vzduchu na nižší tlak). Úspora energie na komprezi vzduchu musí však být nahrazena energií vloženou do cirkulace kapaliny. Pro dosažení správné funkce reaktoru s reverzním směrem toku je třeba volit menší průměr cirkulační trubky a použít deflektoru (D) podle obr. 5b. Tím se značně sníží nutný jednotkový příkon. Deflektor účinně pomáhá separovat bubliny plynu (důsledek nízké rychlosti proudění kapaliny v širokém deflektoru versus vztlavkou síly) a menší průměr cirkulační trubky vede ke zvýšení rychlosti proudění v této trubce. Značnou výhodou tohoto uspořádání je výrazné nasávání pěny a flotovaných častic do cirkulační trubky, což znamená výrazně menší problém s pěněním.

Kromě trysky z obr. 3b je u těchto reaktorů používáno i trysky ejektorové, resp. injektorové podle obr. 4a, 4b. Bylo vyzkoušeno i zavedení průtoku plynu centrální tryskou a kapalinou do prstence (mezikruhové trysky). V tomto uspořádání dochází k dispergaci plynu na fázovém rozhraní paprsku plyn—kapalina a redispergace bublin probíhá na fázovém rozhraní paprsku kapaliny a dvoufázového toku. Reaktory tohoto typu jsou vhodné pro čištění odpadních vod [20].

Cirkulační reaktor s ponořenou tryskou lze též kombinovat např. s probublávanou kolonou a vytvořit **kombinovaný reaktor** jak ukazuje obr. 6. Docílí se tím možnosti recirkulace kapalné fáze, zatímco plyn prochází pouze jednosměrně reaktorem. Tím se dosáhne zvýšení střední hodnoty hnací síly přenosu kyslíku. U všech cirkulačních reaktorů s ponořenou tryskou se výměník tepla zařazuje do okruhu vnější cirkulace. Kromě toho se s výhodou využívá duplikované cirkulační trubice event. i duplikovaného pláště reaktoru. Vzhledem na vysokou rychlosť proudění a délky trubek je přestup tepela více než dostatečný.



Obr. 5. Cirkulační reaktor s ponořenou tryskou (reverzní směr toku)

a) obecné uspořádání, b) uspořádání s deflektorem, D ... deflektor, ostatní symboly shodné s obr. 2.

Obr. 6. Kombinovaný reaktor (s ponořenou tryskou a probublávanou kolonou)

A<sub>1</sub> ... těleso reaktoru, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> ... cirkulační trubky, B ... cirkulační čerpadlo, C ... dmychadlo, D ... usměrňovač toku, E ... propojovací potrubí plynu z cirkulačního reaktoru do probublávané kolony, F ... přítok média, G ... odvod plynu, I ... chladic, R<sub>L</sub> ... recykl suspenze buněk, S ... odtok buněčné suspenze, T ... tryska, V<sub>g</sub> ... přívod vzduchu.

## CIRKULAČNÍ REAKTOR Y S PONOŘENÝM PAPRSKEM PRODUDU

(Tauchstrahlreaktor, Deep Jet Reactor)

Princip je uveden na obr. 7 a spočívá v intenzivním cirkulačním přečerpávání vsádky. Ze dna reaktoru je mikrobiální suspenze nasávána speciálním axiálním čerpadlem, prochází vnějším cirkulačním okruhem vybaveným výměníkem tepla a nad reaktorem vstupuje do ejektoru (T), ve kterém se do proudu kapaliny přisává

