

Moleküler Genetik Uygulama Soruları

Komplementasyon, Genetik Tamamlama

1. Mayaların *ade2* genindeki mutantlar adenine ihtiyaç duyarlar ve kırmızı bir pigmentin hücre içinde birikmesinden dolayı pembedir. Diploit suşlar haploit mutant suşların eşleşmesiyle oluşur. Diploitler aşağıdaki fenotipleri oluştururlar.

Çaprazlama	Diploit fenotipler
1x2	Pembe adenin ihtiyacı var
1x3	Beyaz prototrofik
1x4	Beyaz prototrofik
3x4	Pembe adenin ihtiyacı var

Bu dört farklı mutanttan kaç gen tanımlanabilir? Açıklayınız.

2. ABCDEFG *Drosophila* mutantlarının hepsi aynı fenotipe sahiptirler: Gözlerinde kırmızı pigment yokluğu. Farklı mutant çiftlerinin kombinasyonu ile yapılan komplementasyon testlerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G
G	+	-	+	+	+	+	-
F	-	+	+	-	+	-	
E	+	+	-	+	-		
D	-	+	+	-			
C	+	+	-				
B	+	-					
A	-						

- Kaç gen mevcuttur?
- Hangi mutasyonlar aynı gen içindedir?

Metabolik Yol Mutasyonları

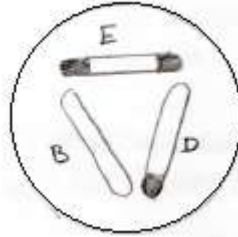
1. Yabani tip haploit mayalardan izole edilen bir kaç oksotrofik mutant suş (besin bakımından mutant) belli besinlerin minimal besiyerine eklenmesine olumlu cevap vererek üremişler (+) veya olumsuz cevap verip ürememişlerdir (0). Aşağıdaki tablo tek bir gen bakımından mutant olan suşların üreme durumunu göstermiştir.

Mutantlar	Eklenen besinler				
	B	A	R	T	S
1	+	0	+	0	0
2	+	+	+	+	0
3	+	0	+	+	0
4	0	0	+	0	0

- Bu verilere uygun bir biyokimyasal yol oluşturunuz.
 - Hangi mutant suşta hangi basamakta metabolik yolun bloke olduğunu gösteriniz.
2. Elde edilen çok sayıda mutantın tamamı gelişmeleri için G bileşiğine ihtiyaç duyarlar. G'nin sentezlendiği metabolik yolda A-E arası bileşiklerin mevcudiyeti bilinmektedir. Her bir bileşiğin her bir mutantın gelişimini destekleyip desteklemediği test edilmiştir. Aşağıdaki tabloda bu sonuçlar verilmiştir. (+ gelişmeyi, - gelişmediğini gösterir)

Mutant	Test edilen bileşik					
	A	B	C	D	E	G
1	-	-	-	+	-	+
2	-	+	-	+	-	+
3	-	-	-	-	-	+
4	-	+	+	+	-	+
5	+	+	+	+	-	+

