

## DNA EŞLENMESİ (REPLİKASYON)

### 12. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

#### 12.1.1.4. DNA'nın kendini eşlemesini açıklar.

- a. Helikaz, DNA polimeraz ve DNA ligaz dışındaki enzimler verilmez.  
b. Aziz Sancar'ın biyoloji bilimine katkısı, vatanseverliği ve bir bilim insanının genel özellikleri bağlamında şahsına vurgu yapılan bir okuma parçası verilir.

#### DNA EŞLENMESİ (REPLİKASYON)

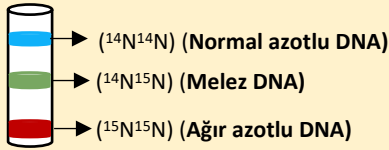
- DNA molekülü, her hücre bölünmesi öncesinde kendisini eşleyerek kalıtsal bilginin yavru hücrelere eşit miktarda aktarılmasını sağlar.  
-DNA eşlenmesinin nasıl gerçekleştiğini ispatlamak için 1958 yılında Matthew Meselson (Methiv Meselsin, 1930- ) ve Franklin Stahl (Franklin Sital, 1929- ) tarafından deneyler yapılarak farklı modeller test edilmiştir. Sonuçta DNA'nın her iki ipliğinin de kendisini eşleyerek yeni birer iplik oluşturduğu "yarı korunumlu (semikonservatif) eşlenme" modelinin doğruluğu ispatlanmıştır.  
- Meselson ve Stahl, bakterilerin gelişme ortamlarına azotun izotopunu ekleyerek deneylerini yaptılar.

#### NOT:

İzotop: Atom veya proton numaraları aynı kütle numaraları farklı elementlere denir. Örneğin  $^{14}\text{N}$  ve  $^{15}\text{N}$  birbirinin izotopudur.

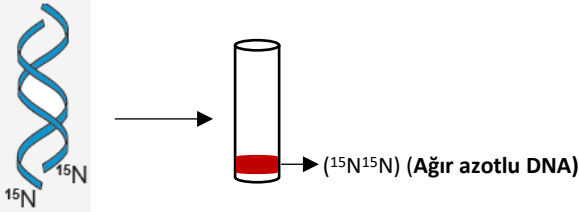
#### NOT:

- Bir DNA'nın her iki ipliğindeki azotların kütle numaraları 14 olursa ( $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ ) buna **normal azotlu DNA** denir.  
-Her iki ipliğindeki azotların kütle numaraları 15 olursa ( $^{15}\text{N}^{15}\text{N}$ ) buna **ağır azotlu DNA** denir.  
-Eğer bir zincirdeki azotun kütle numarası 14 diğer zincirdeki azotun kütle numarası 15 olursa buna da **melez DNA** denir.  
-Bu DNA'lar, santrifüj edildiğinde deney tüpünde farklı bantlaşmalar gösterirler. Ağır DNA'lar dibeye çöker, melez DNA'lar ortada, hafif DNA'lar ise en üstte bantlaşma gösterirler.

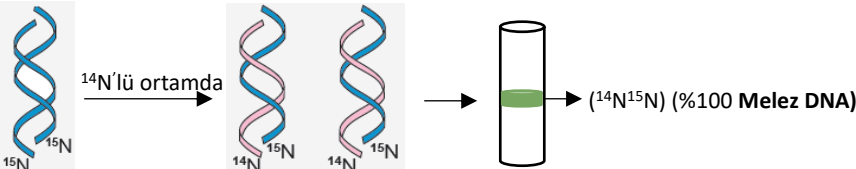


#### -Meselson ve Stahl, tarafından yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

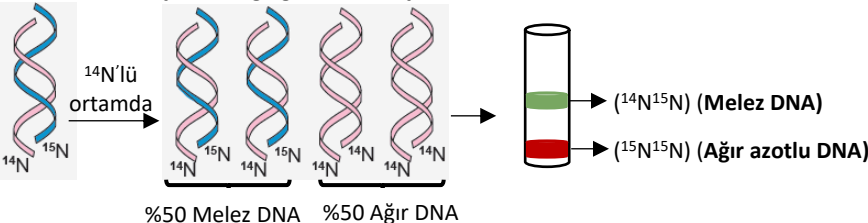
- a) Meselson ve Stahl tarafından E. coli bakterileri azotun ağır izotopu olan  $^{15}\text{N}$  içeren kültür ortamında birçok nesil boyunca üretilmiştir. Nesiller sonra ortamdaki bakteri DNA'larının  $^{15}\text{N}$  izotopunu taşıdığı gözlemlenmiştir. Bu bakterilerin DNA'ları ayrıştırılıp santrifüjlendiğinde DNA'ların tüpün dip kısmında bir bant oluşturacak şekilde toplandığı görülmüştür.



