

DNA'nın yapısı

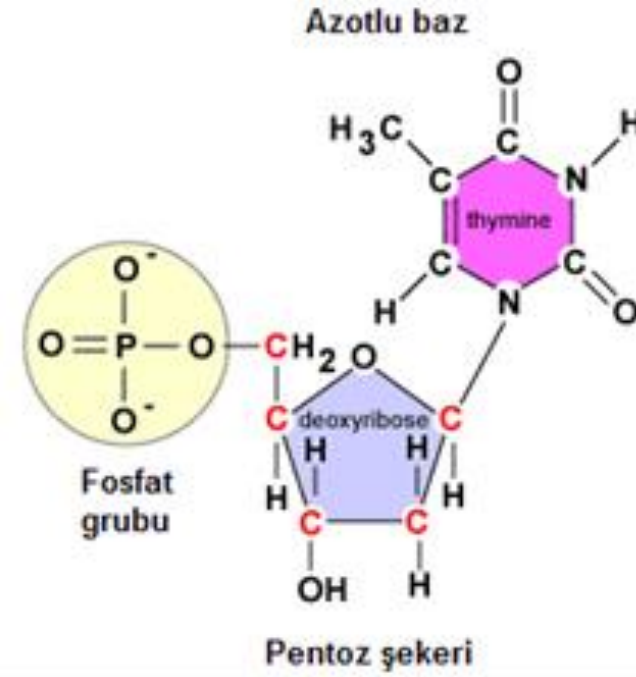
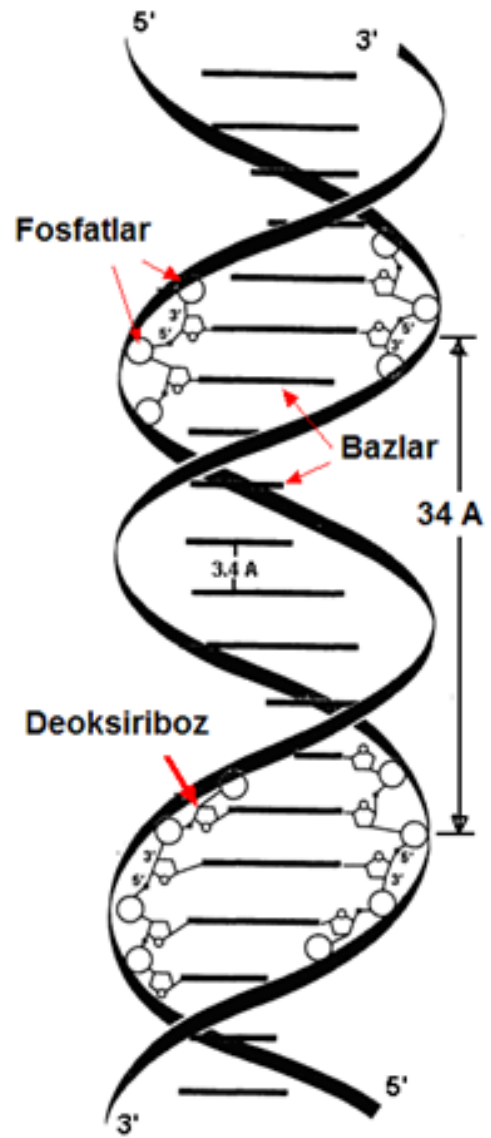
DNA, deoksiribonükleotidler olarak adlandırılan yapı taşlarından oluşan, uzun, iki iplikçikli, sarmal şekilli bir moleküldür.

Deoksiribonükleotidler üç kısımdan ibarettir.

a)deoksiriboz şekeri, b) azotlu bir baz c) 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 vardır: adenin, guanin, sitozin, timin. Adenin ve guanin pürin bazları; sitozin ve timin ise pirimidin bazları olarak bilinmektedir. Baz çiftleri merdiven biçimindeki çift sarmalın basamaklarını oluşturmaktadır.



Şekil 3.19. DNA çift sarmalı (a) ve bir deoksiribonükleotidin yapısı (b)

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.