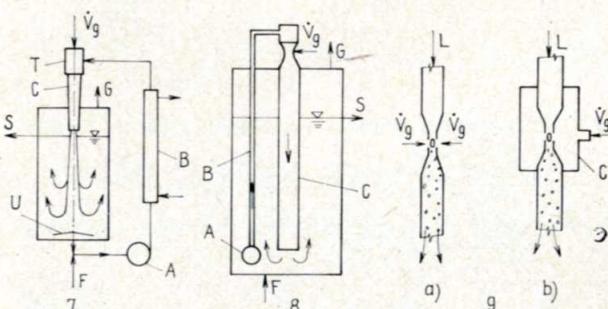
vzduch. Ve směšovací trubce (C), ve které se dosahuje vysoké rychlosti proudění, se homogenizuje směs bublin a kapaliny. Konec směšovací trubky je asi 1 m nad hladinou kapaliny v reaktoru. V důsledku vysoké výtokové rychlosti ze směšovací trubky dochází k intenzivnímu sdílení hybnosti z výtokového paprsku ostatní kapalině, čímž se docílí jak proudění kapaliny v nádobě, tak i vnesen bublín do značné hloubky pod hladinu. Nejdůležitější částí tohoto reaktoru je cirkulační čerpadlo, které musí mít velký výkon při malé spotřebě energie a musí mít schopnost nasávat i bublín plynů bez ztráty čerpací schopnosti [21, 22]. Tyto reaktory mohou pracovat v tzv. pěnovém režimu, což znamená vysokou zádrž plynů a malý objem kapaliny v reaktoru. **Výhody:** v reaktoru nejsou žádné vestavy, chlazení se provádí v externích výměnících, nástrík proudu na hladinu pomáhá likvidovat pěnu. **Nevýhody:** nelze použít pro aseptické procesy. Tento typ staví rakouská firma Vogelbusch A. G. Může pracovat jako otevřená nádoba i jako reaktor s vnitřním přetlakem. V průmyslové velikosti je reaktor opatřen několika cirkulačními čerpadly a více cirkulačními větvemi s výměnkami tepla. Celkový objem reaktoru je až 1000 m<sup>3</sup>, plněný je asi 50 %. Při vývadku jednoho čerpadla se provoz reaktoru nezastaví, klesne pouze jeho výkon. Lze jej použít pro čištění odpadních vod a pro výrobu mikrobiální biomasy [23].

Reaktory s ponořeným paprskem jsou různé konstrukce. Hlavní odlišnosti spočívají ve: vzdálenosti mezi koncem směšovací trubky a hladinou kapaliny v reaktoru, geometrii reaktoru (nádrže) a úhlu odklonu trysky od vertikálního směru. Všechny tyto proměnné ovlivňují rychlosť sdílení kyslíku do kapaliny. Délka paprsku proudu má na přenos kyslíku velmi malý vliv. Rozhodující vliv však má poměr délky paprsku k průměru trysky, což prokázala řada publikovaných výsledků [24–26]. Také úhel odklonu trysky a směšovací trubky ovlivňuje velikost sdílení kyslíku. Nejvyšší rychlosť uvozenou kyslíku se dosáhne u trysky umístěné kolmo dolů. Nejčastější použití těchto reaktorů je vči čištění odpadních vod. Výrobce Meijel Sewage Treatment Plant v Geleen postavil zařízení pro objem nádrže 2250 m<sup>3</sup> [27].

#### CIRKULAČNÍ REAKTOR SE SMĚŠOVACÍ TRUBKOU KE DNU

(Plunging Jet Channel Reactor)

U tohoto typu reaktorů (obr. 8) je potenciální energie cirkulující kapaliny přeměňována v energii kinetickou.



Obr. 7. Cirkulační reaktor s ponořeným paprskem proudu firmy Vogelbusch A. G., Wien, Rakousko

A... cirkulační čerpadlo, B... chladič, C... směšovací trubka, F... přítok média, G... odvod plynů, S... odtok buněčné suspenze, T... tryska (ejektor na vzduch), U... usměrňovač proudění, V<sub>g</sub>... přívod vzduchu.

Obr. 8. Cirkulační reaktor se směšovací trubkou ke dnu

A... cirkulační (ponoré) čerpadlo, B... cirkulační trubka kapalného média, C... směšovací trubka, F... přítok média, G... odvod plynů, S... odtok buněčné suspenze, V<sub>g</sub>... přívod vzduchu.

