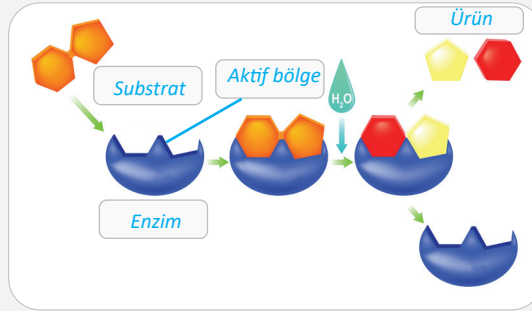




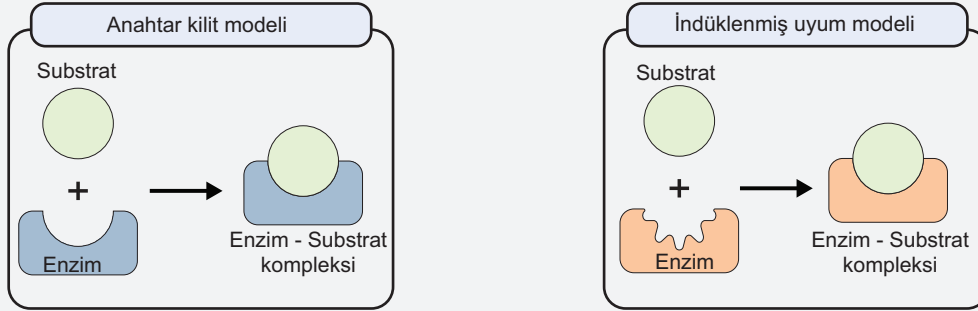
Etkinlik -1

Enzimler konusuna başlamadan önce enzimlerin reaksiyonlar üzerindeki etki mekanizmalarını ve enzimlerin özelliklerini güvenilir kaynaklardan araştırarak ön hazırlık yapınız. Öğrendiğiniz bilgileri kullanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Aşağıdaki şemada boş bırakılan kutuları "enzim, substrat, aktif bölge, ürün" kavramlarını kullanarak doldurunuz.



b) Aşağıda enzim - substrat etkileşimini açıklayan anahtar - kilit ve indüklenmiş uyum modeli şematize edilmiştir.



Görselleri dikkate alarak bu iki model arasındaki farklılığı açıklayınız.

Anahtar - kilit modelinde enzimin aktif bölgesi substrata uygunluk gösteren belirli bir şekle sahiptir.

İndüklenmiş uyum modelinde enzimin aktif bölgesi esnek yapıdadır ve substrata uygunluk gösterecek şekilde şekil değiştirebilir.

Köprü Kurma



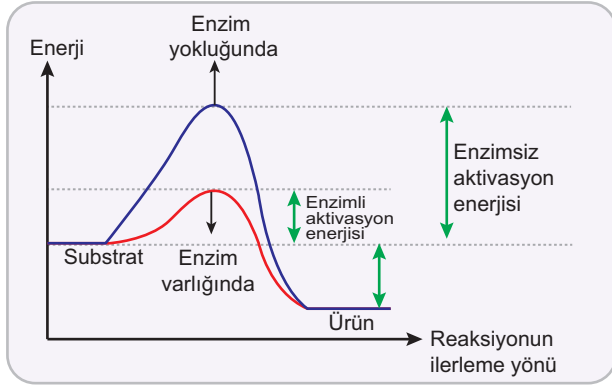
Odun ateşi yakarken başlangıçta bir miktar enerji harcanması gereklidir.

Canlı vücudunda gerçekleşen reaksiyonlar içinde aynı durum söz konusudur. Biyokimyasal bir reaksiyonun başlayabilmesi için öncelikle **aktivasyon enerjisi** adı verilen bu enerji engelinin aşılması gereklidir.

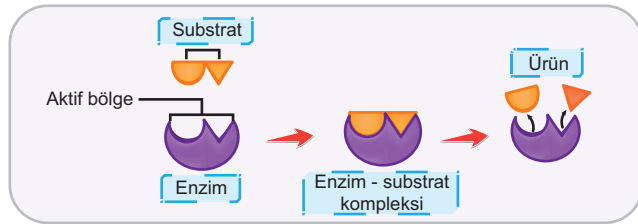
Enzimler, aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonların daha hızlı ve daha düşük enerji ile gerçekleşmesini sağlar.