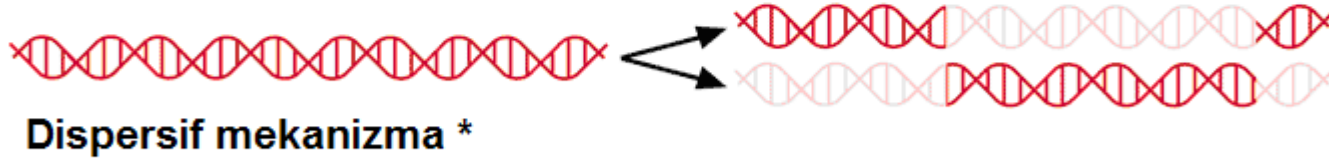
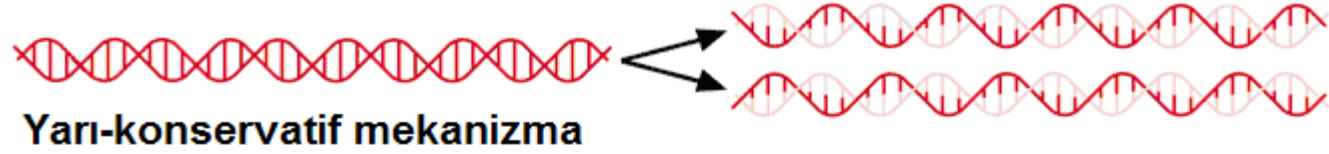
Çift sarmalın birbirinden ayrılması ve yeni DNA'nın oluşum mekanizmasını açıklamak üzere üç hipotez ortaya atılmıştır:



a- konservatif mekanizma

b- dispersif mekanizma

c-yarı-konservatif mekanizma

Yapılan alışmalar sonucunda, DNA'nın replikasyonunda kesinlikle yarı-konservatif mekanizmanın geçerli olduğu kanıtlanmıştır.



 Yeni sentezlenen iplikçik
 Orijinal, model iplikçik

* Geçerli olmadığı kanıtlanmıştır

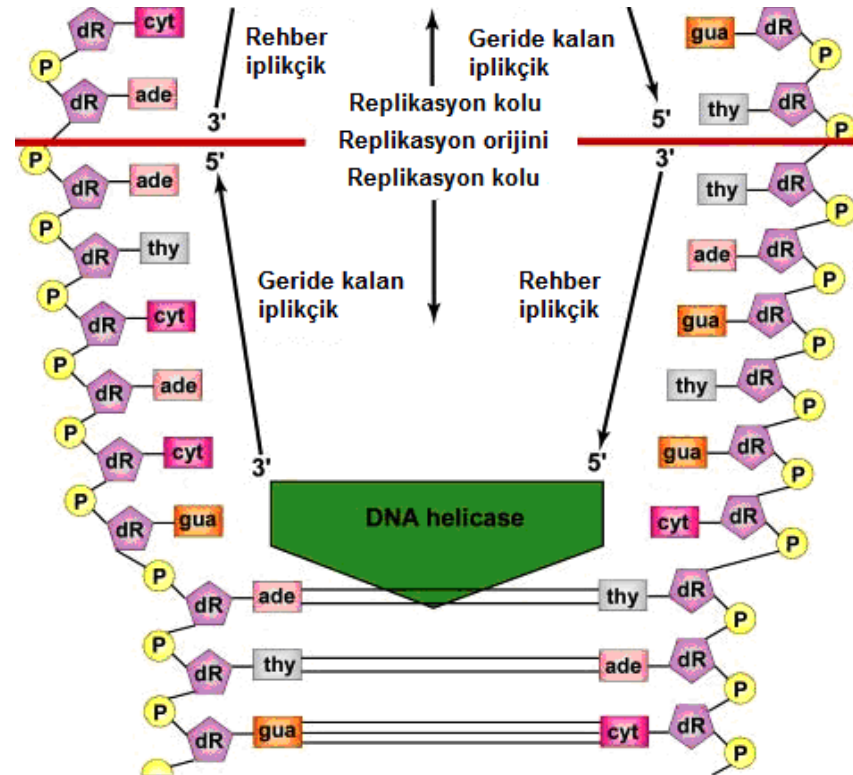
şekil 3.22. DNA'nın üç mekanizmaya göre replikasyonu

