



PROJE TABANLI DENEY  
UYGULAMALARI

REAKSİYON HIZINA KATALİZÖR  
(ZİMAZ ENZİMİ) ETKİSİ

ORTAÖĞRETİM KİMYA DENEYLERİ  
PROF.DR.İNCİ MORGİL

HÜSEYİN GÜLER

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
ANKARA

2007

**PROJE HEDEF SORUSU:**REAKSİYON HIZINA KATALİZÖR ETKİSİ NEDİR?

**HEDEF VE DAVRANIŞLAR:**

**HEDEF:**Reaksiyon hızına katalizör etkisinin kavratılması

**Davranişlar:**

- Reaksiyon hızına etki eden faktörlerin kavratılması
- Reaksiyon hızına etki eden faktörlerin örneklerle değerlendirilmesi
- Reaksiyon hızına zımar enzimin etkisinin deneyle gözlenmesi
- Değerlendirme

## REAKSİYON HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Tepkime verecek taneciklerin belirli düzende , yeterli enerji ile çarpışmaları gerekir .

- Birim zamandaki çarpışma sayısını artıran etmenler tepkimeyi hızlandırır .
- Çarpışan taneciklerden aktifleşme enerjisine sahip olanların sayısını artıran etmenler tepkimeleri hızlandırır .

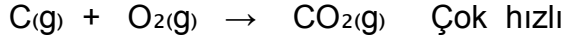
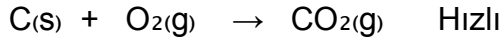
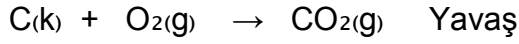
Kimyasal reaksiyonlar üzerinde yapılan incelemeler , reaksiyon hızına aşağıdaki faktörlerin etki ettiğini göstermiştir ;

- 1) Madde cinsinin etkisi
- 2) Derişimin etkisi
- 3) Sıcaklığın etkisi
- 4) Temas yüzeyinin etkisi
- 5) Katalizörün etkisi

### 1) Tepkimeye Giren Maddelerin Cinsinin Etkisi :

Tepkimeye giren maddelerin kimyasal ve fiziksel yapı ve özelliklerinin tepkime hızına etkisi çok önemlidir .

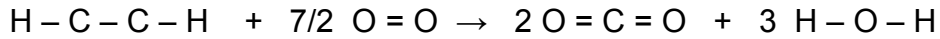
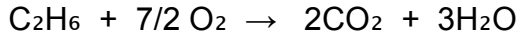
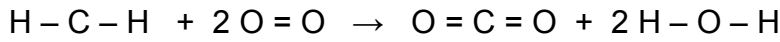
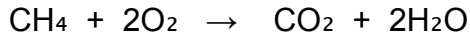
Tepkimeye giren maddelerin katı , sıvı ya da gaz halinde olması tepkime hızını etkiler . Çünkü gaz tanecikleri serbest hareket ettikleri için çarpışma ihtimali daha fazladır . Bu da gaz tepkimelerinin katı ve sıvı fazdaki tepkimelere göre çok hızlı yürümesine neden olur .



Tepkimeye giren maddeler yapısında kimyasal bağ kopması ve atomların yeniden düzenlenmesi gerekiyorsa bu tür tepkimelerde kopacak ve oluşacak bağ sayısı arttıkça tepkime hızı da azalır .

- a) Çok sayıda bağın koptuğu ve yerine yeni bağların oluştuğu tepkimelerin eşik enerjileri büyük olduğundan yavaş gerçekleşirler.

**ÖRNEK :** CH<sub>4</sub> ve C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gazlarının yanma tepkimelerini inceleyelim



2. tepkimedede daha çok bağ koptuğundan daha yavaş gerçekleşecektir .

$$TH 1 > TH 2$$

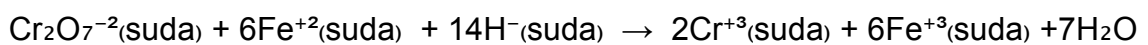
- b) Zıt yüklü iyonların elektriksel çekimine dayalı tepkimeler eşik enerjileri çok küçük olduğundan çok hızlı gerçekleşirler.



Tepkimesinde zıt yükler birbirini çok hızlı çekeceğinden tepkime çok hızlı gerçekleşir.

- c) Çok sayıda taneciğin çarpışması ile gerçekleşen tepkimeler genellikle yavaş gerçekleşir.

**ÖRNEK:**



Tepkimesinin gerçekleşebilmesi için çok sayıda çarpışmaya ihtiyaç olduğundan yavaş gerçekleşir.

Bu tepkimede çarpışması gereken taneciklerin bazılarının aynı yüklü olması da tanecikler arası itmeye sebep olacağından tepkimeyi yavaşlatır.

**d)** Katı fazda gerçekleşen tepkimeler yavaş ; sıvı fazdakiler katılara oranla hızlı ; gaz fazdaki tepkimeler ise en hızlıdır.