Enzimler

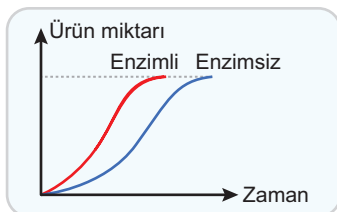
- Kimyasal tepkimelerin başlayabilmesi için gerekli olan en düşük enerji miktarına **aktivasyon enerjisi** denir.
- Enzimler, tepkimelerin gerçekleşmesi için gerekli olan aktivasyon enerjisini düşürerek tepkimeleri hızlandıran biyolojik katalizörlerdir.
- Katalizör; tepkimeye giren, tepkimeden değişmeden çıkan ve tepkimeyi hızlandıran maddedir.



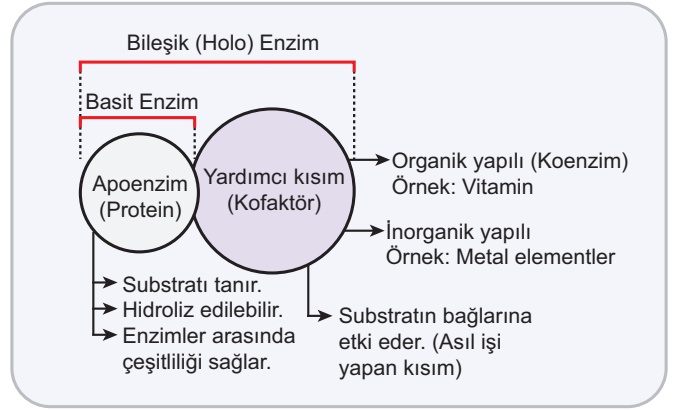
- Enzimler tepkimeleri başlatmazlar. Tepkimelerin başlamasını aktivasyon enerjisi sağlar. Enzimler, aktivasyon enerjisini düşürerek tepkimeleri hızlandırırlar.
- Canlılarda meydana gelen tepkimelerde aktivasyon enerjisi ATP ya da ısı enerjisi kullanılarak karşılanır.
- Enzimlerin etki ettiği maddeye **substrat**; tepkime sonunda ortaya çıkan maddeye ise **ürün** denir.



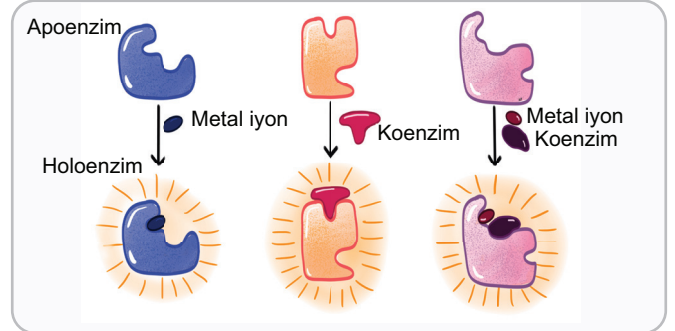
- Enzimler substratın ya da ürünlerin enerjisini veya çeşidini değiştirmezler.
- Enzimler, tepkime tamamlandığında oluşan ürün miktarını değiştirmezler. Ancak tepkimeyi hızlandırdıklarından dolayı birim zamanda oluşacak ürün miktarını artırırılar.



Enzimlerin Yapısı



- **Basit enzimler**, sadece protein yapıları kısımdan (**apoenzim**) oluşup ilave bir bileşene ihtiyaç duymazlar.
- **Bileşik (holo) enzimler**, apoenzim ve yardımcı kısımdan (kofaktör) oluşurlar. Kofaktör çinko, demir, bakır gibi inorganik metal elementler olabileceği gibi vitaminler gibi organik moleküller de olabilir. Kofaktör organik bir molekül ise koenzim olarak adlandırılır.



- Bir enzimin yardımcı kısmı her zaman aynıdır, farklı bir yardımcı kısım ile aktivite gösteremez. Ancak bir yardımcı kısım birden fazla çeşitte enzimin aktif forma dönüşmesini sağlayabilir.

Not

Bazı enzimlerde yardımcı kısım hem organik hem de inorganik yapıları moleküllerden oluşabilir.