Genel olarak, 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 DNA helikazları enzimler 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

- Sarmal stabilitesi bozulan proteinler, replikasyon sırasında kol içerisinde tek iplikçikli bölgeye bağlanırlar, böylece birbirlerinden ayrılan iki iplikçiğin yeniden birleşmesini önlerler. **Topoizomerazlar** olarak adlandırılan enzimler DNA'da önce kopmalara yol açar ve daha sonra, replikasyon sırasında sarmal moleküldeki basıncı hafifletmek üzere, onları yeniden birleştirirler.



İplikçikler tüm DNA molekülü etrafında açılmayı sürdürür ve her iki yönde birbirlerinden ayrılırlarken, serbest haldeki DNA nükleotidleri hidrojen bağlantısı yaparak her bir ana iplikçikteki nükleotidlere bağlanırlar, böylece yeni tamamlayıcı iplikçikler üretilmiş olur.

Yeni nükleotidler hidrojen bağlantıları yoluyla her bir ana iplikçiğin karşısında sıralanırken, DNA polimeraz enzimleri de nükleotidleri fosfodiester bağları yardımıyla birleştirir

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

Tamamlayıcı baz çiftleri aracılığı ile sıraya dizilen nükleotidler;

- azotlu bir baz,
- deoksiriboz ve
- üç molekül fosfattan ibarettir.

Fosfat moleküllerinden iki tanesi yeni nükleotidin 5. karbon atomundaki fosfat grubu ile DNA iplikçisindeki son nükleotidin hidroksil grubu arasında fosfodiester bağı oluşumu sırasında, bağlanma için gereken enerjiyi sağlamak üzere ayrılır.

Sitoplazmik granüller

Genellikle depo maddeleridir. Hücre için hayati önem taşımazlar. Enerji ve karbon kaynaklarının deposu görevini yürütürler. En fazla rastlanan sitoplazmik granüller;

- **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. Bileşimi β -hidroksi bütirik asitten oluşmuştur. Aç bırakılan hücreler önce bu yağ benzeri maddeleri tüketirler.

- **Polisakkarit granülleri:** Glikojen (amilopektin benzeri bir madde) ve nişasta tanecikleri halinde bulunan granüllerdir. Karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılırlar.
- **Sülfür granülleri:** En çok anoksijenik menekşe sülfür bakterilerinde görülen oluşumlardır. Hidrojen sülfürün veya diğer inorganik redükte formdaki sülfür bileşiklerinin oksidasyonu sonucu hücre içinde birikirler. Bazen enerji kaynağı olarak, bazen de hidrojen donörü olarak metabolizmada rol oynarlar.

Pigmentler

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

- **Fotosentetik olanlar.** Fotosentez yapan bakteri cinslerinde karşılaşılr. Yapılarına göre bu pigmentler: karotinoid, melanin, antosiyanin, kinon, pirol ve fenazin.
- **Fotosentetik olmayanlar.** Suda erimeyen ve suda eriyebilen olmak üzere iki tipi vardır. Suda erimeyen pigmentler bakteri kolonisi içinde kalır ve koloninin renkli görünmesine neden olurlar. Suda eriyebilen pigmentler, bakteri sıvı veya katı besiyerlerinde üretildiği zaman ortama geçebilir ve ortama renkli bir görünüm verirler.

Plazmidler

Bir çok bakteri, kendi kromozomlarından ayrı olarak çift iplikçikli, sarmal ve yuvarlak DNA moleküllerine sahiptir, bunlara **plazmid** adı verilmektedir. Plazmidlerde 5-10 arasında gen bulunur.

Antibiyotik karşı direnç ve birçok özelliklerini plazmid kazandırır.

