

Inżynieria procesów biotechnologicznych

Jakub J. Guzek

8 października 2019

Program wykładów:

- Proces biotechnologiczny i jego specyfika
- Podstawy przenoszenia pędu, ciepła i masy
- Bioreaktor – rozwiązania konstrukcyjne, oprzyrządowanie i sposób pracy

Literatura

- Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego – red. P. P. Lewicki, WNT, Warszawa
- Inżynieria i aparatura przemysł spożywczego, część 1.
- Biotechnologia żywności
- Biotechnologia. Podstawy mikrobiologiczne i biochemiczne
- Technologia biochemiczna
- Podstawy biotechnologii przemysłowej

Biotechnologia tradycyjna opiera się a organizmach naturalnie występujących w przyrodzie, wykorzystuje przede wszystkim metabolity pierwszorzędowe (np. alkohol etylowy, aminokwasy, cykty, kwasy organiczne, witaminy B2 i B12 czy polisacharydy)

Biotechnologia nowoczesna – technologia z użyciem biokatalizatorów i enzymów modyfikowanych na drodze inżynierii genetycznej i biologii molekularnej

Biotechnologia – Integracja nauk przyrodniczych i inżynierskich w celu zastosowania komórek lub ich części oraz molekularnych analogów w celu pozyskania produktów i usług. Jest to rodzaj technologii, w której do produkcji surowców wykorzystuje się organizmy żywe, wirusy oraz ich elementy składowe. Biotechnologia jest interdyscyplinarną dziedziną nauki i techniki zajmująca się aminą materii żywej i nieożywione poprzez wykorzystanie organizmów żywych, ich części, bądź pochodzących od nich produktów, a także modeli procesów biologicznych w celu tworzenia wiedzy, dóbr i usług.

[schemat]

We wszystkich procesach inżynierskich mówi się o skalowaniu procesu, które polega na badaniu procesów w skalach pośrednich, czyli na doświadczalnym eksploatowaniu instalacji o stopniowo rosnącej/malejącej skali. A

Umowne wielkości określania skali

- 0,001% – skala laboratoryjna
- 0,1% – skala 1/4 techniczna
- 1% – skala 1/2 techniczna
- 10% – skala techniczna doświadczalna (pilotowa)

Opracowanie procesu biotechnologicznego:

1. Odkrycie
2. Patentowanie
3. Opracowanie procesu biotechnologicznego

- Optymalizacja warunków procesu
- Bilans masowy
- Podnoszenie skali procesu
- Opracowanie specyfikacji produktu
- Opracowanie metod analitycznych

4. Opracowanie procesu produkcyjnego

- Optymalizacja i walidacja procesu
- Stosownie surowców dostępnych w skali przemysłowej
- Procesy pod kontrolą zwalidowanych metod analitycznych
- Produkt – substancja o założonej jakości
- Dla innowacyjnej technologii – ochrona patentowa

Przy wdrażaniu jakiegokolwiek innowacyjnej technologii należy przeprowadzić badania toksyczności i badania dotyczące wpływu procesu technologicznego na środowisko naturalne.

Elementy projektowania procesu

- Materiał biologiczny
- Substraty bioreakcji
- Sposób mieszania (mechaniczne, cyrkulacyjne, barbotażem)
- Dobór mieszadła, prędkości obrotowej
- Dobór sposobu natleniania lub zabezpieczenia przez tlenem
- Proces okresowy czy ciągły, czy też z okresowym dozowaniem
- Parametry procesu (stałe, zmienne)

Celem projektowania procesu jest opracowanie procedury która będzie mogła być zastosowana w skali technicznej i która w skali technicznej będzie mogła prowadzić do otrzymania produktu o określonej jakości i określonych parametrach. Aby to osiągnąć trzeba rozumieć materiał z którym się pracuje i jak działa proces, któremu poddaje się materiał.

Wymagania wobec procesu (bio)technologicznego

- Produkt musi mieć wysoką jakość
- Proces musi być wydajny
- Biosynteza powinna być tania, powtarzalna i niezawodna
- Proces musi być bezpieczny
- Proces powinien być przyjazny dla środowiska (zielone technologie)

Procesy w skali laboratoryjnej i w skali przemysłowej znacznie różnią się od siebie. W skali laboratoryjnej priorytetem nie są koszty i efektywność procesu, tylko uzyskanie danego, pożądanego efektu. W małej skali toksyczność substratów lub produktów nie jest problemem, w skali przemysłowej jednak stanowi to poważny problem, który wymaga zmiany podejścia do procesu.

Przy powiększaniu skali należy zachować, lub poprawić pewne ważne parametry takie jak wydajność produktu, wydajność biomasy i opłacalność. Można to uzyskać poprzez zachowanie innych parametrów takich jak np.