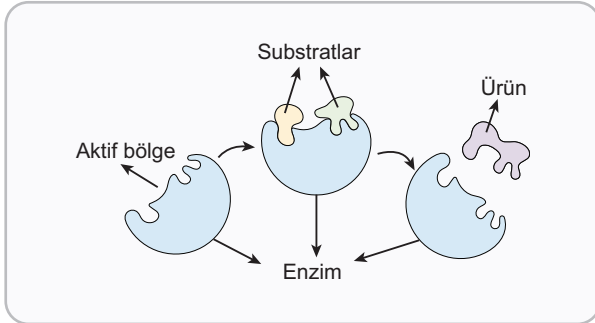
- Canlılarda bulunan apoenzim çeşidi sayısı, yardımcı kısım çeşidi sayısından fazladır.

Enzimlerin Çalışma Mekanizmaları

- Biyokimyasal tepkimeleri hızlandıran enzimler, substrata özgüdür. Her enzim her substrata etki edemez.
- Enzimin substrata etki edebilmesi için öncelikle substrata bağlanarak enzim - substrat kompleksini oluşturması gerekir.
- Enzimin substratına geçici olarak bağlandığı ve etki ettiği bölgeye aktif merkez (aktif bölge) denir.
- Enzim - substrat kompleksi oluştuğundan sonra, substrat enzim etkisiyle ürüne dönüşür ve enzim tepkimeden değişmeden çıkar.
- Enzimlerin nasıl çalıştığını açıklayan iki model vardır:

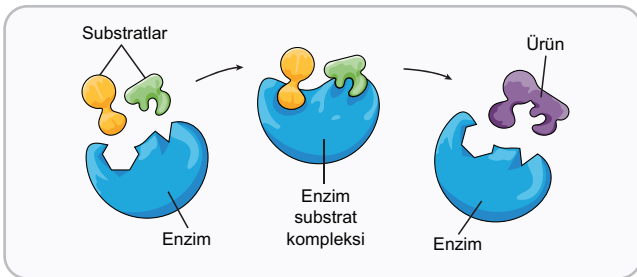
Anahtar - Kilit Modeli

- Enzim ile substratı arasında anahtar - kilit ilişkisine benzer bir uyum vardır. Bu modele göre, enzimin aktif bölgesi substrata tamamen uyum sağlar ve substrat enzime bağlandıktan sonra enzimin yapısında belirgin bir değişim olmaz.



İndüklenmiş Uyum Modeli

- Bu modele göre, enzim serbest durumdayken (substrata bağlı değilken) aktif bölgesi yapısal olarak substrata tamamen uyum sağlamamaktadır.
- Enzimin aktif bölgesi esnek ve substrat ile bağlanmaya uyum sağlamak için geçici olarak üç boyutlu yapısını değiştirir. Bu sayede reaksiyon daha kolay gerçekleşir.

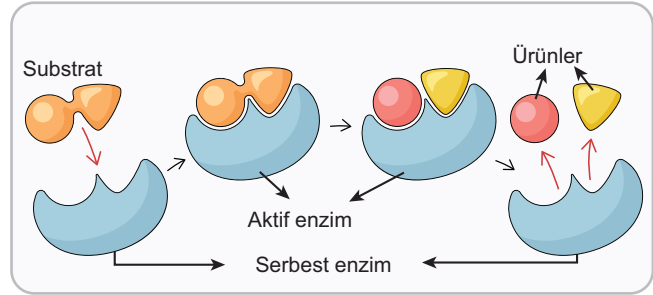


Bir Adım İleri

Anahtar-kilit modeline göre enzimin aktif bölgesinin şekli sabittir. İndüklenmiş uyum modeline göre ise enzimin aktif bölgesinin şekli kademeli olarak değiştirilebilen akışkan bir yapıya sahiptir. Enzimin aktif bölgesinin şeklinin değişimi pH, sıcaklık gibi çevresel faktörlere, koenzim veya kofaktörün bağlanmasına bağlıdır.

Enzimlerin Özellikleri

- Enzimler genellikle substratlarına özgüdür. Örneğin, maltaz enzimi sadece maltoz üzerinde etkilidir. Maltoza benzeyen diğer disakkaritlere etki etmez.
- Enzimler substratlarına aktif bölge ile bağlanırlar ve enzim substrat kompleksi (aktif enzim) oluşturulur.