Obr. 9. Trysky pro dispergaci plynů umístované v horní části reaktoru

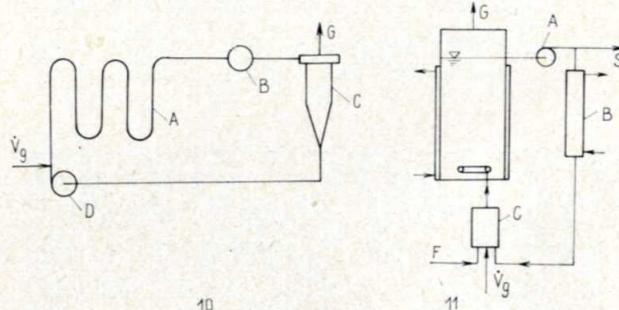
a) ejektorová tryska, b) injektorová tryska, C... směšovací komora, L... přítok kapaliny, V<sub>g</sub>... přívod vzduchu.

Kapalina je urychlována v trysce uvedené na obr. 9. V nejužším průřezu trysky, kde je maximální rychlosť a minimální statický tlak, přisává se skrze otvory vzduch do trysky (obr. 9a) a je dispergován [28]. Jindy je použito injektorové trysky se směšovací komorou, do které se vzduch přivádí pod tlakem. Vyvořené bublinky plynů v trysce jsou unášeny proudící kapalinou směšovací trubkou ke dnu reaktoru. Po opuštění trubky stoupají bublinky vzhůru k hladině, kde se oddělují plynová fáze od kapaliny. Rychlosť přenosu kyslíku závisí zde na výšce kapaliny v reaktoru. Cirkulační čerpadlo je zde ponořeno v reaktoru. Také tento reaktor je určen hlavně pro čištění odpadních vod.

#### TUBULÁRNÍ CIRKULAČNÍ REAKTOR

(Tubular Loop Reactor)

Principem tohoto reaktoru je souprudý turbulentní tok kapaliny a plynu trubkou. Po separaci plynu je kapalná fáze recirkulována (obr. 10). Proudění kapaliny



Obr. 10. Tubulární cirkulační reaktory

A... trubkový systém, B... tepelný výměník, C... cyklický separátor, D... cirkulační čerpadlo, G... odvod plynů, V<sub>g</sub>... přívod vzduchu.

Obr. 11. Reaktor s regulovanou malou dodávkou kyslíku

A... cirkulační čerpadlo, B... chladič, C... směšovací recyklus s čerstvým médiem, F... přítok média, G... odvod plynů, S... odtok buněčné suspenze, V<sub>g</sub>... přívod vzduchu.

systémem zajišťuje čerpadlo. U tohoto typu reaktoru je nejdůležitější délka dvoufázového toku, tj. od vstupu vzduchu až k odlučovači plynu, aby nedocházel k limitaci kyslíku. Tato délka závisí na množství přiváděného plynu, průměru potrubí a rychlosťi proudění kapaliny, která nemá klesnout pod 2 m·s<sup>-1</sup>. Pro separaci plynu se nejlépe osvědčil cyklon. V tomto typu reaktoru byla ověřena produkce biomasy na glukose a hexadekanu [29] i různých mycelárních organismů [30]. Z hlediska specifické rychlosťi přenosu kyslíku je provoz tohoto typu reaktoru rovnatelný s reaktorem vybaveným mechanickým mléčadem. Rychlosť disipace energie je však v tomto reaktoru rovnoměrná a dosahuje hodnoty až 8 kW·m<sup>-3</sup>. Přesto se v něm nepoškozuje myceliální kultury. Vzhledem k vysoké rychlosći dodávky kyslíku je tento typ reaktoru vhodný i pro dosažení vysokých koncentrací biomasy (až do 165 gsu<sup>3</sup>·l<sup>-1</sup>) [31]. Systém zatím nebyl průmyslově aplikován — limitováno objemem cirkulující kapaliny.

