

## MİKROORGANİZMALARDA BİYODÖNÜŞÜM KİNETİĞİ

**Hücre Çoğalması**

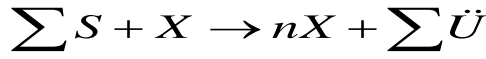
- ✓ Çoğalma için gerekli besin maddeler ve enerji kaynakları
- ✓ Optimum T, pH, iyon derişimi, vb..
- ✓ İnhibitörlerin olmaması

**Hücre Çoğalma Kinetiği**

1. Gecikme evresi (lag phase)
2. Üstel çoğalma evresi (exponential phase, log phase)
3. Durgunluk evresi (stationary phase)
4. Ölüm evresi (death phase)

**Üstel çoğalma evresi**

Substrat + Hücre → Hücre + Hücre dışı ürünler



Hücre çoğalma hızı = f(C<sub>x</sub>)

$$r_x = \mu C_x$$

Burada:

r<sub>x</sub>= hücre çoğalma hızı, derişim/zaman

C<sub>x</sub>=hücre derişimi, derişim

t= zaman

μ=özgül çoğalma hızı, zaman<sup>-1</sup>

$$r_x = \frac{dC_x}{dt}$$

$$r_x = \frac{dC_x}{dt} = \mu C_x$$

$$\int_{C_{x0}}^{C_x} \frac{dC_x}{C_x} = \mu \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{C_x}{C_{x0}} = \mu t$$

**İkilenme süresi**

t=0 C<sub>x</sub>=C<sub>x0</sub>

t=t<sub>D</sub> C<sub>x</sub>=2C<sub>x0</sub>

$$\frac{dC_x}{dt} = \mu C_x$$

$$\int_{C_{x0}}^{2C_{x0}} \frac{dC_x}{C_x} = \mu \int_0^{t_D} dt$$

$$\ln \frac{2C_{x0}}{C_{x0}} = \mu t_D$$

$$t_D = \frac{\ln 2}{\mu}$$

**Monod Çoğalma Kinetiği**

$$\mu = \frac{\mu_{\max} C_S}{K_S + C_S}$$

Burada:

μ= özgül çoğalma hızı, zaman<sup>-1</sup>

μ<sub>max</sub>= maksimum çoğalma hızı, zaman<sup>-1</sup>

C<sub>S</sub>=ortamdaki substrat derişimi, derişim

K<sub>S</sub>= substratın doyunluk sabiti (Monod sabiti), derişim

$$C_S \ll K_S \quad \mu = \frac{\mu_{\max} C_S}{K_S}$$

$$r_x = \frac{dC_x}{dt} = \mu C_x - k_d C_x \quad \mu = \mu_{\max}$$

Hücre çoğalma hızı

$$r_x = \mu C_x$$

$$r_x = \mu C_x = \frac{\mu_{\max} C_S}{K_S + C_S} C_x$$

**Monod Sabitlerinin Bulunması**

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{\max}} + \frac{K_S}{\mu_{\max}}$$

$$\text{egim} = \frac{K_S}{\mu_{\max}} \quad \text{kayma} = \frac{1}{\mu_{\max}}$$

**Substrat inhibisyonu**

$$\mu = \frac{\mu_{\max} C_S}{K_S + C_S \left( 1 + \frac{C_S}{K_i} \right)}$$

$$r_x = \mu C_x = \frac{\mu_{\max} C_S C_x}{K_S + C_S \left( 1 + \frac{C_S}{K_i} \right)}$$

**Mikroorganizma çoğalmasına sıcaklık etkisi:**

Mikroorganizmaların ölüm kinetiği 1.mertebe kabul edilebilir.

t=0 C<sub>x</sub>=C<sub>x0</sub> için çözüm:

$$- \int_{C_{x0}}^{C_x} \frac{dC_x}{C_x} = k_d \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{C_x}{C_{x0}} = -k_d t \quad C_x = C_{x0} e^{-k_d t}$$

*k<sub>d</sub>* nin sıcaklığa bağlılığı:

Mikroorganizma çoğalma ve ölüm kinetiği bir arada ele alınırsa:

$$k_d = k_d' e^{-E_d / RT}$$

Mikroorganizma çoğalması için  $\mu \gg k_d$  olmalıdır.  $k_d$  ve  $\mu = f(T)$

$\mu$ 'nün sıcaklığa bağılılığı:

$$\mu = \mu' e^{-E_a / RT}$$

**Verim (Y):**

$$Y_{FG} = \frac{\Delta F}{-\Delta G}$$

Toplam ve anlık verimler:

$$Y_{FGtoplam} = \frac{\Delta F}{-\Delta G}$$

$$Y_{FGanlik} = \lim_{\Delta G \rightarrow \infty} \frac{\Delta F}{-\Delta G} = \frac{dF}{-dG} = \frac{dF/dt}{-dG/dt} = \frac{r_F}{-r_G}$$

**Maintenance factor (m):**

$$-\frac{dC_S}{dt} = mC_x$$

**Çoğalma, Substrat Tüketim ve Ürün Oluşum Hızları:**

**Hücre çoğalma hızı:**

$$r_x = \frac{dC_x}{dt} = \mu C_x$$

**Ürün oluşmaksızın substrat tüketim hızı:**

Substratın toplam tüketim hızı= Substratın hücre çoğalmasında tüketim hızı +  
Substratın maintenance için tüketim hızı

$$-r_s = -\frac{dC_S}{dt} = \frac{r_x}{Y_{XS}} = \frac{\mu C_x}{Y_{XS}}$$
$$Y_{XS} = \frac{r_x}{-r_s} \quad -r_s = \frac{r_x}{Y_{XS}}$$
$$-\frac{dC_S}{dt} = mC_x$$

$$-r_s = -\frac{dC_S}{dt} = \frac{\mu C_x}{Y_{XS}} + mC_x$$

**Ürün oluşumu ile substrat tüketim hızı:**

$$-r_s' = -\frac{1}{C_x} \frac{dC_S}{dt} = \frac{\mu}{Y_{XS}} + m$$

Substratın toplam tüketim hızı= Substratın hücre çoğalmasında tüketim hızı +  
Substratın maintenance için tüketim hızı +

$$-r_s = -\frac{dC_s}{dt} = \frac{q_{\dot{U}} C_x}{Y_{\dot{U}S}}$$

Substratın ürün oluşumunda tüketim hızı

$$Y_{\dot{U}S} = \frac{r_{\dot{U}}}{-r_s}$$

$$-r_s = \frac{r_{\dot{U}}}{Y_{\dot{U}S}} \quad r_{\dot{U}} = q_{\dot{U}} C_x$$

### Ürün Oluşum Modelleri:

1. Paralel çoğalma ve ürün

$$-r_s = -\frac{dC_s}{dt} = \frac{\mu C_x}{Y_{XS}} + m C_x + \frac{q_{\dot{U}} C_x}{Y_{\dot{U}S}}$$

2. Karışık çoğalma ve ürün

$$-r_s' = -\frac{1}{C_x} \frac{dC_s}{dt} = \frac{\mu}{Y_{XS}} + m + \frac{q_{\dot{U}}}{Y_{\dot{U}S}}$$

3. Ayrık çoğalma ve ürün

### Kaynak:

1. Bailey JE and Ollis DF, 1986. Biochemical Engineering Fundamentals, McGraw Hill, 2.baskı, NY
2. Doran PM, Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 1995.