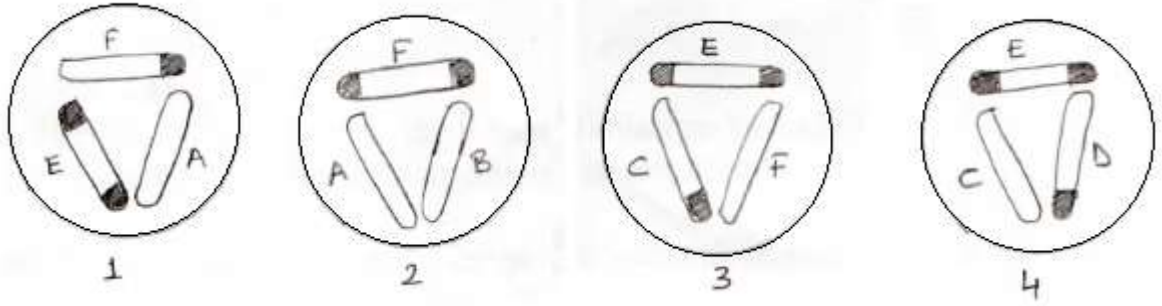
- Metabolik yolda A'dan E'ye kadar olan bileşiklerin sırası nedir?
 - Her bir mutata metabolik yolda hangi basamağı bloke eder?
 - Çift mutantlardan oluşan aşağıdaki heterokaryonlardan hangileri gelişebilir: 1,3 ve 2,4; 1,3 ve 3,4; 1,2 ve 2,4 ve 1,4.
3. Birbirinden bağımsız olarak izole edilmiş haploit maya triptofan mutantları *trpB*, *trpD* ve *trpE* olarak isimlendirilmiştir. Her bir mutanta ait hücre süspansiyonları triptofan mutant suşların zayıf bir şekilde üreyebileceği kadar az miktarda triptofan eklenmiş minimal agar besiyerlerine çizgi ekim yöntemiyle ekilmişlerdir. Ekimler mutantlar birbirine dokunmayacak şekilde bir üçgen oluşturacak şekilde yapılmıştır. Yoğun bir üreme *TrpE* ekim bölgesinin her iki ucunda ve *trpD* ekim bölgesinin bir ucunda meydana gelmiştir (Şekle bakınız).



- Bir komplementasyon olayının olduğunu düşünüyor musunuz?
 - Yoğun gelişmenin nedenini kısaca açıklayınız?
 - Triptofan sentezlenen metabolik yolda yer alan enzimatik basamakların hangilerinin sırasıyla *trpE*, *trpD* ve *trpE* mutantlarından etkilendiğini belirleyiniz.
 - Böyle bir gelişme şekli elde etmek için minimal besin ortamına niçin az miktarda triptofan eklenmiştir?
4. Aşağıdaki tabloda *Escherichia coli*'nin birbirini tamamlayan altı farklı mutantında hangi enzimin fonksiyonsuz olduğu gösterilmektedir. Bu mutantlardan hiçbiri minimal besiyerinde gelişemez, mutantların tamamı eğer ortama triptofan eklenirse ürerler.

Mutantlar	Eksik enzim
<i>trpE</i>	Antranilat sentetaz
<i>trpA</i>	Triptofan sentetaz
<i>trpF</i>	IGP sentetaz
<i>trpB</i>	Triptofan sentetaz
<i>trpD</i>	PRA transferaz
<i>trpC</i>	PRA izomeraz

Şekilde, petrilere iz miktarda triptofan eklenmiş minimal besiyerine ekilmiş üçlü mutant gruplarının üreme şekilleri gösterilmiştir. Koyu bölgeler yoğun üremeyi gösterir. Bu yoğun gelişme petri üzerindeki komşu suşun 1–2 döngülük desteğiyle sağlanmıştır. Buna göre yukarıda listesi verilmiş enzimler triptofan sentetik metabolik yolunda hangi sırayla yer alır.

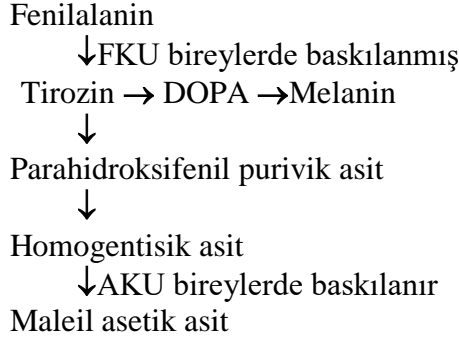


5. Mong ismindeki hipotetik bir diploit organizmada resesif allel *bw* kahve göz rengine ve bağlantısız olan diğer bir resesif allel *st* skarlet (açık kırmızı) göz rengine neden olur. Her iki gen bakımından homozigot resesif olan bireyler beyaz gözlü oluyor. Aşağıda genotipler ve oluşturdukları fenotipler verilmiştir.

