

2. Sitoplazma

- Bakteri sitoplazması sıvı olup yaklaşık %80 sudan oluşur.
- Sitoplazma içinde; nükleik asitler, enzimler, aminoasitler, karbonhidratlar, lipidler, inorganik iyonlar ve düşük molekül ağırlıklı bileşikler bulunur.
- Bunlar protein sentezinde yapıtaşı, bazıları enerji ve karbon kaynakları bazıları metabolizma atıklarıdır.

Sitoplazmada yer alan başlıca organlar

- Mezozomlar
- Ribozomlar
- Çekirdek
- Sitoplazmik granüller
- Pigment
- Endospor
- Plazmid vb.

3. Mezozomlar

Bakteri hücrelerinin sitoplazmik zarına bağlı ve onun hücre içinde kıvrılması ile meydana gelen oluşumlardır.

Hücredeki işlevleri şunlardır:

- DNA replikasyonu sırasında DNA'nın bağlantı yeri görevi görür.
- Hücre bölünmesi ve sporlanma sırasında septum oluşumunda görev alır.

4. Ribozomlar

- Bakteri hücresi için gerekli protein ve enzimlerin sentezinin yapıldığı yerlerdir.
- Yapılarında %40 protein ve %60 ribonükleik asit (rRNA=ribozomal RNA) bulunur.
- Ribozom sayıları, büyüklükleri ve yoğunlukları bakteri türlerine göre değişir. Bir bakteri hücresinde 5000-50 000 arasında ribozom bulunur. Üremekte olan bakterilerde sayıları fazladır.

- Ribozomlar hücre içinde serbest halde buldukları gibi, protein sentezi sırasında mRNA üzerinde dizilerek bir araya gelebilirler. Bunlara **poliribozom** veya **polizom** denir.

5. Çekirdek (nükleoid)

- Bakterilerdeki çekirdeğe **nükleoid** adı verilmektedir.
- Bakteri hücresinin çekirdeği bir zar ile çevrili değildir. Ayrıca çekirdekçik (nükleolus) de yoktur. Bu nedenle
- Bakteriyel nükleoid uzun, iki iplikçilikli bir tek DNA molekülünden ibarettir.

- Bakteriler **haploid** (tek kromozomlu) oldukları için aseksüel olarak üreme gösterirler. Mitoz ve mayoz bölünmeye bakterilerde rastlanmaz.
- Her bakteride bir adet çekirdek bulunmakla birlikte, üremenin çok hızlı olduğu durumlarda, DNA'nın replikasyonu ile bakteri bölünmesi arasındaki uyum bozulursa, bakterinin iki tane nükleoidi bulunabilir.

Çekirdek bakterideki bütün genetik olayları ve metabolizmayı idare eden bir merkezdir. DNA;

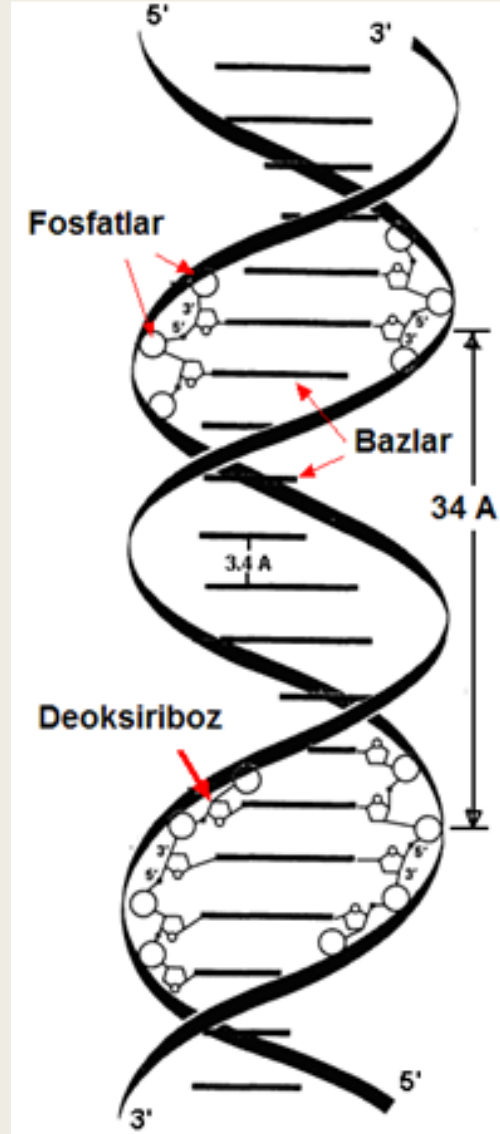
- ✓ bir organizmanın hangi proteinleri ve enzimleri sentezleyebileceğini,
- ✓ organizma tarafından hangi kimyasal reaksiyonların yürütülebileceğini tayin eder.