- Substrat, enzim etkisiyle ürüne dönüştükten sonra enzim üründen ayrılır ve serbest hâle geçer. Enzimler, tepkimeden etkilenmeden çıktıkları için tekrar tekrar kullanılabilirler.

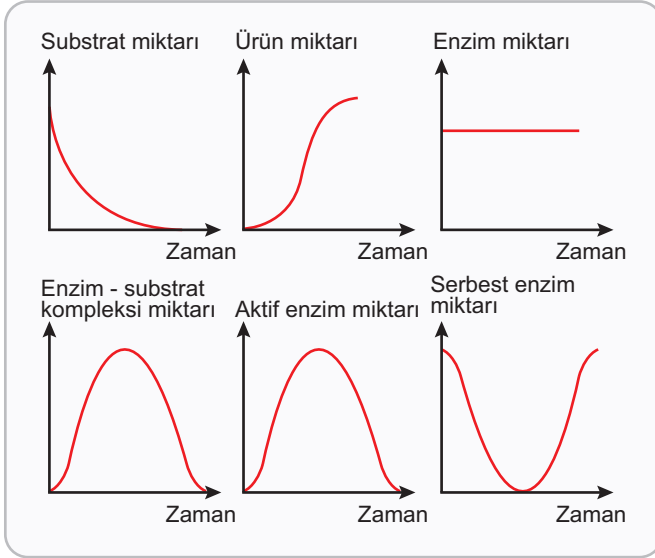


Not

Enzimler tepkimelerde kullanılır ancak tüketilmezler, harcanmazlar.

- Zamanla yapısı bozulan enzimler amino asitlerine kadar yıkılır ve yerlerine yenisi sentezlenir. Enzimlerin yardımcı kısmı da tekrar tekrar kullanılabilir.

- Enzimlerin çalışması sırasında meydana gelen değişimler ile ilgili aşağıdaki grafikler çizilebilir.



Örnek 1

Enzimler ile ilgili,

- I. Tepkime için gerekli olan aktivasyon enerjisini sağlarlar.
- II. Yapılarında kesinlikle protein bulunur.
- III. Reaksiyonda harcanırlar.

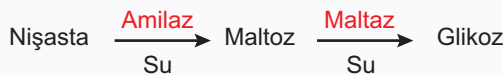
açıklamalarından hangileri doğrudur?

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

Enzimler aktivasyon enerjisini sağlamaz, düşürürler. Reaksiyonda harcanmazlar, tepkimeden değişime uğramadan çıkıp tekrar tekrar kullanılabilirler.

Cevap B

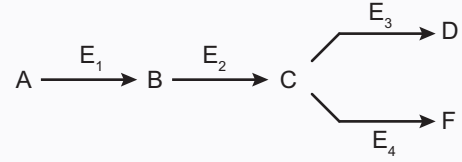
- Enzimler genellikle takım hâlinde çalışırlar.



Not

Takım hâlinde çalışan enzimlerde, bir enzimin ürünü bir diğer enzimin substratıdır.

Örnek 2



Yukarıdaki şemada gösterilen tepkimelerde görev alan,

- I. E₁ ve E₂
- II. E₃ ve E₄
- III. E₁, E₂ ve E₃
- IV. E₁, E₂ ve E₄

enzimlerinden hangileri takım hâlinde çalışır?

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

E₃ ve E₄'ün substratı aynıdır. Takım hâlinde çalışan enzimlerde bir enzimin ürünü, diğer enzimin substratıdır.

Cevap E

- Enzimler çok hızlı çalışırlar. Karaciğer, kas ve bitki hücrelerinde metabolizma sonucunda çok zararlı bir bileşik olan hidrojen peroksit (H₂O₂) oluşur. Bu hücrelerde bulunan katalaz enzimi, her bir saniyede milyonlarca H₂O₂ molekülünü su ve oksijene parçalayarak zararsız hâle getirir.



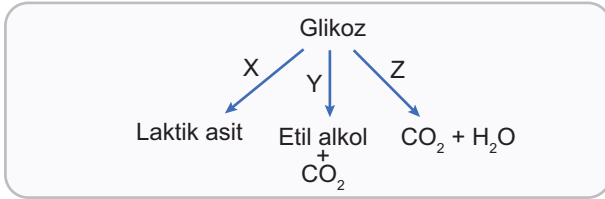
- Bazı enzimler tersinirdir (çift yönlü çalışabilir). Örneğin kanda CO₂'nin taşınmasında görev alan ve alyuvarlarda bulunan karbonik anhidraz enziminin gerçekleştirdiği tepkimeler tersinirdir.



