

Methylophilus methylotrophicus grown on methanol at 30 °C, pH 6.0 was observed to obey the following kinetic parameter values: $\mu_{max} = 0.53 \text{ h}^{-1}$, $Y_{xs} = 0.48 \text{ g/g}$, $Y_{xO_2} = 0.53 \text{ g/g}$, carbon-conversion (biomass/methanol) efficiency = 0.57 g/g, oxygen quotient: = 0.90 mol O_2 per mol methanol, respiratory quotient (RQ) = 0.52 mol CO_2 per mol O_2 , $m_s = 0.35 \text{ g methanol/g}$, $K_s = 2.0 \text{ mg/L}$. The specified yield factors correspond to a dilution rate of 0.52 h^{-1} .

- Write down the equations for CSTR growth which describe rates of cell-mass production, oxygen consumption, and CO_2 production vs. Dilution rate.
- Plot x , x_D , and s vs. D , and locate the predicted maximum values of x and x_D when $S_{inlet} = 7.96 \text{ g/L}$.
- Display the variation in the oxygen consumption rate vs. D on the same graph. What stirrer power input per unit volume would be needed to operate the reactor at the maximum productivity $(x_D)_{max}$? State your assumptions.
- On the same graph, plot the predicted heat-generation rate per volume vs. D .
- The specific growth rate is observed to be diminished by substrate in an approximately linear fashion from its maximum value of 0.53 h^{-1} at $s = 3 \text{ g/L}$ to 13 g/L (extrapolated estimate). Repeat part b) taking this design information into account.
- Under what exit conditions would several equal tanks be better than a single tank of the same total volume?

SOLUCIÓN

- Para un reactor de mezcla perfecta donde la concentración de microorganismo a la entrada es despreciable, y donde no existe la formación de producto se plantean balances de materia a las células y al sustrato.

Células

$$Vr_x + Q(x_e - x) = 0$$

$$r_x = \mu x \quad \mu = D$$

$$\mu x = D(x_e - x)$$

Ec (1)

Donde se define r_x como la velocidad de producción de biomasa, y D es la velocidad de dilución (Q/V)

Sustrato

$$r_s = r_{xs} + r_{sp} + r_{ms} \quad -r_s = -\frac{r_x}{Y_{xs}} + \frac{r_p}{Y_{ps}} + r_m = D(S - S_0)$$

Ec (2)

Donde: $\frac{r_x}{-r_s} = Y_{xs}$

$$\frac{r_p}{-r_s} = Y_{ps}$$

$$r_{ms} = m_s x$$

Cinética tipo de Monod $\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_s + S}$

Ec (3)

Por lo tanto mediante estos balances y la cinética del proceso se ponen las expresiones del sustrato (S), biomasa (x) y productividad (xD) en función de la velocidad de dilución D.

- Combinando Ec (1) y (3):
$$S = \frac{DK_s}{\mu_{max} - D}$$

Ec (4)

- Combinando Ec (1), (2) y (4):
$$x = \frac{DS_0 - D \frac{DK_s}{\mu_{max} - D}}{\frac{D}{Y_{xs}} + m_s}$$

Ec (5)

Para determinar la velocidad de consumo de oxígeno se calcula mediante el coeficiente y_{xO_2} , y la velocidad de producción de biomasa:

$$r_x = \mu x$$

x por la Ec(5) $r_{O_2} = \frac{1}{Y_{xO_2}} \mu \frac{DS_0 - D \frac{DK_s}{\mu_{max} - D}}{\frac{D}{Y_{xs}} + m_s}$

$$Y_{xO_2} = \frac{r_x}{r_{O_2}}$$

Ec(6)

El consumo de dióxido de carbono se determina multiplicando la anterior expresión por la relación entre el O₂ consumido y el CO₂ producido:

$$r_{CO_2} = \frac{\text{mol } CO_2}{\text{mol } O_2} \frac{1}{Y_{xO_2}} \mu \frac{DS_0 - D \frac{DK_s}{\mu_{max} - D}}{\frac{D}{Y_{xs}} + m_s}$$

Ec(7)

- Las gráficas se muestran a continuación:
- La variación de oxígeno consumido se representa en la gráfica anterior.