<i>bw/bw st/st</i>	Beyaz
<i>bw⁺/- st/st</i>	Skarlet
<i>bw/bw st⁺/-</i>	Kahverengi
<i>bw⁺/- st⁺/-</i>	Kırmızı

Bu tip bir gen etkileşimi oluşturan bir hipotetik biyokimyasal yol öneriniz, her genotipin niçin ilgili fenotipi gösterdiğini açıklayınız.

6. Eğer bir kişi fenilketonuri (PKU) ve alkaptonuri (AKU) bakımından homozigot ise,
a. Bu kişi PKU veya AKU veya her ikisini beraber mi gösterir? Aşağıdaki metabolik yolu kullanınız.



- b. Yukarıdaki metabolik yolu düşününüz. PKU ve AKU bireylerinde pigment üretiminin etkilenip etkilenmeyeceğini tartışınız.

DNA Yapısı ve organizasyonu

1. Bir DNA molekülü 100°C ısıtıldıktan sonra renaturasyona bırakıldığında tekrar eski haline (çift zincirli) dönmektedir. Bu molekülün nükleotit dizisi şöyledir:

GCGCGCGCGC
 CGCGCGCGCG

Bu DNA molekülü 100°C'ye çıkarılıp soğutulunca tek zincirin yapısı ne olur? İki DNA zincirinin konsantrasyonun çok düşük olması nedeniyle hiç bir zaman birbirine ulaşamadığını varsayınız.

2. Dört farklı çift sarmal DNA molekülünün analizi sonucunda şu bilgiler elde edildi:

- 1) % 15 sitozin
- 2) % 12 guanin
- 3) % 35 timin
- 4) % 28 adenin

- a. Her bir DNA molekülündeki diğer bazların oranları ne kadardır?
- b. Bu örneklerden hangileri aynı organizmadan gelmiş olabilir?

3. Dört nükleik asit molekülü baz içeriklerine göre analiz edilerek şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) % 30 A, % 30 C, % 20 G, % 20 T
- 2) % 27,5 A, % 22,5 C, % 22,5 G, % 27,5 T
- 3) % 18 A, % 32 C, % 18 G, % 32 U
- 4) % 18 A, % 32 C, % 32 G, % 18 U

- a. Bu örneklerden hangisi DNA hangisi RNA'dır.
- b. Hangisi çift iplikçikli, hangisi tek ipliklidir?

4. Aşağıdaki tabloda farklı türlerden elde edilmiş nükleik asit baz yüzdeleri verilmiştir. Bunların her birinin hangi tip nükleik asit olduğunu, çift zincirli mi yoksa tek zincirli mi olduğunu belirleyiniz?

<u>Tür</u>	<u>A</u>	<u>G</u>	<u>T</u>	<u>C</u>	<u>U</u>
1	21	29	21	29	0
2	29	21	29	21	0
3	21	21	29	29	0
4	21	29	0	29	21
5	21	29	0	21	29

5. Üç farklı kaynaktan elde edilen nükleik asit örneklerinin analizleri aşağıdaki gibidir. Bu örneklerden hangisi DNA hangisi RNA'dır; hangisi çift zincirli hangisi tek zincirlidir?

$$\begin{aligned} A+C/T+G &= 1.0 \\ A+C/U+G &= 0.8 \\ A+G/T+C &= 1.5 \\ A+T/G+C &= 1.0 \end{aligned}$$

6. Üç farklı nükleik asit örneğinin analizinden şu oranlar elde edilmiştir

- 1) $(A+T) / (T+G) = 1.0$
- 2) $(A+C) / (U+G) = 0.8$
- 3) $(A+G) / (T+C) = 1.5$

- a. Bu örneklerden hangisi DNA hangisi RNA'dır
- b. Hangisi tek iplikçikli hangisi çift iplikçiklidir.

7. Bir kromozom üzerinde 1000 adet gen bulunduğunu ve her bir genin 1000 bp'den oluştuğunu kabul edelim.

- a. Böyle bir kromozomda kaç bp mevcuttur.
- b. Eğer 10 bp 3.4 nm'ye eşitse bu kromozomun uzunluğu kaç mm'dir.