- b) DNA'larında  $^{15}\text{N}$  bulunan bakteriler,  $^{14}\text{N}$  izotoplu azotun bulunduğu ortama bırakılmıştır. Birinci üreme sonucunda bakteri DNA'ları ayrıştırılıp santrifüjlendiğinde deney tüpünün orta kısmında bir bantlaşma olduğu gözlemlenmiştir. Orta kısımda bantlaşmanın nedeni birinci bölünme sonucu meydana gelen bakteri DNA'larının %50  $^{15}\text{N}$ , %50  $^{14}\text{N}$  (%100 melez) taşımasıdır.



- c) İkinci üreme sonunda santrifüj edildiklerinde ise oluşan bakteri DNA'larının %50'sinin melez ( $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ ) olduğu, %50'sinin normal azot ( $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ ) içerdiği, bu nedenle de hem ortada hem üstte bantlaşma olduğu gözlemlenmiştir.



#### SORU 1. (2017-LYS2/BİY)

DNA'nın replikasyonu ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Replikasyon sırasında DNA'nın iki iplikçiği de kalıp olarak kullanılır.  
B) Replikasyon sonucunda hücredeki DNA miktarı başlangıçtaki iki katına çıkar.  
C) Replikasyonda DNA polimeraz enzimi helikaz enziminden önce görev alır.  
D) DNA polimeraz enzimi, DNA ipliğinin karşısına, doğru bazların getirilmesinden sorumludur.  
E) Helikaz enzimi replikasyona uğrayacak DNA'nın iki iplikçiği arasındaki hidrojen bağlarını koparır.

#### SORU 2. (1996 ÖSS)

Hücrede DNA'nın kendini doğru eşleyebilmesi için, C, H, O, N ve P elementlerinin de kullanıldığı,

- I. Deoksiribozların sentezlenmesi  
II. Organik bazların sentezlenmesi  
III. Nükleotitlerin sentezlenmesi  
IV. Fosfatların nükleotitleri bağlaması  
V. Nükleotitlerin hidrojen köprüsüyle üç boyutlu yapıyı kazanması  
gibi bazı metabolik olaylar gerçekleşir. Bunlardan azotun kullanıldığı ilk metabolik olay ve DNA'nın işlerlik kazandığı olay aşağıdakilerden hangisinde birlikte verilmiştir?

- A) I ve IV B) II ve III C) II ve V  
D) III ve IV E) III ve V

SORU 3. Melez DNA içeren bir bakteri bir kez ağır azotlu ( $^{15}\text{N}$ ) ortamda bölündükten sonra bir kez de normal azotlu ( $^{14}\text{N}$ ) ortamda bölünür.

Bölünme sonunda ortamda, azot akımından,

I. Ağır, II. Normal, III. Melez DNA'ya sahi bakterilerin bulunma oranları hangisinde doğru olarak verilmiştir?

	I	II	III
A)	1/4	2/4	1/4
B)	2/4	1/4	1/4
C)	1/4	1/4	2/4
D)	2/4	0	2/4
E)	0	1/4	3/4

#### SORU 4. (1995 ÖSS)

Aşağıdakilerden hangisi DNA'nın kendini doğru olarak eşlediğine karar verebilmek için yeterli kanıt sağlar?

- A) Nükleotitlerin yapısı  
B) Organik bazların dizilişi  
C) Deoksiribozların yapısı  
D) Zayıf bağların dizilişi  
E) Fosfat bağlarının dizilişi

SORU 5. Bir bakteri hücresinin bölünmesi sırasında DNA kendini eşlerken,

I. Deoksiriboz II. Sitozin III. Fosfat IV. Timin gibi moleküllerin hangilerini eşit miktarda kullanır?

- A) I-III B) II-IV C) III-IV  
D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

**SONUÇ:** Çalışmaların sonucunda DNA'nın bir ipliği aynen korunurken diğer ipliği yeniden sentezlenmiştir. Bunun sonucu DNA kendisini "yarı korunumlu" olarak eşler denilmiştir.

