

MİKROORGANİZMALARLA YAPILAN ÜRETİMİN KİNETİĞİ

Giriş

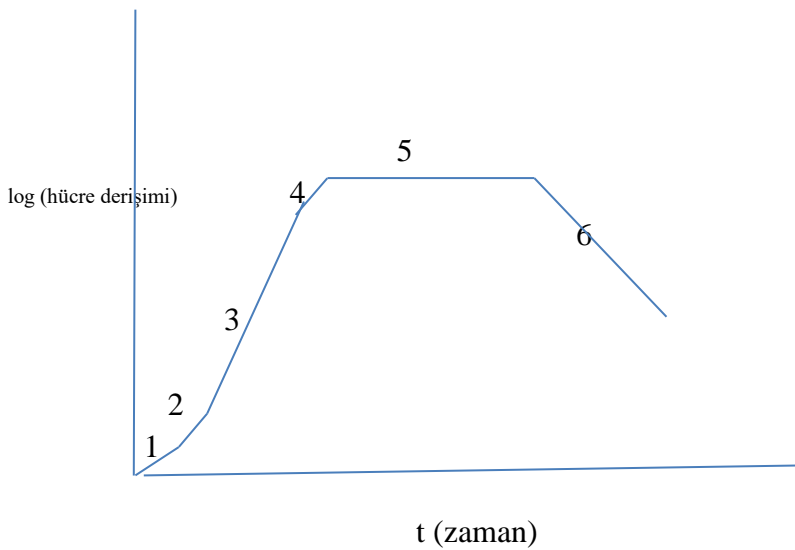
Kültür ortamında mikroorganizmaların gelişip büyüebilmeleri için gerekenler:

1. Mikroorganizmaların yaşamı, gelişmesi ve üremesi için gerekli besin maddeleri bulunması (mikroorganizmaların yaşamlarını sınırlayan besinlere “vazgeçilmez besinler” denir. Kinetik bağlantıları çıkarırken bunlara “substrat” diyeceğiz),
2. Ortama, yani besi yerine canlı mikroorganizmaların katılması (bu işleme “aşılama” ya da “ekim” denir),
3. Ortamda gelişmeyi engelleyici maddelerin bulunmaması,
4. Besi ortamında, optimum pH, sıcaklık, iyon kuvveti gibi mikroorganizmalar için en uygun koşulların oluşması.

Mikroorganizmaların üretildiği tepkime kaplarına “biyoreaktör” ya da “fermentör” adı verilir. İleride bu konularda ayrıntılı bilgi verilecektir.

Belli koşullar altındaki mikroorganizmaların üremesi belli evrelerden geçer.

- 1.Bölge: bekleme bölgesi: mikroorganizmalar çevreye uyum sağlar;
- 2.Bölge: geçici üreme bölgesi;
- 3.Bölge: üstel (logaritmik) üreme bölgesi;
- 4.Bölge: yavaşlayan üreme bölgesi;
- 5.Bölge: sabit üreme bölgesi;
- 6.Bölge: gerileme bölgesi.



Belirli bir besin ortamına ekilen mikroorganizmalar yeni ortama uyum gösterip çoğalmaya başlayıncaya kadar belirli bir süre geçer. Bu sırada hücre sayısında hemen hemen hiç artış görülmez. Bu süreye “bekleme evresi” denir. Bekleme evresinden sonra mikroorganizmaların sayısı yavaş yavaş artmaya başlar. Bu evreye geçici üreme evresi” denir. Mikroorganizma derişimi belli bir düzeye ulaşınca yukardaki şekilde görülen “üstel üreme bölgesine” varılır. Bu evrede mikroorganizmaların canlı, genç, dinç olduğu kabul edilir. Bu nedenle mikroorganizmaların ölümü yok sayılabileceğinden kinetik bağlantılar türetilirken bu etmen göz önüne alınmaz. Logaritmik evreden sonra mikroorganizmaların yaşlanması ve ölüm olayının belirginleşmesi nedeniyle üremede yavaşlama gözlenir. Bu evreye ”yavaşlayan üreme evresi” denir. Kesikli üretimde daha sonra “sabit üreme bölgesi” gelir. Daha sonraki evrede ölüm hızları arttığı için derişimlerde belirgin bir azalma gözlenir. Hücre zarlarında parçalanma olur.

Logaritmik evrede mikroorganizmaların çoğalması

$n = n_0 e^{kt}$ denklemiyle ifade edilir.

Bu denklemden,

n_0 = başlangıçta ortamda bulunan mol sayısı,

n = herhangi bir t anındaki mol sayısıdır.

$dn/dt = k n$, üreme hızı

$\ln n = \ln n_0 + kt$

veya,

$\log n = \log n_0 + (k/2.303) t$

$\log (n/n_0) = (k/2.303)t$

Mikroorganizma sayısı yerine derişim yazılırsa;

$dx/dt = \mu x$ (μ = Monod sabiti; özgül üreme hızı)

$dx/dt = f(x, S, P, pH, T, k_{la}, C_1, C_2, \dots)$

değişkenlerden bazıları sabit tutarsak;

$dx/dt = \mu x$ tanımlanır.