Endospor

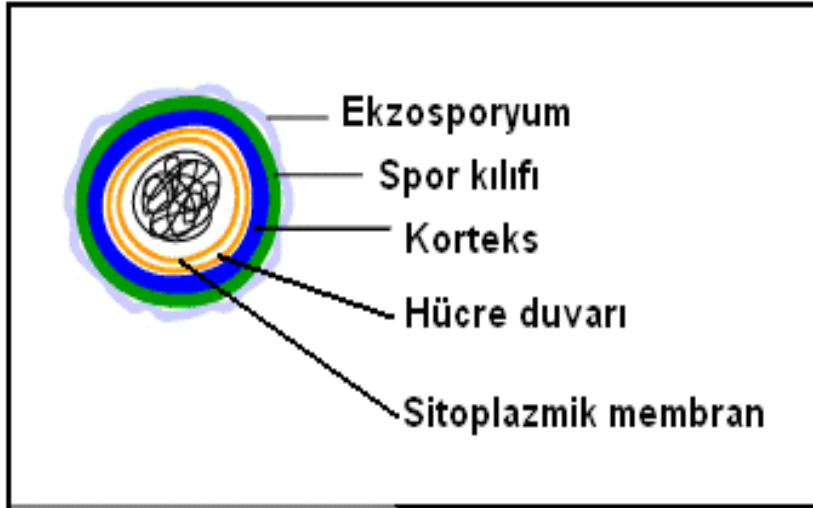
Bacillaceae familyasında bulunan bakteriler olumsuz ortam koşullarında (metabolizma artıklarının birikmesi, besin maddelerinin azalması, çevre koşullarının değişmesi gibi) spor oluştururlar.

Her hücre sadece bir tek spor yapar. Sporlar hücre içinde oluşur.

Spor oluşturma bakterilerde bir üreme şekli değildir.

Bir sporda en içte sitoplazma yer alır, onun etrafında sırasıyla şu tabakalar bulunur:

- Spor sitoplazmik membranı
- Spor hücre duvarı
- Korteks (spor kabuğu)
- Spor kılıfı veya dış membran (iç spor kılıfı ve dış spor kılıfı olmak üzere iki katlıdır)
- Ekzosporyum



Şekil 3.27. Bir bakteri sporunun yapısı

- Sitoplazmik membran ve korteks peptidoglikan yapıdadır.
- Korteks gevşek, kalın ve konsentrik katmanlı bir tabakadadır.
- Spor kılıfı keratin benzeri protein yapısındadır.
- Ekzosporyum ise lipid ve proteinden oluşmuştur.

Sporun bileşiminde :

%5-20 su,

%1-3 kalsiyum

spor kuru ağırlığının %5-15'i kadar dipikolinik asit

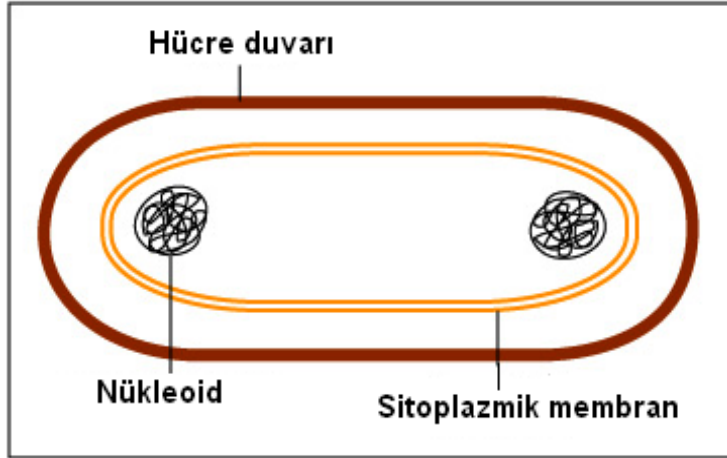
Sporlar antibiyotiklere, dezenfektan maddelerin çoğunluğuna ve ışınlama, kaynatma, kurutma gibi işlemlere karşı direnç gösterirler.

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.