8. T2 virüsü 52 µm uzunluğunda bir doğrusal kromozoma sahiptir. Kromozom çift zincirli DNA'dır ve her baz çiftinin arası 0,34 nm'dir. Ortalama bir baz çiftinin ağırlığı 660 daltondur (Da). T2 DNA molekülünün ağırlığı Da olarak ne kadardır?

9. Bir insan kromozomunun çift sarmalının ortalama uzunluğu 3.8 cm'dir.
- Böyle bir kromozomda yaklaşık kaç baz çifti vardır?
 - Eğer bir insanın kromozomlarının her birinin uzunluğu 3.8 cm ise bir sperm çekirdeğindeki baz çifti ne kadardır?
10. Bir DNA molekülünün baz sırası aşağıdaki gibidir. İşaretlenen bölgeden DNA'nın koptuğunu ve ters dönerek tekrar bağlandığını varsayarak molekülün yeni dizisini belirleyiniz.
- 5' ACT[†]TCCATG[†]TAT 3'
3' TGA_†AGGTAC_†ATA 5'
11. T2 fajına ait 2 DNA molekülü ısıtılarak denatüre edilip aşağıdaki dört tek zincirli molekül elde edilmiştir.
- 1 →TAGCTCC →
 - 2 ←ATCGAGG ←
 - 3 →GCTCCTA →
 - 4 ←CGAGGAT ←
- Bu zincirler renaturasyona bırakılmıştır
- Zincir 2, zincir 3 ile renatüre olursa,
 - Zincir 3, zincir 4 ile renatüre olursa ne tür yapılar oluşur? Zincirleri ve yönlerini gösteriniz. (*E. coli* halkasal DNA'nın replikasyonu şeklindedir?)
12. Bir haploit insan genomundaki DNA 2.75×10^9 bp'dir. Buna göre normal bir insanın sahip olduğu bütün DNA molekülleri ucuca gelecek şekilde birleştirilseydi dünyadan aya kadar uzanabilir miydi? Bir insan ortalama 10^{13} hücreye sahiptir. Ay dünyadan 4×10^5 km uzaktadır. İnsan diploit bir organizmadır.
13. 100 baz uzunluğundaki bir DNA molekülü kaç farklı mesaj taşıyabilir? Eğer bu DNA A ve T'den meydana gelseydi kaç farklı mesaj taşıyabilirdi? Her farklı 100 bazlık dizilişi bir mesaj olarak algılayınız.
14. Uzun bir çift zincirli DNA'nın zincirlerinden birine (orijinal zincir) ait dört bilgi verilmektedir.
- 1- A'lerin %35'inin 3' tarafına G'ler gelir.
 - 2- A'lerin %30'unun 3' tarafına T'ler gelir.
 - 3- A'lerin %25'inin 3' tarafına C'ler gelir.
 - 4- A'lerin %10'unun 3' tarafına A'ler gelir. Buna göre aşağıdaki soruları mümkün olduğunca tam olarak cevaplandırınız.
- Komplementer zincirde A'lerin 3' tarafındaki farklı nükleotitlerin oranı nedir?
 - Komplementer zincirde T'lerin 3' tarafındaki her bir nükleotitin oranı nedir?
 - Komplementer zincirde T'lerin 5' tarafındaki her bir nükleotitin oranı nedir?
 - Orijinal DNA zincirindeki A'lerin 3' tarafındaki A'lerin oranı T'lere ve G'lerin oranı C'lere niçin eşit değildir?
15. Çift zincirli bir DNA molekülü 100 000 baz çifti uzunluğundadır.
- Bu molekül kaç nükleotit taşır?
 - Bu molekülde kaç sarmal halkası vardır?
 - Bu DNA molekülünün uzunluğu nedir?