#### REAKTOR S REGULOVANOU MALOU DODÁVKOU KYSLÍKU

(External Aeration Forced Circulation Reactor)

Tento druh reaktoru je vhodný pro procesy vyžadující definovanou malou dodávku kyslíku. Jedná se např. o mikrobiální konverzi nebo o udržení základních životních funkcí buňky [32]. Běžné aerované reaktory nejsou pro tyto účely vhodné, neboť nejsou schopny regulace malých množství dodávaného kyslíku. Při překročení dodávky kyslíku klesá výtěžnost produktu vztahená na zdroj uhlíku a energie, jak je tomu např. při výrobě ethanolu.

Charakteristické požadavky kladené na tento typ reaktoru jsou: možnost regulace množství kyslíku dodávaného buňkám a dosažení dostatečné intenzity homogenizačního míchání nutného pro sdílení hmoty a tepla. Vhodným způsobem pro aplikaci při kontinuálních procesech je použití směšovače podle obr. 11. Ve směšovači se směšuje recirkulovaná suspenze buněk jak s čerstvým živným médiem, tak i se vzduchem.

Pokud jde o ještě menší množství dodávaného kyslíku, lze kyslíkem sytit pouze přiváděné živné médium bez buněk a tím zabránit negativnímu působení vlivu vysoké tenze kyslíku přímo na buňky.

#### Literatura

- [1] DAWSON, P. S. S., ANDERSON, M., YORK, A. E.: Biotechnol. Bioeng. **13**, 1971, s. 865.
- [2] DAWSON, P. S. S.: Biotechnol. Bioeng. **13**, 1971, s. 877.
- [3] DAWSON, P. S. S.: Can. J. Microbiol. **9**, 1963, s. 671.
- [4] SALA, F., WESTLAKE, D. W. S.: Can. J. Microbiol. **12**, 1966 s. 817.
- [5] DAWSON, P. S. S. in Advances in Microbial. Engineering, Part 2 (Eds. B. Sikyta, A. Prokop, M. Novák), Interscience Publ., John Wiley & Sons, New York 1974, s. 809.
- [6] BLENKE, H. in Adv. Biochem. Engn. (Eds. T. K. Ghose, A. Fiechter, N. Blakebrough), Vol. 13, Springer-Verlag, Berlin 1979, s. 121.
- [7] BRONNENMEIER, R., MARKL, H.: Biotechnol. Bioeng. **24**, 1982, s. 553.
- [8] PÁCA, J.: Kvás. prům., **33**, 1987, s. 75.
- [9] PÁCA, J.: Kvás. prům., **33**, 1987, s. 176.
- [10] HAMER, G.: Biotechnol. Bioeng. **24**, 1982, s. 511.
- [11] ZŁOKARNIK, M.: Chem. Eng. Sci. **34**, s. 1265.
- [12] GOTO, S., OKAMOTO, R., INUI, T.: J. Ferment. Technol. **59**, 1981, s. 73.
- [13] GOTO, S. et al.: J. Ferment. Technol. **57**, 1979, s. 341.
- [14] KÜRTEN, H., MAUER, B.: Gasdispersion im turbulenten Scherfeld. In Particle Technology (Eds. H. Brauer, O. Molerus), GVC, Nürnberg, 1977, H 47.
- [15] HALLENSLEBEN, J. et al.: Chem. Ing. Tech. **49**, 1977, s. 663.
- [16] WITTE, J. H.: Dissertation, Technische Hogeschool Delft, 1962.
- [17] SEIPENBUSCH, R., BLENKE, H. in Adv. Biochem. Engn. (Eds. T. K. Ghose, A. Fiechter, N. Blakebrough), Vol. 15, Springer-Verlag, Berlin, 1980, s. 1.
- [18] ADLER, I., FIECHTER, A.: Chem. Ing. Tech. **55**, 1983, s. 322.
- [19] PÁCA, J.: Kvás. prům., **33**, 1987, s. 177.
- [20] RÄBIGER, N., VOGELPOHL, A.: Chem. Ing. Tech. **55**, 1983, s. 486.
- [21] SCHREIER, K.: Chem. Ztg. **99**, 1975, s. 328.
- [22] SCHREIER, K.: Chem. Rundsch. **29** (38), 1976, s. 18.
- [23] MOEBUS, O., TEUBER, M.: Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte **31**, 1979, s. 297.
- [24] van de Sande, E.: Air Entrainment by Plunging Water Jets. [Ph. D. Thesis], Technische Hogeschool, Delft, 1974.
- [25] de Wijs, J. J.: International Report of TN-FT, Technische Hogeschool, Delft, 1976.
- [26] van de Donk, J. A. C.: Water Aeration with Plunging Jets. [Ph. D. Thesis] Technische Hogeschool, Delft, 1981.
- [27] Meijel, Sewage Treatment Plant. DSM Brochure.
- [28] MÜLLNER, J.: Austrian Pat. 319 864.
- [29] ZIEGLER, H., MEISTER, D., DUNN, I. J., BLANCH, H. W., RUSSELL, T. W. F.: Biotechnol. Bioeng. **19**, 1977, s. 507.
- [30] ZIEGLER, H., DUNN, I. J., BOURNE, J. R.: Biotechnol. Bioeng. **22**, 1980, s. 1613.
- [31] LIEPE, F. et al.: 1st Prepr. Eur. Congr. Biotechnol. 1978, Part 1, s. 78.
- [32] BROOKS, C. H.: Biotechnology Process Development. Part 1 — Fermenter Design. Report of John Brown Engineers and Constructors Ltd., Portsmouth, England.

