ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2019

- Toute documentation permise
- Calculatrice : modèles autorisés seulement
- Durée de l'examen : 3 heures
- Quatre (4) feuilles millimétrées requises

16-CH-A7 Génie biochimique (total: 100 points)

QUESTION 1 (5+5+5+10+5+10 = 40 points): Identification de paramètres d'une croissance microbienne en cuvée (papier millimétré requis)

Les données suivantes pour les concentrations en substrat limitant (S), en microorganisme (X) et en produit (P) ont été obtenues en cuvée (batch) en fonction du temps (t) pour la production d'antibiotique par *P. crysogenum*:

t (h)	S (g/L)	X (g/L)	P (mg/L)
0	40,0	0,2	0
4	37,1	1,4	5
8	24,1	6,6	29
12	6,7	13,5	85
16	1,1	15,8	149
20	0,1	16,1	214

En supposant que la cinétique de croissance de ce microorganisme obéit à une relation logistique, où:

$$\frac{dX}{dt} = k\left(1 - \frac{X}{X_{\max}}\right)X$$

Où k est une constante de croissance et X_{max} est la concentration maximale atteinte dans la culture:

a) Déterminez la valeur du coefficient de rendement $Y_{X/S}$ à partir des données de X et de S (utilisez le papier quadrillé pour ce faire);

b) À partir de (a), établissez la valeur de X_{max};

c) Décrivez et justifiez la manière par laquelle vous déterminerez la valeur de k;

d) Calculez et donnez la valeur de k obtenue (utilisez le papier quadrillé pour ce faire);

e) En supposant que la biosynthèse du produit d'intérêt (P) respecte la relation de Luedeking-Piret (ci-dessous), expliquez comment vous obtiendriez la valeur de ses paramètres α et β à partir des données de t, X et P;

$$\frac{dP}{dt} = \alpha\frac{dX}{dt} + \beta X$$

f) Calculez et donnes les valeurs de α et β (utilisez le papier quadrillé pour ce faire).

QUESTION 2 (5+10+5+5+5+5+5 = 40 points): Conception d'un réacteur continu pour une fermentation (papier millimétré requis)

Une levure dont la vitesse de croissance suit une relation de Monod, avec les paramètres μ_{MAX} = 1,39 h^{-1} et K_S = 20 g/L et dont le coefficient de rendement $Y_{X/S}$ = 0,25, est produite en grande quantité par votre usine pour être revendue à un réseau de boulangerie. Pour augmenter votre productivité, vous explorez la possibilité d'utiliser un bioréacteur parfaitement agité et mélangé, alimenté en continu (un CSTR). Pour ce faire, vous utiliseriez une solution concentrée de substrat limitant, à 100 g/L, pour alimenter votre procédé.

a) Décrivez les équations utiles pour prédire la concentration en substrat et en micro-organisme dans le CSTR en fonction du taux de dilution D en h^{-1};

b) Tracez une courbe d'opération de ce CSTR (X et S en fonction de D) (utilisez le papier quadrillé pour ce faire);

c) Calculez et donnez la valeur de D à laquelle les microorganismes seraient complètement éliminés du CSTR (le point de lavage, ou "washout");

d) Décrivez et justifiez l'équation qui vous permettrait de déterminer le point de productivité volumétrique (Pr) maximale de votre CSTR (en gramme de levure par L de réacteur et par heure);

e) Calculez et donnez la valeur de Pr_{MAX} ainsi que le taux de dilution, D, auquel Pr_{MAX} serait obtenu;

f) Pour une production annuelle de levure de 10 000 tonnes (métriques), calculez et donnez le volume de fermenteur continu, de type CSTR, opéré à Pr_{MAX}, dont vous auriez besoin (supposez une opération sur 365,25 j/an, 24 h/jour);

g) Donnez toutes les hypothèses nécessaires à vos calculs.

Question 3 (7.5 + 7.5 + 5 = 20 points): Réacteur enzymatique immobilisé en CSTR

Une enzyme produisant du fructose à partir du glucose est utilisée, immobilisée sur un support dans un CSTR. Cette enzyme répond à une cinétique de Haldane (inhibition par le substrat):

$$r = \frac{r_{MAX}}{K_S + S + \frac{S^2}{K_i}}$$

Où r est une vitesse de réaction en mmol de substrat par kg d'enzyme par minute et r_{MAX} = 179 $mmol \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, K_S = 10 mM et K_i = 30 mM sont les paramètres de cette cinétique.

a) Déterminez les valeurs de r ($mmol \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) et S (mM) optimales pour opérer ce CSTR;

b) Si la concentration de substrat (glucose) est de 100 mM à l'entrée du CSTR et que le réacteur contient 0,1 kg d'enzyme par Litre, déterminez le taux de dilution, D (min^{-1}), sous les conditions déterminées en (a);

c) Déterminez la conversion du substrat sous ces conditions, ainsi que, pour un réacteur d'un volume de 1000 L, le débit volumétrique d'alimentation (L/min) et la productivité (mmol/min) de ce système.