DNA'nın yapısı

DNA, **deoksiribonükleotidler** olarak adlandırılan yapı taşlarından oluşan, uzun, iki iplikçikli, sarmal şekilli bir moleküldür.

Deoksiribonükleotidler üç kısımdan ibarettir.

1. Deoksiriboz şekeri
2. Azotlu bir baz
3. Fosfat grubu



- Deoksiriboz ve fosfat grubunun ardı ardına sıralanması ile DNA'nın zincir şeklindeki **şeker-fosfat** temel yapısı oluşmaktadır.

- DNA'da 4 adet azotlu baz (adenin, guanin, sitozin, timin) vardır.
- Adenin ve guanin **pürin bazları**; sitozin ve timin ise **pirimidin bazları** olarak bilinmektedir.
- Baz çiftleri merdiven biçimindeki çift sarmalın basamaklarını oluşturmaktadır.

- Her bir bazın karşısında belirli bir baz yer almakta ve bazlar birbirlerine hidrojen köprüleri yardımıyla bağlanmaktadır.
- Adenin timin ile, guanin ise sitozin ile bağlantı yapmaktadır.
- Taksonomik çalışmalarda yararlanılan **DNA homolojisi** tekniğinde; bilinmeyen bakteri DNA sarmalının bir polinükleotid iplikçığı, bilinen bakterilerden ayrı ayrı elde edilen DNA'ların tek polinükleotid iplikçikleri karşılaştırılır ve DNA homologunun % oranına bakılarak akrabalık derecesi saptanır.

DNA replikasyonu:

- Replikasyon, kopyalama işlemidir.
- Bu işlemde, kardeş hücreye aktarılacak yeni bir genom oluşturmak üzere, mevcut DNA model olarak kullanılıp çift iplikçikli DNA parçasının eş kopyası yapılır.

DNA replikasyonu aşamaları:

- a) Çift sarmalın açılması
- b) Karşı iplikçikler arasındaki hidrojen bağlarının kırılmasıyla iplikçiklerin birbirinden ayrılması
- c) Karşıt baz çifti tarafından iki yeni iplikçiğin sentezlenmesi.

- DNA replikasyonunun başlaması için enzimler (DNA helikazlar) aracılığı ile, replikasyon bölgesinden her iki yöne doğru olmak üzere, iki ana iplikçik açılarak düz bir hal alır ve birbirlerinden ayrılır ve iki adet replikasyon kolu oluşur

- Sonuçta, her bir ana iplikçik kendini tamamlayan kopyasının sentezlenmesinde bir model olarak görev görür ve iki eş DNA molekülünün oluşumu sağlanmış olur.

6. Sitoplazmik granüller

Bunlar genellikle depo maddeleridir. Hücre için hayati önem taşımazlar. Enerji ve karbon kaynaklarının deposu görevini yürütürler. En fazla rastlanan sitoplazmik granüller şunlardır:

Volutin granülleri: Bakteri için **enerji** ve **fosfat** kaynağıdır. Hücre fosfata ihtiyaç duyduğunda, buradan kopan fosfatlar metabolizmada iş görürler.

Lipid granülleri: Bakteri için **karbon** ve **enerji** kaynağıdır.

Polisakkarit granülleri: Glikojen ve nişasta tanecikleri halinde bulunan granüllerdir. **Karbon** ve **enerji** kaynağı olarak kullanılırlar.

Sülfür granülleri: En çok anoksijenik menekşe sülfür bakterilerinde görülen oluşumlardır. Sülfür bileşiklerinin oksidasyonu sonucu hücre içinde birikirler. Bazen **enerji** kaynağı olarak, bazen de **hidrojen donörü** olarak metabolizmada rol oynarlar.