- Spor oluşumu;

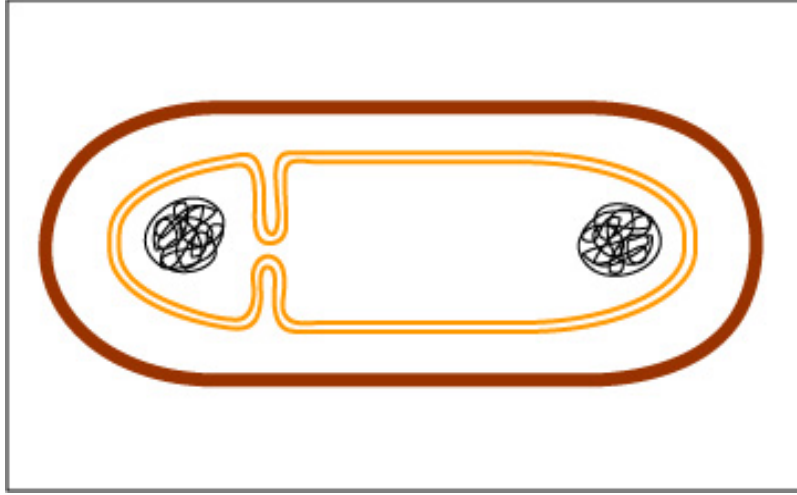
Spor oluşumunun başlangıcında basilin uçlarından birinde veya ortasında β -hidroksi bütirik asit birikimi olur. Hücre bu maddeyi enerji ve karbon kaynağı olarak kullanılır.

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



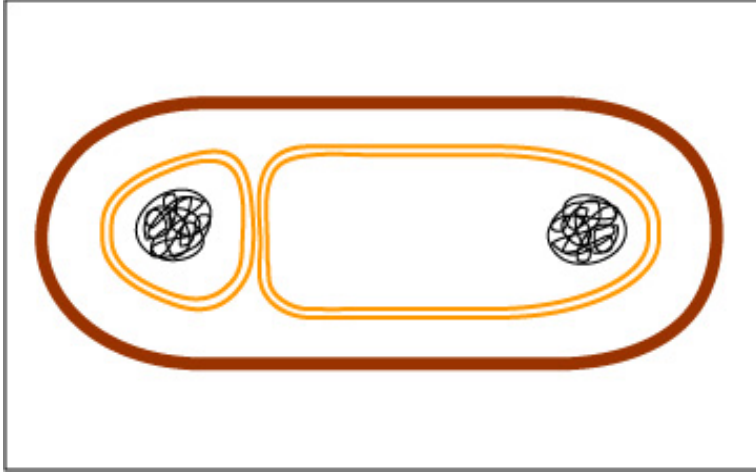
1. aşama: Endospor oluşturma siklusüne girmek üzere olan vejetatif bakteri