**NOT:**

Radyoaktif azotlu ( $^{15}\text{N}$ 'li) bir DNA'nın normal azotlu ( $^{14}\text{N}$ ) ortamda veya normal azotlu ( $^{14}\text{N}$ ) bir DNA'nın radyoaktif azotlu ( $^{15}\text{N}$ 'li) ortamda birkaç kez eşlenmesi soruluyorsa, DNA'nın yarı korunumlu olarak eşlendiği dikkate alınır. Bu durumda bu DNA kaç kez eşlenirse eşlenir; isterse 200 DNA oluşsun bu DNA'lardan ikisi melez geriye kalanlar ise ortam azotunu taşıyan DNA'lar olacaktır.

**DNA eşlenmesinin önemi:**

- Hücrenin bölünmesini sağlar.
- Kalıtsal özelliklerin yeni hücrelere aktarılmasını sağlar.
- Çok hücreli bir organizmanın tüm vücut hücrelerinin aynı genetik bilgiye sahip olmasını sağlar.
- Üremeyle kalıtsal özelliklerin oğul döllere aktarılmasını sağlar.
- Bazı organellerin (mitokondri ve kloroplast) hücre içinde çoğalmasında sağlar.

**DNA EŞLENME MEKANİZMASI**

- DNA eşlenmesinin başladığı özel bölgelere **replikasyon orijini** adı verilir.

**NOT:**

-Prokaryotlarda çembersel DNA da bir başlangıç ve bir bitiş noktası, ökaryotik hücrede ise çok sayıda başlangıç ve bitiş noktaları vardır.

**Programda belirtilmiş DNA replikasyonunda görev yapan enzimler ve görevleri:**

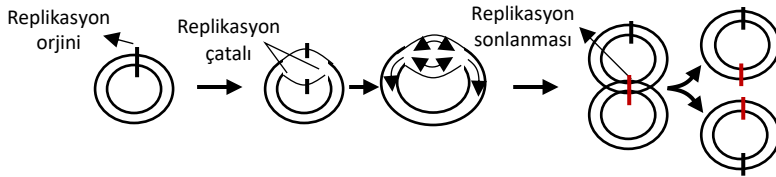
**Helikaz:** DNA çift sarmalını replikasyon orijinleri bölgelerinden iki kolu tersine büküp açan enzim.

**DNA polimeraz:** Açılan DNA zincirlerini kalıp olarak kullanarak yeni DNA zincirinin oluşumunu sağlayan enzim.

**DNA ligaz:** DNA parçalarını birleştiren (yapıştırıcı) enzim.

**Prokaryotlarda DNA replikasyonu**

-Prokaryotlarda DNA çembersel olduğu için bir noktadan başlayan replikasyon, iki yönde ve her iki iplikte birden devam ederek DNA tamamen kopyalanıncaya kadar sürer.



**Şekil: Prokaryotlarda DNA replikasyonu**

**NOT:**

DNA eşlenmesini sitoplazmada gerçekleştiren bir hücre kesinlikle prokaryot yapısına sahip bir hücredir. Çünkü ökaryotik hücrelerin sitoplazmasında DNA yoktur.

**Ökaryotlarda DNA replikasyonu**

-Ökaryotların DNA'ları doğrusaldır ve çok daha uzundur. Ökaryot DNA'larında replikasyon sırasında yüzlerce replikasyon orijini oluşur. **Böylece DNA eşlenmesi daha kısa sürede tamamlanır.**

-DNA eşlenmesi sırasında **helikaz** adı verilen enzim, çift sarmalın replikasyon orijinleri bölgelerine gelerek iki kolu tersine büküp açar. Arkasından **DNA polimeraz** enzimi, ayrılmış olan her DNA ipliğinin karşısına uygun yeni nükleotitleri sıralayarak kalıp DNA ipliklerine uygun birer DNA ipliği daha oluşmasını sağlar.

-Sentezlenen yeni iplikler farklı şekillerde uzar. **DNA polimeraz** enzimi, uzayan bir ipliğin sadece **3' ucundaki nükleotidin karşısına yeni nükleotit ekleyebilir.**

Bunun için DNA replikasyonu, 5' → 3' yönünde ilerler; Kalıp olarak görev gören zincir 3' → 5' yönünde okunur. 3' → 5' yönünde uzanan kalıp ipliğin karşısına gelecek olan yeni iplik, 5' ucundan 3' ucuna doğru kesintisiz olarak sentezlenir.

