

## KE-70.3100 Bioprosessiteknikka II

Tentti 20.12.2010

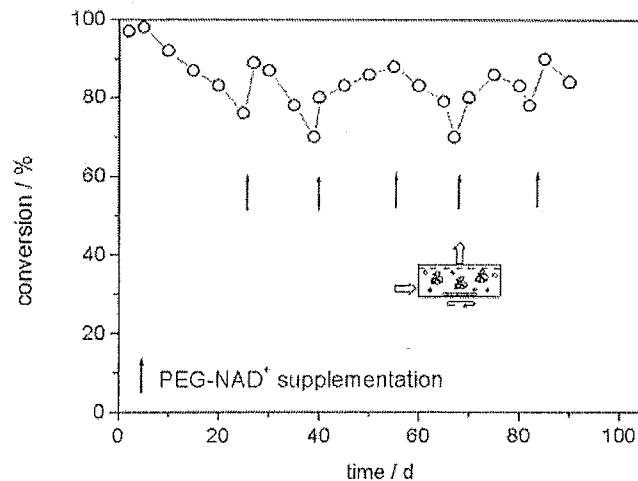
Vastaa kaikkiin kysymyksiin

1a) Entsyymien luokittelu ja anna yksi esimerkki jokaisesta pääryhmästä?

1b) Selitä aktiivisen entsyymin rakenne, ja mitä tarkoitetaan entsyymin denaturaatiolla?

2. Selitä tärkkelyksen entsyymaattinen hydrolyysi, ja anna yksi esimerkki teollisesta sovellutuksesta? (Ohje: nimeä entsyymit ja entsyymiluokat).

3. Alla olevassa kuvassa on tulokset koejärjestelystä, jossa tuotettiin L-leusiinia membraanireaktorissa. Reaktio-olosuhteet olivat seuraavat:  $\alpha$ -ketoisokaproaatti (100 mM), ammoniakki (400 mM) ja muurahaishappo eli formaatti (400 mM), leusiini dehydrogenaasientsyymi (LeuDH 2.5 U/ml), formaatti-dehydrogenaasientsyymi (FDH 2.5 U/ml), polyetyleeniglykoli-NAD (PEG-NAD 0.2 mM). Viipymäaika 2,5 h. Nuolet osoittavat PEG-NAD lisäyksen ajankohdan, kun kofaktorin pitoisuus laski alle 0,1 mM.

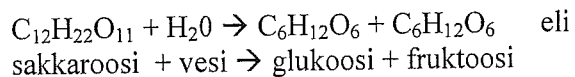


Laadi kuvan esittämästä reaktiosta yhteenveto, jossa vastaat seuraaviin kysymyksiin:

- Selitä membraanireaktorin periaate, ja miksi sitä käytetään tässä reaktiossa?
- Selitä miksi tässä reaktiossa tarvitaan kahta eri entsyymiä (LeuDH ja FDH)?
- Selitä mikä on PEG-NAD kofaktori, ja miksi sitä käytetään tässä reaktiossa?

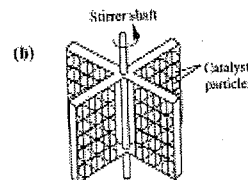
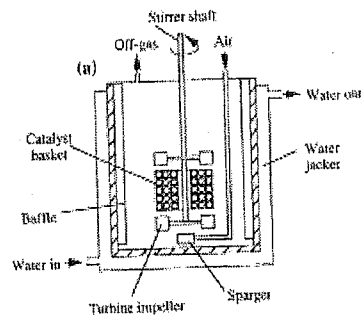


1. Invertaasi katalysoi reaktiota:



*Thermotoga maritima* -bakteerin invertaasia immobilisoitiin huokoisiin, 2,4 mm halkaisijaltaan oleviin hartsihelmiin. Sakkaroosin efektiivinen diffusiviteetti hartsiin on  $1,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Hartsihelmet asennetaan reaktorin sekoittimeen kiinnitettyssä korissa jolloin ulkoiset aineensiirtovaikutukset eliminoiduvat. Kun reaktorin sakkaroosikonsentraatio oli  $0,72 \text{ kg m}^{-3}$ , oli havaittu konversioisuus  $r_{A, \text{obs}}$  on  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-3}$  (hartsia). Immobilisoidun entsyymin Michaelis-vakio ( $K_M$ ) sakkaroosille on  $0,035 \text{ M}$ .