16. Bir organizma 10^{10} bp haploit genoma sahiptir. Bunun %70'i tek kopya sayısına sahip emsalsiz DNA dizilerine, %20'si ortalama 1000 kopya sayısına sahip orta derecede tekrarlayan DNA dizilerinden ve %10'u 10^6 kopya sayısına sahip çok sayıda tekrarlayan DNA dizilerinden meydana gelmiştir. Ortalama bir DNA dizisinin 10^3 baz çiftinden meydana geldiğini varsayarak bu sınıfa dâhil edilen kaç farklı dizi olduğunu belirleyiniz.

DNA replikasyonu

1. *E. coli* replikasyon çatalı saniyede 500 baz çifti ilerler.
 - a. Replikasyon çatalının dakikadaki hızı ne kadardır?
 - b. *E. coli* kromozomunun replikasyon çatalından birinin çalıştığını varsayınız. Kromozomu bir aracın tekerleri olarak düşündüğümüzde bu aracın saatteki hızı ne kadar olur?
2. Bir diploit organizma 4.5×10^8 bp DNA'ya sahiptir. Bu DNA 3 dakikada replike olmaktadır. Her bir replikasyon çatalının dakikada 10^4 bp ilerlediğini varsayarak bu organizmanın genomunda ne kadar replikon vardır?

Transkripsiyon ve Translasyon

1. Aktinomisin D DNA bağımlı RNA sentezini baskılar. Belli bir proteinin gözlemlendiği bir bakteri kültürüne bu antibiyotik eklenmiştir. Bir kontrol kültür ile karşılaştırıldığında 20 dakikalık bir süre sonunda protein translasyonunun sonlandığı belirlenmiştir. Bu sonuçların nedenlerini açıklayınız.
2. 20 amino asiti kodlamak üzere görev alan dört baz (nükleotit) üçlü gruplar (kodonlar) oluşturarak genetik kodu oluştururlar. Yani kodon büyüklüğü üç bazdır. Eğer baz sayısı dört değil de aşağıdaki sayılarda olsaydı 20 amino asiti kodlayabilmek için kodon büyüklüğünün ne olması gerekirdi.
 - a. 2
 - b. 3
 - c. 5
3. Bir gen alternatif fenilalanin ve tirozin dizisinden oluşan 30 amino asit uzunluğunda bir polipeptidi kodlar. Buna göre aşağıda verilen durumlarda nükleotit dizileri ne olur.
 - a. mRNA oluşturmak üzere okunan DNA zinciri (mRNA'da fenilalanini UUU ve tirozin UAU olarak kabul ediniz).
 - b. Okunmayan DNA zinciri
 - c. tRNA (antikodon)
4. Bir polipeptit zincirinin bir bölümü $\text{NH}_2\text{-Arg-Gly-Ser-Phe-Val-Asp-Arg-OOH}$ şeklindedir. Bu kısım aşağıdaki DNA bölümü tarafından kodlanmaktadır.
GGCTAGCTGCTTCCTTGGGGA
CCGATCGACGAAGGAACCCCT
Buna göre hangi zincir kalıptır? Her bir zincirin yönünü belirleyiniz.

Gen Mutasyonu

- Aşağıdaki mutasyon tiplerinden hangisi insanlar için resesif öldürücü olabilir.
 - snRNA genlerinin silinmesi
 - β -globin geni içindeki intron 2'nin silinmesi
 - β -globin geni içindeki intron 2'nin sonundan 4 ve ekson 3'ün başlangıcından 3 bazın silinmesi
- Belli bir mRNA'nın normal dizisi ev aynı mRNA'nın bir kaç farklı mutant tipi aşağıda verilmiştir. Her bir durumda nasıl bir protein sentezleneceğini belirleyiniz.

Normal	AUGUUCUCUAAUUAC (...) AUGGGGUGGGUGUAG
Mutant a	AUGUUCUCUAAUUAG (...) AUGGGGUGGGUGUAG
Mutant b	AGGUUCUCUAAUUAC (...) AUGGGGUGGGUGUAG
Mutant c	AUGUUCUCUAAUC (...) AUGGGGUGGGUGUAG
- Belli bir proteinin normal amino asit dizisi ve aynı proteinin mutant versiyonlarının amino asit dizisi verilmiştir. İlgili genin kodlayıcı dizisinde ne tür bir mutasyon olduğunu açıklayınız.

