

# Bioreaktory

579 663

## I. Rozdělení reaktorů

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

**Klíčová slova:** bioreaktory, rozdělení, typy, velikosti, základní parametry

### ÚVOD

Bioreaktor je považován za tzv. „srdce“ výrobní linky biotechnologického procesu. Probíhá v něm růst buněk a tvorba produktů nebo konverze substrátu na jeden či více produktů, přičemž proces je katalyzován buď volnými buňkami, nebo buňkami vázanými na nosič nebo jedním či více enzymy vázanými na nosič.

Pro dosažení co největší rychlosti probíhajících biochemických reakcí je nutno zajistit v reaktoru dostatečný přísun živin, odvod metabolických produktů a udržení optimálních reakčních podmínek (tj. teploty, pH, iontové síly, osmotického tlaku atd.). Proto musí být bioreaktory pro vybrané technologie vybaveny nejen míchacím a aeračním zařízením, nýbrž i nezbytným příslušenstvím, tj. zařízením pro přívod a odvod živného média a vzduchu, filtry, zařízením pro odběr vzorků, inokulaci, zpětným kondenzátorem, tubusy pro instalaci čidel atd. a měřicí a regulační technikou.

S ohledem na specifické požadavky plynoucí z přitomnosti biologicky aktivního materiálu vyžaduje návrh bioreaktoru také volbu vhodných konstrukčních materiálů a postupů, resp. zařízení na čištění a sanitaci nejen samotných bioreaktorů, nýbrž celých biotechnologických linek.

### ROZDĚLENÍ BIOREAKTORŮ

Bioreaktory lze rozdělit podle různých hledisek: Podle **druhu a formy použitého katalyzátoru** rozlišujeme:

- reaktory pro kultivaci volných buněk (mikrobiálních, rostlinných, tkáňových),
- reaktory s vázanými enzymy nebo buňkami.

Podle **způsobu provádění procesu** rozlišujeme:

- vsádkové (batch) reaktory pracující jako uzavřený systém,
- vsádkové reaktory pracující jako částečně otevřený systém (s postupným živěním neboli fed-batch),
- reaktory pracující semikontinuálním způsobem (částečně otevřený systém),
- kontinuální reaktory pracující v podmínkách ustáleného stavu — chemostat (otevřený systém),
- kontinuální reaktory pracující v podmínkách ustáleného stavu s částečným recyklem mikroorganismů (otevřený systém).

Podle **typu reaktoru** rozlišujeme:

- Vsádkový míchaný reaktor**  
Koncentrace živin, buněk i metabolických produktů se mění s časem, ale nikoli v jednotlivých místech reaktoru (homogenní systém, dobré míchání). Náročné na obsluhu, nejčastěji průmyslově používané.
- Kontinuální míchaný reaktor (v ustáleném stavu)**  
Koncentrace všech složek se nemění s časem ani s polohou v reaktoru — je konstantní (homogenní systém, dobré míchání). Průtok reaktorem je limitován vyplavením buněk ze systému. Průmyslová aplikace pro produkci mikrobiální biomasy a zpracování odpadních vod.
- Tubulární reaktor**  
Koncentrace všech složek se postupně mění s polohou v systému od vstupu do výstupu, na čase je však nezávislá (heterogenní systém, snaha o pístový tok). Koncentrace všech složek časově nezávislá. Nutná trvalá konstantní inokulace buď částečným recyklem buněk, nebo kombinací s kontinuálním míchaným reaktorem — chemostatem.

### d) Filmový reaktor

Koncentrace buněk příliš nezávisí na poloze v systému, naopak koncentrace živin a metabolických produktů závisí na této poloze (heterogenní systém). Koncentrace všech složek by neměla být časově závislá. Obtížná regulace množství biomasy v systému. Průmyslová aplikace pro výrobu octa a zpracování odpadních vod.

### e) Reaktor s fluidní vrstvou

Koncentrace buněk, živin i metabolických produktů se mění s polohou v systému, ale i časově je závislá (heterogenní systém). Průtok reaktorem je limitován vyplavením buněk ze systému. Průmyslová aplikace pro výrobu piva, octa a čištění odpadních vod.

### Rozdělení podle velikosti:

Vzhledem ke dvěma odlišným skupinám výrob je dělení podle velikosti různé. V případě tzv. **velkotonážních výrob** (mikrobiální biomasa, pivo, ethanol, pekařské droždí, ocet, bioplyn, antibiotika, čištění odpadních vod) se reaktory rozdělují:

- na laboratorní (asi do 30 dm<sup>3</sup>),
- čtvrťprovozní (30—100 dm<sup>3</sup>),
- poloprovozní (100 dm<sup>3</sup>—5 m<sup>3</sup>),
- provozní (větší než 5 m<sup>3</sup>).