Para calcular la potencia consumida por unidad de volumen para operar con una productividad máxima, se usan las gráficas P_{no} vs Re y Pa/P vs Na que se encuentran en bibliografía:

BAILEY Y OLLIS Biochemical Engineering fundamental

P_{no}	2
P_{paddle} (W/m³)	151
Pa/p paddle	0,33

<i>Densidad líquido (Kg/m³)</i>	1000
<i>Ni (s-I)</i>	4,2
<i>Di (m)</i>	0,4
<i>Densidad oxígeno (g/l)</i>	1,3
<i>Viscosidad (Kg/ms)</i>	0,001
<i>Diámetro de Tanque (m)</i>	1
<i>Re</i>	6·10 ⁵
<i>Velocidad gas (m/s)</i>	0,036
<i>Na</i>	0,14
<i>Kla (s-I)</i>	0,041
<i>NO₂transferido (g/l)</i>	0,051

La velocidad de dilución que proporciona Dxmax produce un consumo de oxígeno que tiende a cero, como se ve en la gráfica anterior. El valor analítico se corresponde a un consumo de oxígeno de 0.0466 g de O₂/l·s mientras que el oxígeno transferido es de 0.051 g/l·s.

Para calcular el oxígeno transferido se supone que la agitación se realiza por paletas y que el oxígeno transferido es puro. Según lo explicado, se han usado las siguientes expresiones para su cálculo:

$$k_{la} = 2.9 \cdot 10^{-2} \frac{P}{V} u_g^{0.5}$$

$$P_{so} = \frac{P_g}{\rho_l N_i^3 D_i^5}$$

- Cálculo del calor generado por unidad de volumen mediante método gráfico.

Para calcular el calor generado se realiza mediante dos métodos aproximados evaluando el parámetro YA (g de biomasa/Kcal). El calor generado se obtiene al dividir la velocidad de producción de biomasa entre el factor YA:

$$\text{Calor generado } Q = \frac{\mu \cdot x}{Y_{\Delta}} = \frac{Kcal}{l \cdot h}$$

Para calcular dicho parámetro se puede hacer mediante:

- Mediante una correlación basada en la relación biomasa producida por sustrato.

$$\frac{1}{Y_{\Delta}} = \frac{11.4}{Y_{XS}} - 4.7 \quad Y_{\Delta} = 0.053 \text{ g c lulas / Kcal}$$

$$Y_{XS} = 0.48$$

- Mediante una estimación de este valor encontrada según Bailey para las condiciones de la bacteria *Methylamonas methanica* en condiciones similares a las del proceso. Para estas condiciones se estima un valor del parámetro YA=0.12.
- Al existir una inhibición del sustrato la velocidad de crecimiento se ve modificada.

Por lo tanto se tiene dos tramos diferenciados, uno hasta $s = 3 \text{ g/l}$ que corresponde a una cinética tipo Monod y otro hasta $s = 13 \text{ g/l}$ que va a ser un tramo lineal decreciente. El problema es estimar la pendiente de esta recta decreciente, de la cual se conoce el punto inicial ($\mu_{\max} = 0.53 \text{ h}^{-1}$, $s = 3 \text{ g/l}$) y $s = 13 \text{ g/l}$; pero no se conoce el valor final de μ . Se estima que para una concentración tan alta de sustrato, la inhibición llega a un valor de $\mu = 0$, es decir, se para la cinética de reacción. Entonces se conocen dos puntos de la recta y de esta forma se obtiene el valor de la recta:

$$\begin{aligned} \mu_{\max} &= 0.53 & s &= 3 \\ \mu_{\max} &= 0 & s &= 13 \end{aligned} \quad \mu = 0.689 - 0.053s$$

Gráficamente se muestran claramente los dos tramos con cinéticas diferentes:

Se calculan los valores de x , Dx y s vs D para este caso concreto y se obtiene las siguientes gráficas:

Indicar que en cada tramo se aplica la cinética correspondiente para el cálculo de la concentración de biomasa (x), sustrato (s) y productividad ($D \cdot x$).

Biotecnología Problema 7.12

Página 6