Normal	Met-Gly-Glu-Thr-Lys-Val-...-Pro
Mutant 1	Met-Gly
Mutant 2	Met-Gly-Glu-Asp
Mutant 3	Met-Gly-Arg-Leu-Lys
Mutant 4	Met-Arg-Glu-Thr-Lys-Val-Val-...-Pro
- Bir *in vitro* protein sentez sisteminde tekrarlayan polimerler kullanılmıştır. Aşağıdaki her bir polimer için üretilebilecek amino asit dizisini (dizilerini) tahmin ediniz.
 - (UC)
 - (UUC)
 - (CAA)
 - (AUA)
 - (AUG)
- Normalden daha uzun mutant proteinlerde ilk ilave edilen amino asit sadece gln,lys,glu,ser,leu,tyr,arg,trp,gly veya cys olmaktadır. Niçin sadece bu amino asitler ilk ilave pozisyonda yer alır?
- Orak hücre hemoglobininde glu yerini val almaktadır. Kodonda hangi muhtemel değişiklik meydana gelmiştir?
- Bir tRNA 5'CCC3' antikodonuna sahiptir. Bu tRNA'nın mutant kopyası 5'CCG3' antikodon dizisine sahiptir.
 - Normal tRNA ve mutant tRNA hangi amino asiti taşır?
 - Mutant tRNA tarafından hangi kodon tanınır? Bunun nasıl bir sonucu vardır?

Gen Ekspresyonunun Düzenlenmesi

- Bir *pabc* operonunda (*p*, promotor; *abc*, yapısal genler), $p^-a^+b^+c^+$ genotipine sahip bir suşun fenotipi ne olacaktır.
- Bir *porst* (*p* promotor, *o* operatör, *rst* yapısal genler) operonunda, aşağıdaki suşta görülen bozuk operatörün (o^c) etkisi ne olacaktır:
 $p^+o^c r^+s^+t^+$.

3. Aşağıdaki operonda *r* baskılayıcı gen, *p* promotor, *o* operatör ve *abc* yapısal genlerdir. Aşağıdaki her bir genotip için operonun sürekli çalışıyor mu, sürekli duruyor mu yoksa düzenleniyor mu olduğunu belirleyiniz.
- a. $r^- p^+ o^+ a^+ b^+ c^+$
b. $r^+ p^- o^+ a^+ b^+ c^+ / r^- p^+ o^+ a^+ b^+ c^+$
4. *lac* operonunun haritası *POZY* şeklindedir. Promotor bölgesi mRNA sentezinin başlamasından önce RNA polimerazın bağlanma bölgesini sağlayarak transkripsiyonu başlatan bölgedir. Mutasyonlar olarak değişmiş promotorlar (P^-) görünüşe göre RNA polimerazı bağlayamaz. P^- mutasyonları hakkında bazı tahminler yapılmaktadır. Laktoz sistemi hakkındaki bilgilerinizi ve tahminlerinizi kullanarak aşağıdaki tabloyu tamamlayınız. Tabloya, eğer enzim sentezleniyorsa “+” sentezlenmiyorsa “-” koyunuz. Birincisi örnek olarak tamamlanmıştır.