7. Pigmentler

Bakteriler tarafından oluşturulan pigmentler kolonilerin renk özelliklerini meydana getirirler. Başlıca iki tipte olurlar:

Fotosentetik olanlar:

Fotosentez yapan bakteri cinslerinde karşılaşılr. Karotinoid, melanin, antosiyanin, kinon, pirol ve fenazin.

Fotosentetik olmayanlar.:

- ✓ Suda eriyebilen pigmentler, bakteri besiyerinde üretildiği zaman ortama geçebilir ve ortama renkli bir görünüm verirler.
- ✓ Suda erimeyen pigmentler bakteri kolonisi içinde kalır ve koloninin renkli görünmesine neden olurlar.

8. Plazmidler

- Birçok bakteri, kendi kromozomlarından ayrı olarak çift iplikçikli, sarmal ve yuvarlak DNA moleküllerine sahiptir, bunlara **plazmid** adı verilmektedir.
- Stoplazmada serbest olarak ya da kromozomla birlikte bulunabilirler.
- Bakteriler antibiyotiklere dirençlerini plazmidler sayesinde kazanırlar.

9. Endospor

- *Bacillaceae* familyasında bulunan bakteriler olumsuz ortam koşullarında (örn., ortamda metabolizma artıklarının birikmesi veya besin maddelerinin azalması ya da çevre koşullarının değişmesi gibi) spor oluştururlar.
- Her hücre sadece bir tek spor yapar. Sporlar hücre içinde oluşur.
- Spor oluşturma bakterilerde bir üreme şekli değildir.

- Sitoplazmik membran ve korteks peptidoglikan yapıdadır.
- Spor kılıfı keratin benzeri protein yapısındadır.
- Ekzosporyum ise lipid ve proteinden oluşmuştur.

Spor oluşumu:

Spor oluşumunun başlangıcında basilin uçlarından birinde veya ortasında **β -hidroksi bütirik asit** birikimi olur. Hücre bu maddeyi enerji ve karbon kaynağı olarak kullanılır.

- Bakteri hücrelerinde, özellikle çekirdek materyalinde, hücrenin bir ucundan diğerine doğru uzama görülür ve çekirdeğin yarısı spor oluşacak bölgeye giderek yerleşir.

- Bunu takiben, hücre membranından içeri doğru karşılıklı olarak ve iki tabakalı bir **septum** uzaması başlar.

- Septum kısa sürede sitoplazmik membrandan ayrılır, çekirdeği ve onunla birlikte bulunan diğer materyalleri sarar.

- Sitoplazmik membranın yeni nükleoid, sitoplazma ve önceki aşamada oluşan **membranı** çevrelemesi ile **ön spor** oluşur

- Bundan sonra spor içeri alınarak olgunlaşır. Ön sporun iç ve dış membranları arasında peptidoglikan tabakası ve kalsiyum dipikolinat gibi maddeler sentezlenir, böylece **korteks tabakası** oluşur.

- Daha sonra korteksin dışında spor kılıfı olarak adlandırılan ve proteinimsi bir yapıya sahip, geçirgen olmayan ikinci bir koruyucu tabaka oluşur. Bazı türlerde ayrıca ekzosporyum denilen bir kat daha meydana gelebilir.

- Son olarak, bakterinin vejetatif parçası yok olur ve endospor açığa çıkar.

Spor oluřtuktan sonra, tekrar **vejetatif basilin** meydana gelebilmesi **üç aşamada** gerçekleřir:

Aktivasyon: evre koşulları ile sıkı sıkıya ilişkilidir. Aktivasyon sırasında sporun dışında bulunan dış membran ve ekzosporyum tahribata uğrar. Su, mineraller ve diğer bazı gıda maddeleri oluşan çatlaklardan içeri girer ve litik enzimleri aktif hale getirirler.

Filizlenme: Korteks kısmında bulunan peptidoglikan parçalanır ve çözülür. spora dışardan fazla su ve mineraller girer. Spor içinde metabolik aktivite artar ve içeriye giren fazla su nedeniyle sporun çapı büyümeye başlar.

Dışarıya doğru gelişme : Spor içinde oluşmaya başlayan vejetatif basilin boyu gittikçe uzar ve erimiş bulunan spor zarlarından dışarıya doğru uzanmaya çalışır. Vejetatif hücre giderek tüm metabolik faaliyetlerine kavuşur.