**ÖRNEK:**  $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$  Hızlı

$H_2(g) + I_2(k) \rightarrow 2HI(g)$  Yavaş

- İyon tepkimeleri , diğer tepkimelere göre daha hızlı gerçekleşmesi beklenir . Zıt yüklü iyonlar arasındaki tepkimelerin hızlı , aynı yüklü iyonlar arasındaki tepkimelerin yavaş yürümesi beklenir.

Sulu çözeltilerde yapılan iyon tepkimeleri hızlı oluşur . Bunun iki nedeni vardır . Birincisi ; iyonlar sulu çözelti içerisinde serbest hareket edebilirler . Serbest hareket ettikleri için çarpışma ihtimali fazladır . İkincisi ; zıt yüklü iyonlar birbirlerini çektikleri için en hızlı oluşan tepkimeler sulu çözeltilerde oluşan iyon tepkimeleridir .

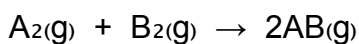
## 2) Derişimin Etkisi :

Tepkime kabında girenlerden en az birinin derişiminin artırılması birim hacimdeki tanecik sayısının artmasına neden olur . Bu durumda tanecikler arasındaki çarpışma sayısının artmasını sağlar . Çarpışmanın artması tepkimenin hızını arttırır .

Kısaca birim hacimdeki tanecik sayısı ( derişim ) arttırılırsa tanecikler sıklaşacağından çarpışma sayısı artar . Bunun sonucunda tepkimenin hızı artar

Kimyasal bir tepkimenin hızı , tepkimeye giren taneciklerin birim zamandaki çarpışma sayıları ile doğru orantılıdır .

$A_2$  ve  $B_2$  moleküllerinin bulunduğu bir kaptaki  $A_2$  ile  $B_2$  arasında,



Tepkimesi olsun . Kaba bir miktar daha  $A_2$  molekölü eklersek ,  $B_2$  molekülleri ile çarpışma olasılığı ve dolayısıyla tepkime hızı artar . Yani hız,  $A_2$  moleküllerinin derişimi ile orantılıdır .

Tepkime hızı  $\propto [A_2]$

Kaptaki B<sub>2</sub> moleküllerinin sayısını artırırsak , bu defa A<sub>2</sub> molekülleri , çarpışmak üzere daha fazla sayıda B<sub>2</sub> molekülü bulabilecekler ve böylece tepkime hızı B<sub>2</sub> nin derişimi ile de orantılı olacaktır .

Tepkime hızı  $\propto [B_2]$

Tepkime hızı hem [A<sub>2</sub>] hem de [B<sub>2</sub>] ile orantılı olduğundan ,

Tepkime hızı  $\propto [A_2] [B_2]$

Yazabiliriz . Bir orantı katsayısı ( k ) kullanılırsa ,

Tepkime hızı =  $k [A_2] [B_2]$

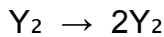
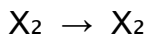
Olur. Bu eşitliğe hız denklemini ve eşitlikteki orantı katsayısı k ye hız sabiti denir. Bu sabit , sıcaklığa bağlı olarak değişir . Bağlıtıdan anlaşılacağı gibi hız sabiti büyük olan tepkimelerin hızı da büyük olacaktır .

Derişimi arttırmak için ya molekül sayısı arttırılmalı ya da hacim küçültülmelidir .

**ÖRNEK:**  $2X_2(g) + 3Y_2(g) \rightarrow 2X_2Y_3(g)$  tepkimesi tek basamakta gerçekleştiğine göre , tepkimede Y<sub>2</sub> ' nin derişimi 2 katına çıkartılırsa tepkime hızı kaç katına çıkar ?

**ÇÖZÜM :** Başlangıçta hız bağıntısı ;

$$TH_1 = k [X_2]^2 [Y_2]^3$$



$$TH_2 = k [X_2]^2 [2Y_2]^3$$

$$TH_2 = k [X_2]^2 [Y_2]^3 2^3$$

$$TH_2 = 8 TH_1$$

Tepkime hızı 8 katına çıkar

### 3) Sıcaklığın etkisi :

Sıcaklık arttırıldığında tepkime verecek taneciklerin kinetik enerjileri , dolayısıyla hızları artacağından tanecikler birbirleriyle daha sık çarpışacaklardır . Çarpışmanın daha sık olması da , tepkimenin daha hızlı olması sonucunu verir.

Sıcaklık artırıldığında tepkimelerin hızları da artar . Hızdaki bu artışı şöyle açıklayabiliriz ;

- I. Taneciklerin hızı artacağı için birim zamandaki çarpışma sayısı artar ve tepkimenin hızı da artar .
- II. Enerjisi , eşik enerjisinden yüksek olan yani aktifleşme enerjisi engelini aşan tanecik sayısının artması nedeniyle etkin çarpışma sayısı artar . Bu da tepkime hızının artmasına neden olur .