Genotip	β -Galaktosidaz		Permeaz	
	Laktoz yok	Laktoz var	Laktoz yok	Laktoz var
$I^+ P^+ O^+ Z^+ Y^+ / I^+ P^+ O^+ Z^+ Y^+$	-	+	-	+
a. $I^- P^+ O^C Z^+ Y^+ / I^+ P^+ O^+ Z^+ Y^+$				
b. $I^+ P^- O^C Z^+ Y^+ / I^+ P^+ O^C Z^+ Y^+$				
c. $I^S P^+ O^+ Z^+ Y^+ / I^+ P^+ O^+ Z^+ Y^+$				
d. $I^S P^+ O^+ Z^+ Y^+ / I^- P^+ O^+ Z^+ Y^+$				
e. $I^- P^+ O^C Z^+ Y^+ / I^- P^+ O^+ Z^+ Y^+$				
f. $I^- P^- O^+ Z^+ Y^+ / I^- P^+ O^C Z^+ Y^-$				
g. $I^+ P^+ O^+ Z^+ Y^+ / I^- P^+ O^+ Z^+ Y^-$				

Rekombinant DNA ve İnsan Genom Projesi

1. Restriksiyon endonükleaz *Hind*III DNA'yı AAGCTT dizisinden, *Hpa*II CCGG dizisinden keser.Çift zincirli DNA'yı ortalama olarak hangi sıklıkta keser? (Diğer bir ifade ile tanıma dizileri arasındaki ortalama uzaklık ne kadardır?)
2. Aşağıdaki restriksiyon endonükleazlar için X organizmasındaki restriksiyon bölgeleri arasındaki ortalama uzaklığı nükleotit çiftleri olarak hesaplayınız. AT:GC oranının 50:50 olduğunu varsayınız. (Pu, pürin; Py, pirimidin)

*Alu*I 5' AGCT 3'
 3' TCGA 5'

*Eco*RI 5' GAATTC 3'
 3' CTTAAG 5'

*Acy*I 5' GPuCGPy 3'
 3' CPyGCPu 5'

3. PCR sürecinde bir döngünün 5 dakika sürdüğünü kabul edersek bir saat içinde kaç kat amplifikasyon meydana gelir?
4. Doğrusal bir DNA molekülü *HindIII* ve *SmaI* ile ayrı ayrı ve ikisinin kombinasyonu ile kesilmiş ve aşağıdaki fragmentler elde edilmiştir.

HindIII 2.5 kb, 5.0 kb

SmaI 2.0 kb 5.5 kb

EcoRI 2.5 kb, 3.0 kb, 2.0 kb

- a. Bir restriksiyon haritası çiziniz.
 - b. İki enzimin kombinasyonu sonucu oluşan fragmentler *EcoRI* enzimi ile kesildiğinde 3 kb bant yok olmuş ve 1.5 kb büyüklüğünde bir bant oluşmuştur. Restriksiyon haritası üzerinde *EcoRI* tanıma bilgesini işaretleyiniz.
5. Bir orak hücre anemisi tanısında β -globin geninin intronları uzaklaştırılarak klonlandığını ve *MstII* ile kesilmiş bir fetüse ait genomik DNA'nın Southern blot analizinde prob olarak kullanıldığını varsayalım. Blot iki bant göstermiştir: 1.1 kb ve 1.3 kb.
 - a. Fetüsün genotipi nedir?
 - b. Bu fetüsten oluşacak ergin bireyin fenotipi hakkında ne söyleyebilirsiniz?

Kaynaklar

Bu notların hazırlanmasında doğrudan faydalanılan kaynaklar aşağıda verilmektedir. Kaynaklar notlarda kullanım ağırlığına göre sıralanmıştır.

1. **Genetics. Problem Solving Guide.** W.R. Wellnitz. WCB Publishers 1995, Dubuque.
2. **Introduction to Genetic Analysis.** A.J.F.Griffiths, S.R.Wessler, R.C.Lewontin, W.M.Gelbart, D.T.Suzuki, J.H.Miller. W. H. Freeman and Company 2004, New York.
3. **Genetics.** Peter J Russel. Harper Collins College Publishers 1996, Fourth Edition, New York.
4. **Genetik Kavramlar.** W.S.Klug and M.R.Cummings. Tercüme Editörü Prof. Dr. Cihan Öner. Palme Yayıncılık, 2002, Ankara
5. **Concepts of Genetics.** W.S.Klug and M.R.Cummings. Macmillan 1991, New York.