- Sporlar antibiyotiklere, dezenfektan maddelerin çoğunluğuna, ışınlama, kaynatma, kurutma gibi işlemlere karşı direnç gösterirler.
- Fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanım gösterdikleri için yıllarca canlı kalabilir ve uygun şartlar altında tekrar çoğalabilen “vejetatif hücre” haline geçerler. Bu nedenle gıda endüstrisinde ayrı bir önem taşırlar.

- Sporun bileşiminde %5-20 su, %1-3 kalsiyum ve spor kuru ağırlığının %5-15'i kadar dipikolinik asit
- Sporlanma türlerine göre değişmek üzere (her aşama 30-90 dakika) 5-13 saat arasında tamamlanır.

Bakterilerde Üreme

- Uygun besiyerinde ve uygun koşullar altında mikroorganizmalar, türlerine özgü bir hızda üreme gösterirler.
- Optimal koşulların (pH, ozmotik basınç, oksijen gibi) değişmesi ve besiyerinde toksik metabolik maddelerin birikimi, miktarı az olan besiyerinde üremeyi bir süre sonra baskılar ve durdurur.

- Bakterilerde üreme ortadan bölünme şeklinde olur. Bölünme, yuvarlak şekilli bakterilerde (koklarda) herhangi bir çap yönünde, çubuk şeklindeki bakterilerde ise uzun eksene dik yönde meydana gelir.
- Bu tip üreme şekline aseksüel (eşeysiz) üreme denilmektedir.
- Bölünme iki aşamalı olup, önce çekirdek bölünmektedir.

- Çekirdeğin bölünmesinden sonra asıl bakteri hücresi bölünür. Hücre bölünmesi, hücrenin yan çeperlerinden içeriye doğru ve karşılıklı olarak septum adı verilen bir zarın gelişimi ile başlar.
- Bu oluşuma sitoplazmik zar da katılır ve septum içeri doğru uzayarak hücreyi ortadan iki kardeş hücreye ayırır. Oluşan her iki serbest hücre birbirinden ayrılarak tam bağımsız hale gelebilir ya da birbirlerine bağlı kalarak ikili veya zincir formlarını oluştururlar.

- Bakteri popülasyonunda her bir bölünmeye “generasyon”, bölünme için geçen süreye “generasyon süresi” denilmektedir.
- Bakteriler geometrik tarzda ürer ve katlı bir bölünme gösterirler ($2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5 \dots$)
- Mikroorganizmaların generasyon sayısı (n) ve süresi (g) hesaplanabilir.
- Bunun için, başlangıçtaki mikroorganizma sayısının (a), mikroorganizmanın üremesi için geçen sürenin (t) bu süre sonundaki mikroorganizma sayısının (b) bilinmesi gerekir.

$$n = \frac{\log b - \log a}{\log 2}$$

Generasyon süresi ile generasyon sayısı arasında aşağıda gösterildiği şekilde bir ilişki vardır :

$$n = \frac{t}{g}$$

Her iki n eşitliğinden;

$$\frac{t}{g} = \frac{\log b - \log a}{\log 2} \text{ yazılabilir. Bu eşitlikten de}$$

$$g = \frac{t \times \log 2}{\log b - \log a} \text{ elde edilir.}$$

Örnek : Başlangıçtaki sayısı 10^3 olan bakteri popülasyonu $t = 10$ saat süreyle inkübasyona tabi tutulduktan sonra bakteri sayısı $b = 10^9$ ise, generasyon sayısı (n) ve generasyon süresi (g) aşağıdaki gibidir:

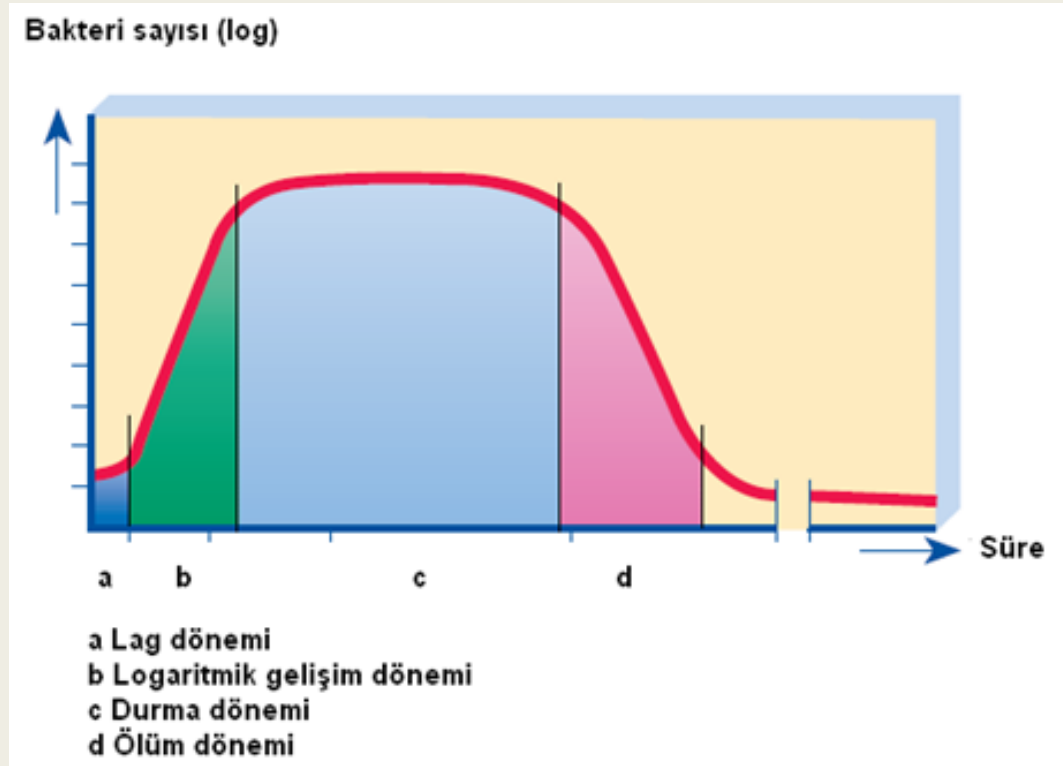
$$n = \frac{\log 10^9 - \log 10^3}{\log 2} = \frac{9 - 3}{0.3} = 20$$

$$g = \frac{10 \times \log 2}{9 - 3} = \frac{10 \times 0.3}{6} = 1/2 \text{ saat}$$

Buna göre, her yarım saatte 1 generasyon olmak üzere, 10 saat sonunda 20 generasyon geçmiş olmaktadır.

Bakterilerin gelişim eğrisi:

Eğer saf bir organizma, uygun bir sıvı besiyerine aşılandıktan sonra, uygun şartlarda ve belirli bir süre inkübasyona tabi tutulursa, aşağıdaki gelişim evrelerinden geçer:



Lag dönemi

- Bu dönem bakteri gelişiminin başlangıç dönemidir. Lag döneminde bakteri kendisini ortama alıştıırır ve üremeye hazırlanır. Bakterinin aktif olarak çoğalabilmesi için yeni ortamına adapte olması gerekir.
- Lag döneminde bakteri hücreleri büyüyebilir, fakat bölünme olmadığı için bakteri sayısı nisbeten sabittir.

Logaritmik gelişme dönemi

- Buldukları ortama uyabilen ve gerekli sentezleri yapan bakteriler ilk birkaç saatte hızla çoğalmaya başlarlar. Çoğalma logaritmik olarak gerçekleştiği için bu döneme logaritmik gelişme dönemi adı verilmiştir.

Durma dönemi

Ortamda

- ✓ toksik metabolizma artıklarının birikmesi
 - ✓ oksijenin azalması
 - ✓ fermente olabilir karbonhidratların parçalanması ile oluşan organik asitlerin ortamın pH değerini düşürmesi
- gibi nedenlerle üreme giderek yavaşlar.

- Yeni oluşan hücre sayısı kadar yaşlı hücre ölümü meydana gelir. Bu nedenle, belirli aralıklarla yapılan sayımlarda hücre sayılarının aynı kaldığı görülür. Üreme eğrisinde bu dönem düz ya da düze yakın bir çizgi halinde gösterilmektedir.

Ölüm dönemi

- Bu dönemde yeni hücrelerin oluşumu azalır ve var olan bakteri hücreleri ölür. Bakterilerin hepsinin ölmemesi, bir kısmının canlılıklarını koruması nedeniyle üreme eğrisi sıfıra ulaşmaz.
- Bakterilerin tamamen yok olması türlere bağlı olarak değişir. Örn., *Str. pneumoniae* iki-üç gün içinde ölürken, *M. tuberculosis* aylar sonra ölmektedir.