Do druhé skupiny patří **produkce sekundárních metabolitů**, kde množství produktu je v kg nebo i jen v desítkách gramů. Jde o produkty submerzních kultivací rostlinných a tkáňových buněk, které se provádějí v reaktorech o objemu řádově 100 dm<sup>3</sup> (provozní velikost). Cena produktu je však řádově asi od 50 \$ za kg do 5000 \$ za gram aktivní látky (např. u kancerostatik Vinblastinu a Vincristinu) [1]. Podobně i reaktory s vázanými enzymy nebo buňkami jsou menších objemů ve srovnání s reaktory s volnými buňkami, protože se zde dosahuje vysokého stupně konverze a tím i vysoké produktivity procesu [2].

Podle **formy zdroje uhlíku a energie** lze rozlišovat reaktory pro zpracování:

- kapalných substrátů,
- tuhých substrátů.

Kapalná média lze zpracovávat

- v submerzních reaktorech,
- v zařízeních na povrchovou kultivaci.

Charakteristické vlastnosti biotechnologických výrob:

- nízké reakční rychlosti,
- zařízení je ve srovnání se zařízením pro jiné průmyslově prováděné procesy značně větší,
- vysoká spotřeba energie pro míchání a aeraci,
- vysoké náklady na separaci v důsledku nízké koncentrace produktu a buněk,
- vysoké investiční náklady na zařízení pro izolaci produktu.

O ekonomické výhodnosti každého biotechnologického procesu rozhodují ceny:

- surovin,
- produktu,
- investic jednotlivých jednoúčelových strojů celé výrobní linky.

Rozlišují se proto v biotechnologii výroby **podle objemu** [3]: malé, střední, velké.

Další rozdělení je podle **ceny produktu**: na nízké, střední a vysoké.



U velkotonážních výroby, kde cena produktu je nízká, závisí rentabilita procesu do značné míry na velikosti použitého reaktoru. *Tabulka 1* uvádí přehled největších velikostí bioreaktorů používaných ve světě pro velkotonážní výroby [4].

*Tabulka 1. Velikost používaných bioreaktorů*

Produkt	Maximální objem (m <sup>3</sup> )
Zpracování odpadních vod (aktivovaný kal) a)	27 000
Mikrobiální biomasa a)	1 500
Pivo	1 250
Citrónová kyselina	240
Pekařské droždí	200
Antibiotika	200
Tvaroh	20
Jogurt	10
Chléb	1

a) ... Převážně kontinuální proces

Z hlediska koncepčního řešení reaktoru se rozlišuje:

a) Stavebnicová konstrukce — reaktor je volně přístupný, není zabudován v krytu, snadná možnost přidávání dalšího přístrojového vybavení (speciální dávkování živin a prekurzorů, kyslíku atd.), přístupnost pro opravy.

b) Skříňová konstrukce — hezký vzhled, obtížné umístění přídavných speciálních příslušenství (čerpadla, měřicí a regulační přístroje), horší přístupnost při opravách.

Z hlediska citlivosti procesu na kontaminaci rozlišujeme bioreaktory vhodné pro [5]:

a) zcela aseptické procesy (výroba očkovacích látek, produkce sekundárních metabolitů),

b) výrobně aseptické procesy (výroba antibiotik, vitamínů, enzymů).

c) částečně aseptické procesy (výroba biomasy),

d) zcela nesterilní procesy (čištění odpadních vod).

V příštích článcích budou probírány jednotlivé typy bioreaktorů podle způsobu, jakým je v nich předávána energie míchané vsádce a dále budou stručně uvedeny nejdůležitější aspekty týkající se konstrukce bioreaktorů a měření i regulace jejich provozu.

## Literatura

- [1] CURTIN, M. E.: *Biotechnology* 1, č. 8, 1983, s. 649
- [2] FEDER, J., TOLBERT, W. R.: *Sci. Amer.* 248, č. 1, 1983, s. 36
- [3] SIKYTA, B.: *Českosl. Farm.* 34, 1985, s. 23
- [4] ATKINSON, B., MAVITUNA, F.: *Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook*, Macmillan Publ. Ltd., England 1983, s. 561
- [5] SIKYTA, B.: *Českoslov. Farm.* 34, 1985, s. 237

*Lektoroval Ing. L. Chládek, CSc.*

**Páca, J.: Bioreaktory. I. Rozdělení reaktorů.** Kvas. prům. 33, 1987, č. 1, s. 20—21

Článek přináší stručný úvod do problematiky bioreaktorů a uvádí přehledně jejich rozdělení.

**Паца, Я.: Биореакторы. I. Разделение реакторов.** Кvas. prům. 33, 1987, 1, s. 20—21.

Статья является кратким введением в проблематику биореакторов и она приводит обзор их разделения.

**Páca, J.: Bioreactors I. Classification of Reactors.** Kvas. prům. 33, 1987, No. 1 pp 20—21.

A brief introduction into the equipment of bioreactors together with their classification is described in the article.

**Páca, J.: Bioreaktoren. I. Einteilung der Reaktoren.** Kvas. prům. 33, 1987, Nr. 1, S. 20—21.

Der Artikel bringt eine zusammenfassende Einführung in die Problematik der Bioreaktoren und eine Übersicht ihrer Einteilung.