Not

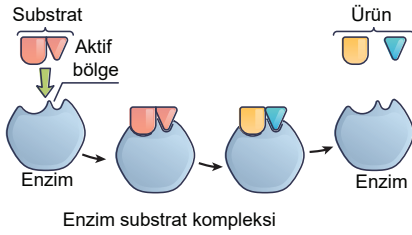
Karaciğerde hidrojen peroksiti parçalayan katalaz enzimi ile sindirim enzimleri gibi bazı enzimler tersinir olarak çalışmaz ve tepkimeleri tek yönlüdür.

- Bir substrata birden fazla çeşitte enzim etki edebilir. Örneğin, aşağıda gösterilen reaksiyonlarda X, Y ve Z enzimleri aynı substrata (glukoza) etki ederek farklı son ürünler oluştururlar.



Örnek 3

Aşağıda enzimatik bir reaksiyonun gerçekleşmesi şematize edilmiştir.



Şemaya bakılarak enzimlerle ilgili,

- Enzimler çift yönlü çalışabilir.
 - Enzim ile substratı arasında anahtar - kilit ilişkisine benzer bir uyum vardır.
 - Enzimler takım hâlinde çalışabilir.
- yorumlarından hangileri yapılabılır?

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

Şemaya bakıldığında enzim ile substratı arasında anahtar - kilit ilişkisine benzer bir uyum olduğu görülmektedir. Ancak enzimlerle ilgili verilen diğer özellikler şemadan çıkarılamaz.

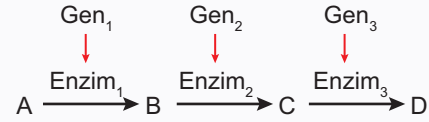
Cevap A

- Enzimler protein yapılıdır. Hücre içinde, genlerin kontrolünde, ribozomda sentezlenirler. Hücre içinde çalışabildikleri gibi hücre dışında da çalışabilirler. Örneğin besinleri parçalayan sindirim enzimleri, hem hücre içi hem de hücre dışında çalışabilir.

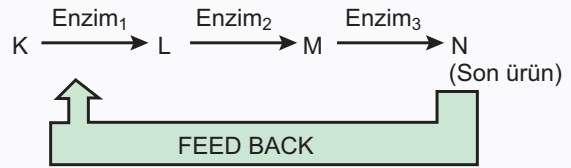
Not

Hücre solunum, dehidrasyon, fotosentez ve kemosentez tepkimelerinde görev alan enzimler sadece hücre içinde çalışabilir. Çünkü bu tepkimelerde ATP tüketilir ve ATP hücre dışına çıkamaz.

- Her enzim, belirli bir genin kontrolünde sentezlenir. Enzimin sentezinden sorumlu gen bölgesinde meydana gelen bir mutasyon, ilgili enzimin üretilmesini engelleyebilir.



- Gen₂ bölgesinde bir mutasyon meydana gelirse,
 - Enzim₂ üretilemez.
 - B maddesi C maddesine dönüşemez.
 - Ortamda B maddesi birikir.
 - D son ürünü oluşmaz.
- Bir metabolik yolda (zincirleme şeklinde devam eden reaksiyonlar) oluşan son ürünün miktarı belirli bir değere ulaştığında son ürün genellikle metabolik yolda görev alan ilk enzime bağlanarak o enzimin çalışmasını durdurur. Böylece hücrenin kaynakları verimli bir şekilde kullanması sağlanır. Bu olaya **negatif geri bildirim (feedback)** denir.