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



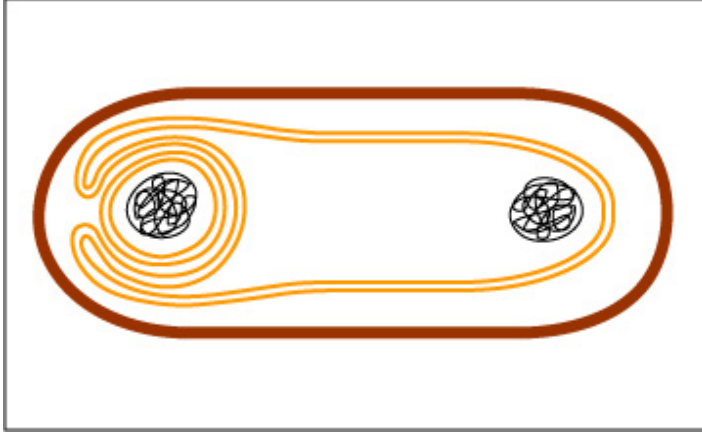
2. aşama: Spor septum oluşumu

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

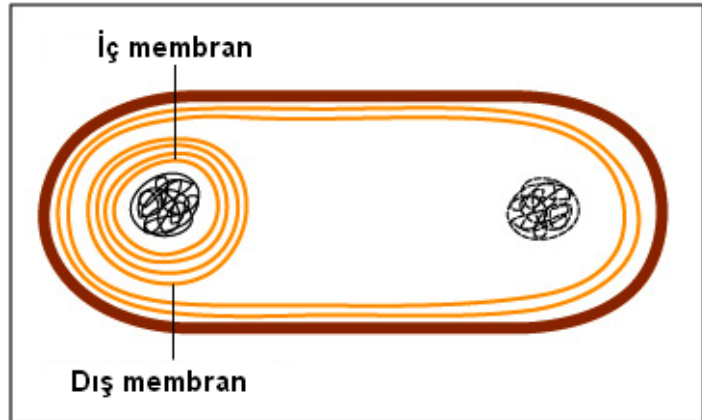


3. aşama: Her bir nükleoidin kendi sitoplazmik membranı tarafından çevrelenmesi

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

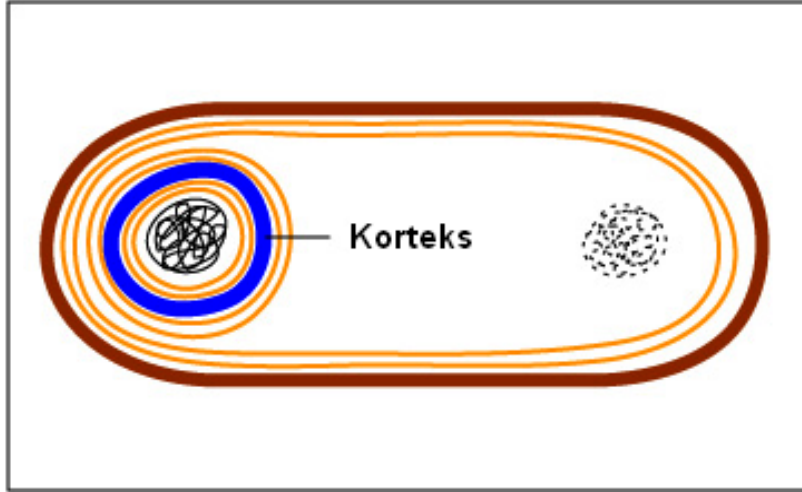


4. aşama: Ön spor oluşumu



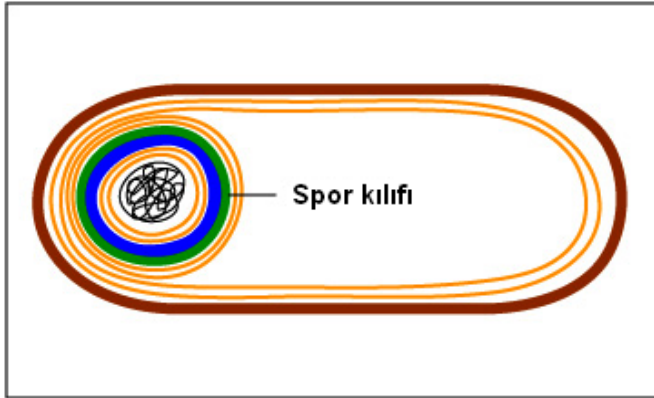
5. aşama: Ön sporun olgunlaşması ve diğer DNA molekülünün giderek yok olması

- 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.

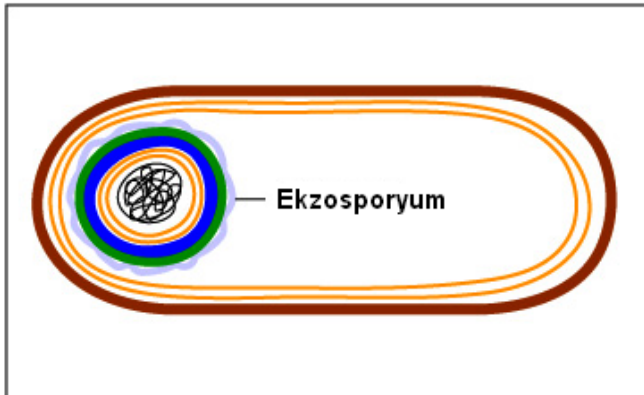


6. aşama: Ön sporun iç ve dış membranları arasında korteks tabakası oluşumu

- 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.