-Diğer kalıp DNA ipliği ise 5' → 3' yönünde uzanır. Bu nedenle karşısındaki ipliğin kesintisiz bir şekilde sentezlenmesi mümkün olmaz. Replikasyon çatalı açıldıkça yeni iplik, 5' ucundan 3' ucuna doğru uzanan parçalar hâlinde sentezlenir. Oluşan parçaların bir süre sonra **ligaz enzimi** ile birbirine bağlanmasıyla kesintisiz bir iplik oluşur.

-Bu durumda yeni sentezlenen ipliklerden biri, ileriye doğru kesintisiz bir şekilde sentezlenirken diğeri parçalar hâlinde geriye doğru sentezlenmiş olur. Bu parçalara **Okazaki parçaları** adı verilmiştir

**NOT:**

DNA replikasyonu (sentezi), 5' → 3' yönünde ilerler. Çünkü DNA polimeraz enzimi, uzayan bir ipliğin sadece 3' ucundaki nükleotidin karşısına yeni nükleotit ekleyebilir. Kalıp zincir 3' → 5' yönünde okunur.

**SORU 6. DNA'nın kendini eşlemesi sırasında,**

- I. ATP
  - II. Helikaz
  - III. Ribonükleotid
- moleküllerinden hangileri harcanır?**
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III  
D) I ve II E) I, II ve III

**SORU 7. Ökaryot bir hücrede,**

- I. DNA'nın kendini eşlemesi
  - II. mRNA sentezi
  - III. tRNA sentezi
- olaylarından sitoplazma içerisinde gerçekleşmeyenlerin tamamı hangi seçenekte verilmiştir?**
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III  
D) II ve III E) I, II ve III

**SORU 8. Replikasyon sırasında gerçekleşen aşağıdaki olaylardan hangisi son olarak gerçekleşir?**

- A) Azotlu organik bazların sentezlenmesi
- B) Azotlu organik bazlara pentoz şekerinin bağlanması
- C) Nükleotidler arasında fosfodiester bağlarının kurulması
- D) Nükleotidlerin hidrojen bağlarıyla birbirine bağlanması ve üç boyutlu yapı kazanması
- E) Kendisini eşleyecek DNA iki ipliğinin birbirinden ayrılması

**SORU 9. Normal ( $^{14}\text{N}$ ) azot atomlarına sahip DNA taşıyan bir bakteri, ağır ( $^{15}\text{N}$ ) azot atomları bulunan bir besi ortamında üç nesil çoğaltılıyor. Üçüncü nesilde oluşan bakteriler ile ilgili olarak;**

- I. Melez DNA'ya sahip bakterilerin, ağır DNA'ya sahip bakterilere oranı 1/3' tür.
  - II. Normal azot atomu bulunduran DNA ipliklerinin, ağır azot atomu bulunduran DNA ipliklerine oranı 1/7'dir.
  - III. DNA'sında sadece normal azot bulunduran bakteri oluşmaz.
- ifadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II  
D) II ve III E) I, II, ve III

**CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ**

**1.** Önce helikaz DNA çift zincirini bir arada tutan zayıf hidrojen bağlarını yıkararak açar. Daha sonra açılan zincirler kalıp olarak kullanılarak DNA polimeraz aracılığıyla yeni zincirler oluşturulur.

**Cevap: C**

**2.** Azotun ilk kullanıldığı olay organik bazların sentezlenmesidir. DNA'nın işlerlik kazandığı olay DNA eşlenmesinde en son gerçekleşen nükleotitlerin hidrojen köprüsüyle üç boyutlu yapıyı kazanmasıdır.

**Cevap: C**

**3.** Melez bakteri ağır azotlu ortamda bir kez eşlenirse;

$^{14}\text{N}^{15}\text{N}$   
 $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$   $^{15}\text{N}^{15}\text{N}$