- Czas mieszania
- Współczynnik wymiany masy
- Szybkość mieszania
- stosunek mocy do objętości roboczej

Parametr ograniczający (czyli taki na którego zmianę proces jest najbardziej wrażliwy) jest najważniejszy. „Trudność powiększania skali leży w możliwości zdefiniowania tych parametrów, na które proces jest szczególnie wrażliwy”.

Etapy analizy bioprocesu:

1. Wybór i przygotowanie materiału biologicznego (*inoculum*) i substratów
2. Przeprowadzenie właściwego procesu biochemicznego w odpowiedniej skali
3. Wydzielanie produktu z medium

Bioproces

- Procesy przygotowawcze (*Up-stream processing*)
- procesy wydobywcze (*Down-stram processing*)

[schemat]

Cechy procesu biotechnologicznego

- Czynniki biologiczne, czuły na stres mechaniczny, osmotyczny, mechaniczny
- Stosunkowo mała szybkość procesów biotechnologicznych
- Obecność białek i innych substancji powierzchniowo czynnych – tworzenie się pian i zjawisko flotacji (niekorzystne, wymaga likwidacji)
- Przenoszenie masy przez granicę faz
- Określone wymagania dotyczące materiałów konstrukcyjnych
- Skomplikowana, nieliniowa kinetyka
- Możliwość występowania stanów nieustalonych
- Zmienność struktury materiału biologicznego
- Żądana wysoka dokładność regulacji parametrów procesu
- Nienewtonowski charakter mediów i jego zmienność w czasie procesu
- Wymagania sterylności
- Rozpiętość skali operacji jednostkowych składających się na ciąg technologiczny medium hodowlanego (od próbki do bioreaktorów o pojemności setek metrów sześciennych)

Inżynierowie biotechnolodzy są w stanie otrzymać małe ilości biopreparatu, a następnie wzmocnić wydajność tysiąc razy na drodze mutacji i specjalnych technik produkcji, aby proces osiągał wysoką wydajność, a produkt był niedrogi.

1 Podstawowe procesy w inżynierii procesowej

Każdy proces przenoszenia może mieć charakter **ustalony** i **nieustalony**. Proces ustalony to taki proces, w którym dany parametr jest funkcją tylko jego położenia w przestrzeni

$$H = f(x, y, z) \quad (1)$$

W każdym punkcie dany parametr może przyjmować różną wartość, ale w danym punkcie jest niezmienny (ustalony) i niezależny do czasu.

Proces nieustalony to taki, w którym dany parametr jest funkcją położenia oraz czasu

$$H = f(x, y, z, t) \quad (2)$$

W danym punkcie przestrzeni dany parametr może przyjmować różne wartości w zależności od czasu.

1.1 Mechanizmy transportu

Molekularny mechanizm transportu polega na wyrównywaniu danego parametru w wyniku ruchu pojedynczych atomów lub cząstek. Mechanizm ten występuje tam gdzie cząsteczki nie przemieszczają się w ogóle w przestrzeni, w związku z czym dana wielkość przemieszcza się od jednej do drugiej cząsteczki

Transport konwekcyjny zachodzi w skutek przemieszczania się elementów płynu wywołanego siłami. Transport ten zachodzi w cieczach i gazach (płynach) ponieważ jest w nich możliwość przemieszczania się całych warstw płynów względem siebie (co jest niemożliwe w ciałach stałych). Siły wywołujące konwekcje mogą być **siłami naturalnymi** (różnica gęstości, różnica stężeń), mówi się wówczas o **konwekcji naturalnej**, lub **siłami zewnętrznymi** (mieszadło, wentylator, pompa), mówi się wówczas o **konwekcji wymuszonej**. Ruchy konwekcyjne charakteryzuje stosunkowo duża siła.

Transport turbulentny jest to rodzaj transportu związany z poznoszeniem elementów płynu, przy przenoszeniu pędu

Promieniowanie jest to rodzaj transportu ciepła (tylko energia cieplna podlega temu mechanizmowi transportu)

1.2 Transport pędu

Transport pędu to zagadnienie związane z przepływem płynów (dynamika płynów). Jest to rozpatrywanie sił działających na elementy lub całe partie płynu i określenie ich wpływu na charakter przepływu oraz zmieniające się właściwości płynu.

Jeśli przepływ płynu jest nierównomierny to każda partia płynu ma inną energię.

Charakter przepływu

Rodzaje przepływu makroskopowego

- Laminarny (uporządkowany, uwarstwiony) – elementy płynu mogą się przesuwac względem siebie i względem ścian rurociągu po torach równoległych. Charakteryzuje go brak zmian prędkości i kierunku przepływu

<++>