Lektoroval Ing. L. Chládek, CSc.

Páca, J.: Bioreaktory. VI. Reaktory s hydraulickým mícháním. Kvás. prům. **33**, 1987, č. 7, s. 208—211.

Je popsán cyklovový reaktor, cirkulační reaktory s ponořenou tryskou, s ponořeným paprskem proudů, se směšovací trubkou ke dnu, tubulární cirkulační reaktor a reaktor s regulovanou malou dodávkou kyslíku. U každého typu reaktoru je uveden princip, maximální velikost a možná aplikace.

Паца, Я.: Биореакторы VI. Реакторы с гидравлическим перемешиванием. Квас. прум. 33, 1987, № 7, стр. 208—211.

Описан циклоновый реактор, циркуляционные реакторы с погруженным лучом потока, с смешивающей трубкой к дну, тубулярный циркуляционный реактор и реактор с регулированной малой добавкой кислорода. Для каждого типа реактора приводится принцип, максимальный размер и возможное применение.

Páca, J.: Bioreactors. VI. Loop Reactors with Power Input by Liquid Kinetic Energy. Kvás. prům. **33**, 1987, No. 7, pp. 208—211.

Cyclone reactor, plunging jet loop reactors, plunging jet reactors, tubular loop reactor, plunging jet channel reactor and external aeration forced circulation reactor are described. The principle, the maximum vessel volume and possible application are discussed with each type of the reactor.

Páca, J.: Bioreaktoren. VI. Reaktoren mit hydraulischer Mischung. Kvás. prům. **33**, 1987, Nr. 7, S. 203—211.

Es werden folgende Reaktortypen beschrieben und ihr Arbeitsprinzip, Maximalgrösse und mögliche Applikation angeführt: Zyklon-Reaktor, Zirkulationsreaktor mit versenkter Düse, mit versenktem Stromstrahl, mit bodenorientiertem Mischohr, tubularer Zirkulationsreaktor, Reaktor mit regulierter kleiner Sauerstoff-Zufuhrung.