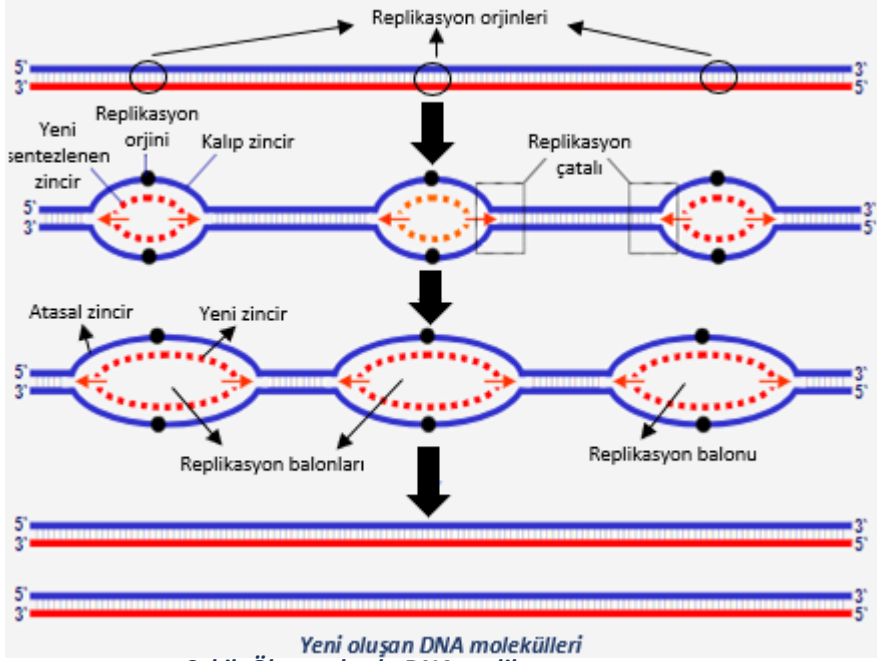
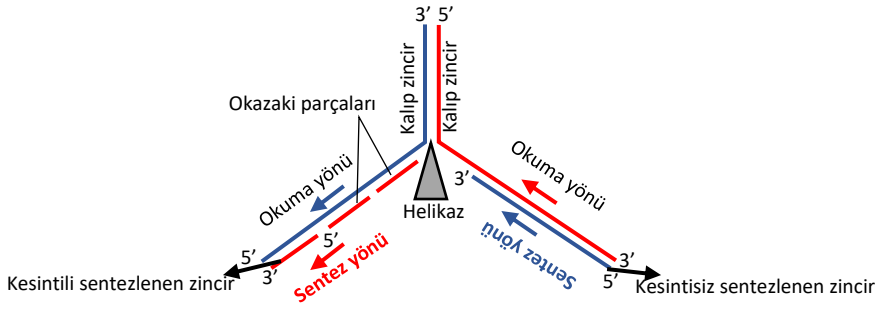
**Bunlar normal azotlu ortamda eşlenirse**

$^{14}\text{N}^{14}\text{N}$   $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$   $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$   $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$

**Oluşan DNA'lar; 0: Ağır DNA ( $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ )**

**1/4: Normal DNA ( $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ )**

**Cevap: E 3/4: Melez DNA ( $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ )**



Yeni oluşan DNA molekülleri  
Şekil: Ökaryotlarda DNA replikasyonu

4. DNA eşlenirken Adenin karşısına Timin, Guanin karşısına Sitozin bazları gelmelidir. DNA'nın kendini doğru eşleyip eşlemediği bu baz eşleşmelerine bakılarak anlaşılır.

**Cevap: B**

5. DNA'da Timin, Guanin eşitliği yoktur. Ancak fosfat sayısı, deoksiriboz sayısına eşittir.

**Cevap: A**

6. DNA eşlenmesi dehidrasyon olayıdır. ATP harcanır. Helikaz, eşlenme sırasında çift zinciri açan enzimdir. Enzimler tekrar tekrar kullanılır. Harcanmaz. Ribonükleotit RNA'da bulunur. DNA'da bulunmaz. Harcanmaz.

**Cevap: A**

7. Ökaryot bir hücrenin sitoplazmasında DNA bulunmaz. RNA'ların hepsi DNA tarafından sentezlendiğine göre verilenlerden hiç birisi sitoplazmada gerçekleşmez.

**Cevap: E**

8. Nükleotitlerin hidrojen bağlarıyla birbirine bağlanması ve üç boyutlu yapı kazanması en son gerçekleşen olaydır.

**Cevap: D**

9. Bölünmeler sonucu 8 DNA oluşur. Bunlardan 2'si melez 6'sı ağır DNA olacaktır.  $2/6=1/3$  I. öncül doğru.

$-8 \times 2=16$  iplik oluşur. Bunlardan başlangıçtaki 2 iplik normal azot içerir. Diğerleri ağır azot içerir. Normal azotlu DNA/Ağır azotlu DNA =  $2/14 = 1/7$  II. öncül doğru.

III. DNA'sında sadece normal azot bulunduran bakteri oluşmaz. İki melez, dördü ağır azotlu DNA olur. Doğru.