- Millainen reaktiokinetiikka sopii tähän tapaukseen?
- Laske sisäinen tehokkuuskerroin  $\eta_i$ . Käytä apuna taulukon 12.4 havaittavaa Thielen kerrointa ja kuvaa 12.11.
- Laske reaktionopeusvakio  $k_1$  sisäisen tehokkuuskertoimen avulla
- Kerro lyhyesti (yleisellä tasolla) miten homogeeninen ja heterogeeninen reaktiotarkastelu eroavat toisistaan





**Table 12.1** Steady-state concentration profiles

First-order reaction:  $r_A = k_1 C_A$

$$\text{Sphere}^a \quad C_A = C_{As} \frac{R}{r} \frac{\sinh(r\sqrt{k_1/\mathcal{D}_{Ac}})}{\sinh(R\sqrt{k_1/\mathcal{D}_{Ac}})}$$

$$\text{Flat plate}^b \quad C_A = C_{As} \frac{\cosh(z\sqrt{k_1/\mathcal{D}_{Ac}})}{\cosh(b\sqrt{k_1/\mathcal{D}_{Ac}})}$$

Zero-order reaction:  $r_A = k_0$

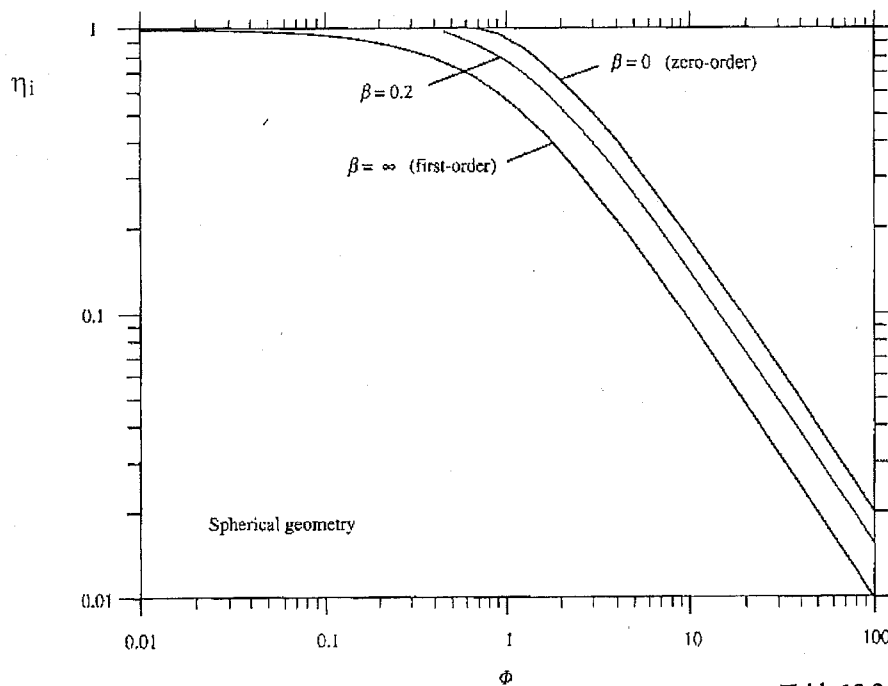
$$\text{Sphere}^c \quad C_A = C_{As} + \frac{k_0}{6\mathcal{D}_{Ac}} (r^2 - R^2)$$

$$\text{Flat plate}^c \quad C_A = C_{As} + \frac{k_0}{2\mathcal{D}_{Ac}} (z^2 - b^2)$$

**Table 12.4** Observable Thiele moduli

$$\text{Sphere} \quad \Phi = \left(\frac{R}{3}\right)^2 \frac{r_{A,obs}}{\mathcal{D}_{Ac} C_{As}}$$

$$\text{Flat plate} \quad \Phi = b^2 \frac{r_{A,obs}}{\mathcal{D}_{Ac} C_{As}}$$



**Figure 12.11** Internal effectiveness factor  $\eta_i$  as a function of the observable Thiele modulus  $\Phi$  for spherical geometry and first-order, zero-order and Michaelis-Menten kinetics.  $\beta = K_m/C_{As}$ . (From W.H. Pitcher, 1975, Design and operation of immobilized enzyme reactors. In: R.A. Messing, Ed, *Immobilized Enzymes For Industrial Reactors*, pp. 151-199, Academic Press, New York.)

**12.3** Effectiveness factors ( $\phi$  for each geometry and kinetic order is defined in Table 12.2)

First-order reaction:  $r_A = k_1 C_A$

$$\text{Sphere}^a \quad \eta_{il} = \frac{1}{3\phi_1^2} (3\phi_1 \coth 3\phi_1 - 1)$$

$$\text{Flat plate}^b \quad \eta_{il} = \frac{\tanh \phi_1}{\phi_1}$$

Zero-order reaction:  $r_A = k_0$

**Table 12.2** Generalised Thiele moduli

First-order reaction:  $r_A = k_1 C_A$

$$\phi_1 = \frac{V_P}{S_x} \sqrt{\frac{k_1}{\mathcal{D}_{Ac}}}$$

$$\text{Sphere} \quad \phi_1 = \frac{R}{3} \sqrt{\frac{k_1}{\mathcal{D}_{Ac}}}$$

$$\text{Flat plate} \quad \phi_1 = b \sqrt{\frac{k_1}{\mathcal{D}_{Ac}}}$$

coth is abbreviation of hyperbolic cotangent. Coth  $x$  is defined as:

$$\coth x = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$$