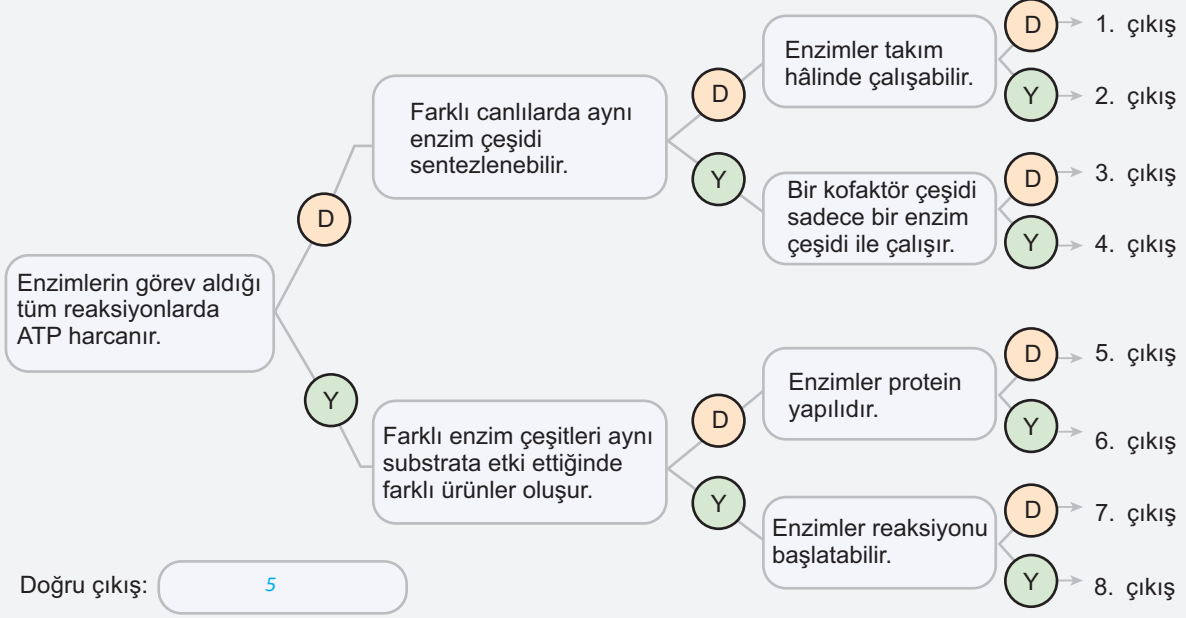
- N maddesi (son ürün) istenilen değere ulaştığında Enzim₁'e bağlanarak reaksiyonu yavaşlatır ve durdurur.
- Feed back mekanizması,
 - Enerji tasarrufu sağlar.
 - Gereksiz ürün birikimini önler.

Örnek Cevap Anahtarı

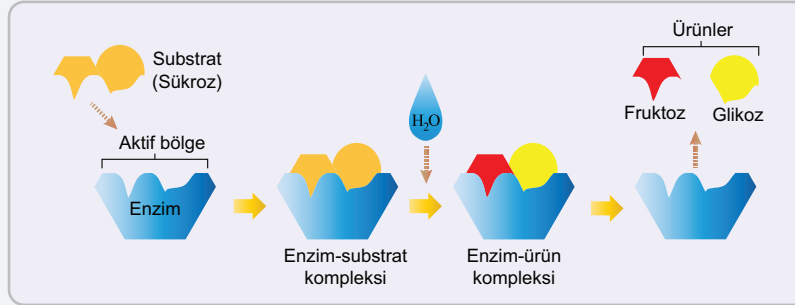
1. B 2.E 3.A

Etkinlik -2

Aşağıda enzimler ile ilgili bir tanılayıcı dallanmış ağaç verilmiştir. Buna göre, ifadeleri doğru (D) veya yanlış (Y) şeklinde değerlendirilerek doğru çıkışa ulaşınız.



Etkinlik -3



Enzimlerle ilgili verilen yukarıdaki görsele bakarak aşağıdaki ifadeleri doğru ise "D" yanlış ise "Y" harfi yazarak kodlayınız.

- D : Enzim ile substrat arasında anahtar - kilit ilişkisi bulunur.
- D : Enzim, aktif bölgesiyle substrata bağlanır.
- Y : Anabolik bir reaksiyon örneğidir.
- D : Enzim substratı ürüne dönüştürürken su kullanılmıştır.
- Y : Substrat değişime uğramamıştır.
- D : Enzim değişime uğramamıştır.

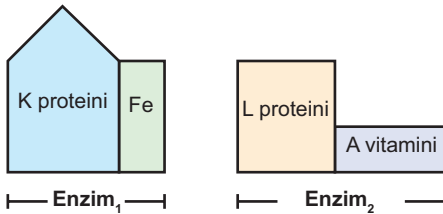
1. Ebru Öğretmen, organik bileşiklerle ilgili bir pano hazırlamak istiyor.