$\ln x = \ln x_0 + \mu t$

veya,

$\log x = \log x_0 + (\mu/2.303) t$

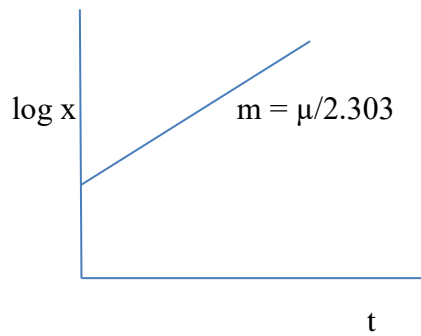
Mikroorganizmalar besin yerinde ürerken aynı zamanda yeni ürünler de oluşmaktadır. Substrat ve ürünlerin zamanla değişiminin de bilinmesi, fermentör tasarımı için gereklidir.

$$dx/dt = \mu x \text{ demiştik.}$$

Buradan hareketle,

$$\log x = \log x_0 + (\mu/2.303) t$$

türetilmiştir. Bu denklemde, x_0 , başlangıçtaki kültü ortamına aşılana, x ise herhangi bir t anında ortamda bulunan mikroorganizma derişimi ifade eder.



Mikroorganizma derişimin başlangıçtakinin iki katı olması için geçen süreye “İkilenme süresi, t_d ” denir. Yukarıdaki denklemden, t_d

$$t_d = \ln 2 / \mu = 0.693 / \mu$$

bağlantısından bulunur.

Monod Eşitliği

1942 yılında ünlü Fransız bilgini Monod, mikroorganizmaların özgül üreme hızı ile substrat derişimi arasındaki aşağıdaki eşitliği buldu:

$$\mu = \mu_m S / (k_s + S)$$

Burada,

μ_m = maksimum özgül üreme hızı,

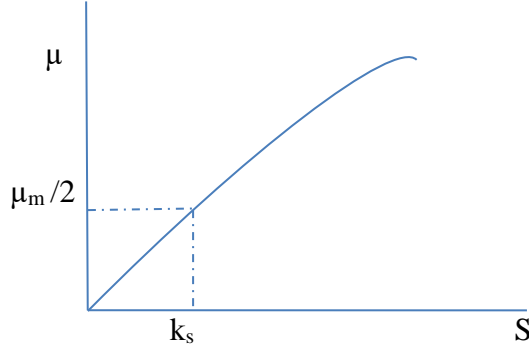
S = besi yerinde üremeyi kısıtlayıcı herhangi bir substrat derişimi,

k_s = substrata ilişkin Monod ya da doygunluk sabitidir.

Denklemin Michaelis-Menten denklemine benzediği görülmektedir.

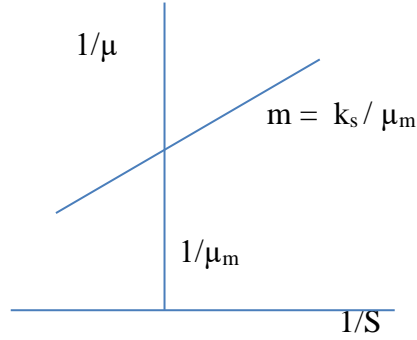
$$dx/dt = \mu x = \mu_m S x / (k_s + S)$$

bekleme evresinden sonra, Logaritmik evrede geçerli olan ve aynı zamanda ürün inhibisyonunun söz konusu olmadığı durumlarda geçerli olan bu bağlantılar “Monod Denklemi” olarak bilinirler.



$$1/\mu = (k_s / \mu_m) 1/S + 1/\mu_m$$

$1/\mu$ karşı $1/S$ grafiğinden μ_m ve k_s hesaplanır (Lineweaver-Burke türü).



Üreme verimi = $Y_{x/S} = - \Delta x / \Delta S$ (g mikroorganizma/g substrat)

$$Y_{x/S} = - (x - x_0) / (S - S_0)$$

$$dx/dt = \mu x ; - dx/dS = Y$$

bağlantılarının birleştirilmesiyle,

$$-Y dS/dt = \mu x , \text{ veya, } - dS = (\mu x / Y) dt$$

$$- dS/dt = (\mu x / Y), \text{ substrat harcanma hızı}$$

$$\mu / Y = q \text{ dersek (özellik metabolik hız);}$$

$$- dS/dt = q x \text{ elde edilir.}$$

$$\mu = (\mu_m S / Y) / (k_s + S)$$

$$q = q_m S / (k_s + S)$$

$$1 / q = (k_s / q_m) (1/S) + 1 / q_m$$

q'nun hangi substrata ait olduđu belirtilmelidir (q glikoz, q O₂ gibi).