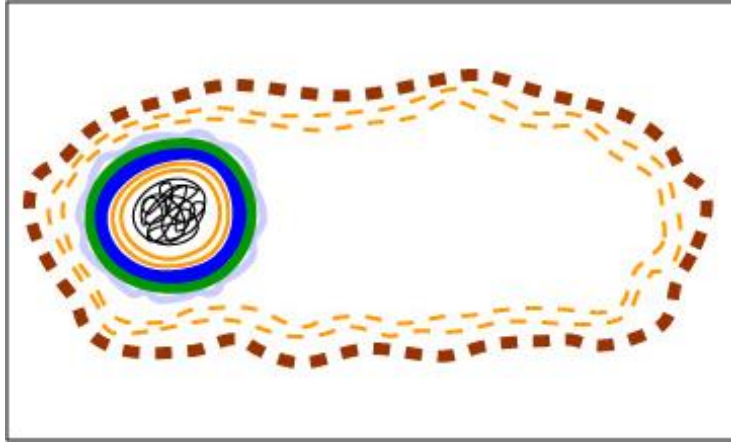


7. aşama: Spor kılıfı olarak adlandırılan, protein tabiatındaki ikinci koruyucu tabakanın oluşumu



8. aşama: Ekzosporyum oluşumu

- Son olarak, bakterinin vejetatif parçası yok olur ve endospor açığa çıkar.
- Sporlanmada her aşama, türlere göre değişmek üzere 30-90 dakika, tüm sporlanma süresi ise 5-13 saat arasında değişir.



9. aşama: Endosporun açığa çıkması

Spor oluştuktan sonra, tekrar **vejetatif basilin** meydana gelebilmesi **üç aşamada** gerçekteşir:

➤ **Aktivasyon:** Çevre 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 çözüdür. 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.

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.

- Koklar üreyecekleri zaman önce biraz uzar, daha sonra herhangi bir çap yönünde bölünürler.
- Çubuk bakterilerde ise önce hücrenin ortasından içeriye doğru bir girinti oluşur ve bunu takiben hücre ikiye bölünür.

Bu tip üreme şekline **aseksüel (eşeysiz) üreme** denilmektedir.

Bununla birlikte, *E.coli*'nin bazı mutantlarında erkek ve dişi hücrelerin bulunduğu ve konjugasyon sonucunda erkek hücreye ait genetik materyalin dişi hücreye geçtiği saptanmıştır. Bu olaya **“rekombinasyon”** adı verilmektedir.

- Bölünme iki aşamalı olup, önce çekirdek bölünmektedir.
- Bölünme başlamadan önce, bakteri, iki kardeş hücreye yetecek ölçüde, enzimleri ve diğer gerekli organik ve inorganik maddeleri hazırlar ve biriktirir.
- Bu süreç içerisinde toplu halde bulunan DNA orta bölgede uzamaya başlar, sitoplazmik zardaki özel yere (olasılıkla mezozoma) bağlanır ve replikasyon başlar.

- 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 populasyonunda her bir bölünmeye “**generasyon**”, bölünme için geçen süreye “**generasyon süresi**” denilmektedir.

Bakteriler geometrik tarzda ürer ve katlı bir bölünme gösterirler, örneğin;

1, 2, 4, 8, 16, 32 vb. ya da 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 , 2^4 , 2^5 vb.

Mikroorganizmaların generasyon sayısı (n) ve süresi (g) hesaplanabilir.

a= başlangıçtaki mikroorganizma sayısını

t= mikroorganizmanın üremesi için geçen süre

b= bu süre sonundaki mikroorganizma sayısı
bilinmesi gerekir.

b = a x 2ⁿ olduğuna göre

(2ⁿ = n generasyon sonundaki bakteri sayısı)

log b = log a + n log 2 olur. Buradan da,

$$n = \frac{\log b - \log a}{\log 2} \text{ eşitliği elde edilir.}$$

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

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

Her iki n eşitliğinden;

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

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

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:

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

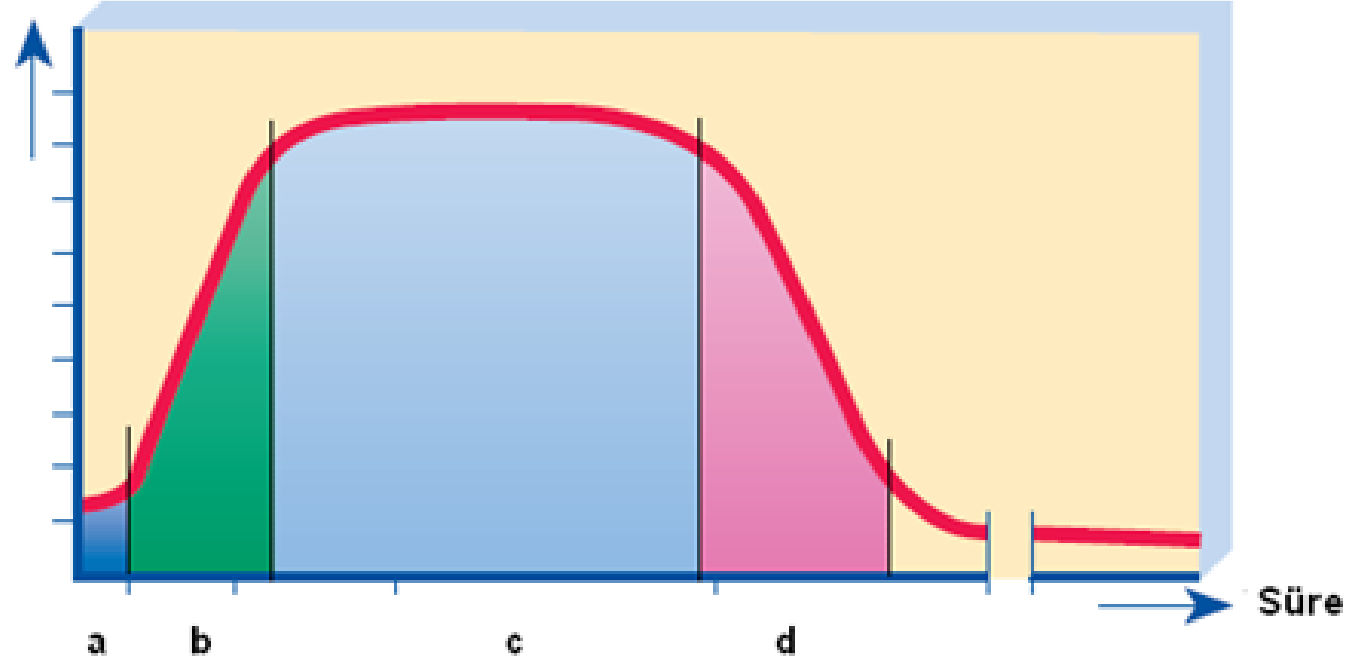
$$g = \frac{10 \times \log 2}{9 - 3} = \frac{10 \times 0.3}{6} = 1/2 \text{ saat}$$

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:

Bakteri sayısı (log)



- a Lag dönemi
- b Logaritmik gelişim dönemi
- c Durma dönemi
- d Ölüm dönemi

Lag dönemi

Bu dönem bakteri gelişiminin başlangıç dönemidir. Lag döneminde bakteri kendisini ortama alıştırır ve remeye hazırlanır. Bakterinin aktif olarak çoğalabilmesi için yeni ortamına adapte olması gerekir.

Lag döneminde bakteri hücreleri büyüyebilir, fakat bölünme olmadığı için bakteri sayısı nisbeten sabittir.

2. 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.

Logaritmik gelişme dönemindeki kültürler, belirli zaman aralıklarında sayıma tabi tutulurlarsa, üreme eğrisi düz veya dik bir durum gösterir. Bu dönemde mikroorganizmalar birçok özellikleri bakımından bir örneklik (homojenite) gösterirler.

3. Durma dönemi

Logaritmik dönemdeki çoğalma sonsuz değildir. 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.

4. 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, *E.coli* biraz daha uzun bir sürede, *M.tuberculosis* aylar sonra ölmektedir.