Pano için öğrenciler gruplandırıldığında beş öğrenciye enzimlerin özellikleri ile ilgili karton hazırlama görevi veriliyor.

Buna göre aşağıdaki öğrencilerden hangisi enzimlerin özellikleri kartonunu hatasız olarak hazırlamıştır?

- A) **Esin**
- Hem hücre içinde hemde hücre dışında çalışırlar.
 - Sıcaklıktan etkilenmezler.
- B) **Ceyda**
- Yalnızca hücre içinde sentezlenebilirler.
 - Tekrar tekrar kullanılabilirler.
- C) **Didem**
- Protein, yapıldırlar.
 - Çok hızlı çalışırlar.
 - pH'dan etkilenirler.
- D) **Kemal**
- Tersinir çalışabilirler.
 - Reaksiyonun başlamasını sağlarlar.
 - Aktivasyon enerjisini düşürürler.
- E) **Selen**
- Çalıştıkları ortamda canlılık şartı aranmaz.
 - Enzim olmadan hiçbir tepkime gerçekleşemez.

2. Aşağıda bir hücrede görev alan iki farklı bileşik enzimin yapıları gösterilmiştir.



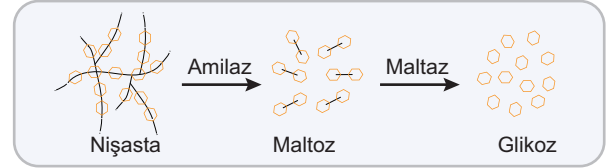
Bu enzimlerle ilgili,

- Fe minerali, L proteini ile birleşerek enzim₂'yi aktive edebilir.
- Enzim₂, A vitamini olmadan çalışamaz.
- Enzim₁ ve enzim₂ tamamen organik yapıdır.

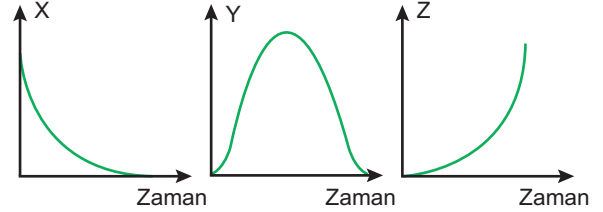
açıklamalarından hangileri doğrudur?

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

3. Aşağıda enzimatik bir reaksiyon şematize edilmiştir.



Reaksiyonlar sırasında,



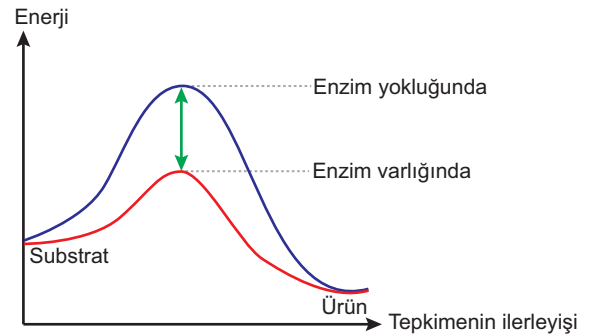
grafiklerdeki değişimler meydana geldiğine göre,

- X → Amilaz enzimi miktarıdır.
- Y → Maltoz molekülü miktarıdır.
- Z → Su molekülü miktarıdır.

ifadelerinden hangileri doğru olabilir?

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

4. Aşağıdaki grafikte enzim varlığında ve yokluğunda bir reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gereken aktivasyon enerji düzeyi gösterilmiştir.



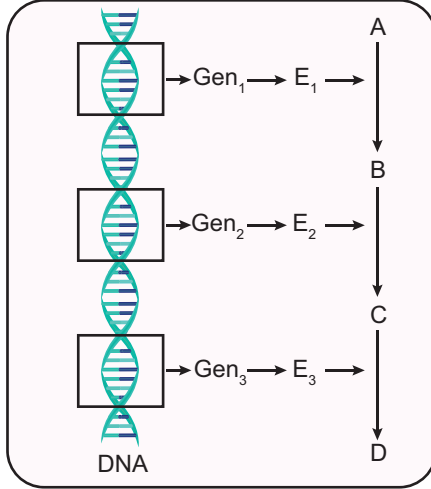
Grafiğe göre,

- Enzim aktivasyon enerjisini düşürür.
- Enzim oluşan ürün miktarını artırır.
- Enzimsiz reaksiyon daha hızlı gerçekleşir.

yargılarından hangileri doğru verilmiştir?

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

5. E_1 , E_2 ve E_3 enzimlerinin sentezi ve bu enzimlerin etkinliği ile gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda şematize edilmiştir.



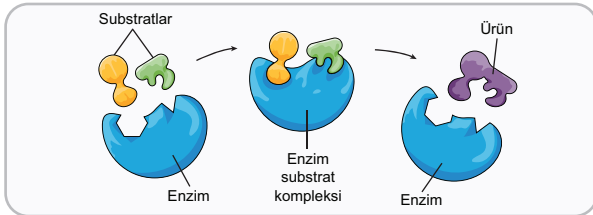
Bu şemaya göre,

- I. Her enzimin sentezinden farklı bir gen bölgesi sorumludur.
- II. Gen_1 'in mutasyona uğraması durumunda ortamda B maddesi birikir.
- III. Ortamda D maddesinin birikimi E_1 'in çalışmasını yavaşlatabilir.

açıklamalarından hangileri doğrudur?

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

6. Daniel Koshland 1958 yılında "enzimlerde indüklenmiş uyum" modelini öneren bilim insanıdır. Bu modele göre enzimin aktif bölgesi substratla etkileşime girdikçe şeklini değiştirerek substrata daha sıkı bağlanır ve istenilen ürün elde edilir.



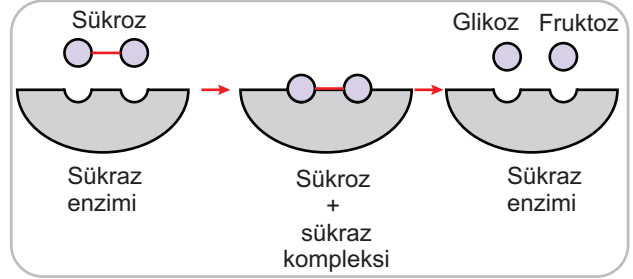
Bu modele göre,

- I. Enzim üç boyutlu yapısını değiştirebilir.
- II. Enzimin aktif bölgesinin değişmesi, reaksiyonun daha kolay gerçekleşmesini sağlar.
- III. Enzim serbest durumdayken aktif bölgesi substrata tamamen uyum sağlamamaktadır.

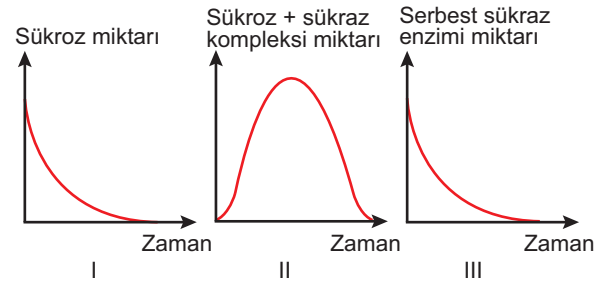
ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

7. Aşağıda enzimatik bir tepkime şematize edilmiştir.



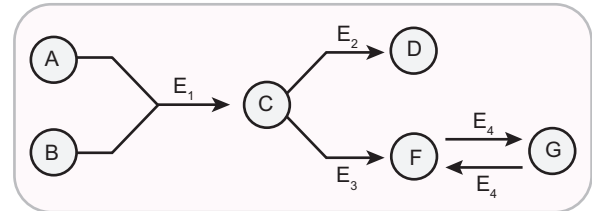
Tepkime incelendiğinde bu süreçte meydana gelen değişimler ile ilgili;



grafiklerinden hangileri çizilebilir?

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

8. Aşağıda birbirinden farklı enzimlerin görev aldığı bazı reaksiyonlar verilmiştir.



Bu reaksiyonlar incelendiğinde,

- I. E_4 çift yönlü çalışır.
- II. E_1 'in ürünü, E_2 ve E_3 'ün substratıdır.
- III. Aynı substrata farklı enzimler etki ettiğinde farklı ürünler oluşur.

yorumlarından hangileri yapılabilir?

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



Cevap Anahtarı

1.B 2.B 3..B 4.A 5.C 6.E 7.C 8.E