Tepkimeye giren taneciklerin sıcaklığı artırılırsa , taneciklerin kinetik enerjileri dolayısıyla hızları artar . Çünkü kinetik enerji sıcaklıkla doğru orantılıdır.Hızı artan madde tanecikleri birbirleriyle ;

- a) Daha çok çarpışma yaparlar
- b) Yaptıkları çarpışmalar daha etkili olur

Bu iki nedenden dolayı tepkimenin hızı artar .

Etkili çarpışma olmasının nedeni , sıcaklık arttıkça taneciklerin enerjisinin artması dolayısıyla aktifleşme enerjisini aşan tanecik sayısının fazla olmasıdır . Enerjisi fazla olan tanecikler hızlı hareket eder . Hızlı hareket eden bu taneciklerin çarpışması ise daha etkili olur .

**UYARI :** Sıcaklık artınca tepkimenin eşik enerjisinin değeri değişmez , eşik enerjisini aşan tanecik sayısı artar .

Sıcaklık artışı hem ekzotermik hem de endotermik tepkimelerin hızını arttırır .

Aynı tepkime için değişik iki sıcaklıkta taneciklerin kinetik enerji dağılımı aşağıdaki gibidir :

Grafikte görüldüğü gibi  $T_2$  eğrisinin altında kalan taralı alan  $T_1$  eğrisinin altındaki taralı alandan daha büyüktür . Bu ise sıcaklık artışının eşik enerjisini geçen tanecik sayısını artırdığına işaret eder .

Kısaca sıcaklık arttıkça eşik enerjisini aşan tanecik sayısının artmasından dolayı tepkime hızı da artar .

#### **4) Temas Yüzeyinin Etkisi :**

Katı – sıvı ya da katı – gaz tepkimelerinde yüzey çok önemlidir . Çünkü , yüzey artırılırsa taneciklerin çarpışma ihtimali artacağından tepkimenin hızı da artar .

Katı maddeler kütleleri sabit kalmak şartıyla küçük parçalara bölündükçe yüzeyleri artar . Bu yüzeylerdeki taneciklerde çarpışma yapacağı için tepkime hızı artar .

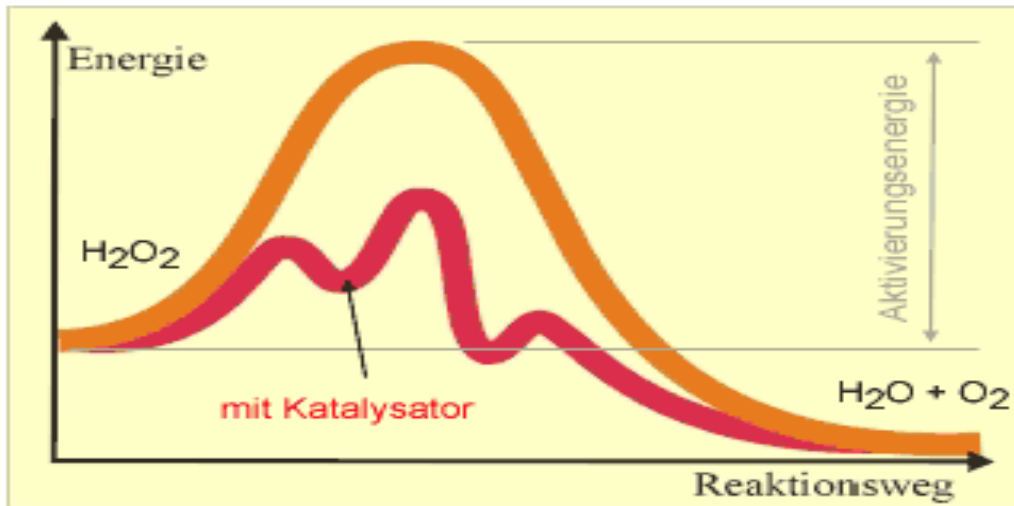
I . kaptaki Zn metalinin yüzeyi küçük III. Kaptaki Zn metalinin yüzeyi toz halinde olduğu için daha büyüktür . Zn metali HCl çözeltisi ile tepkime vererek H<sub>2</sub> gazı açığa çıkarır . Ancak I . kapta  $Zn(k) + 2HCl(suda) \rightarrow ZnCl_2(k) + H_2(g)$  tepkimesine göre gaz çıkışı yavaştır . III . kapta ise hızlıdır . Bu da yüzey arttıkça tepkime hızının artacağını gösterir .

II . kaptaki gaz çıkışı I . kaptakinden hızlı III . kaptakinden yavaştır .

• Tepkimeye giren maddelerin temas yüzeylerinin artması tepkime hızını artırır , eşik enerjisini değiştirmez .

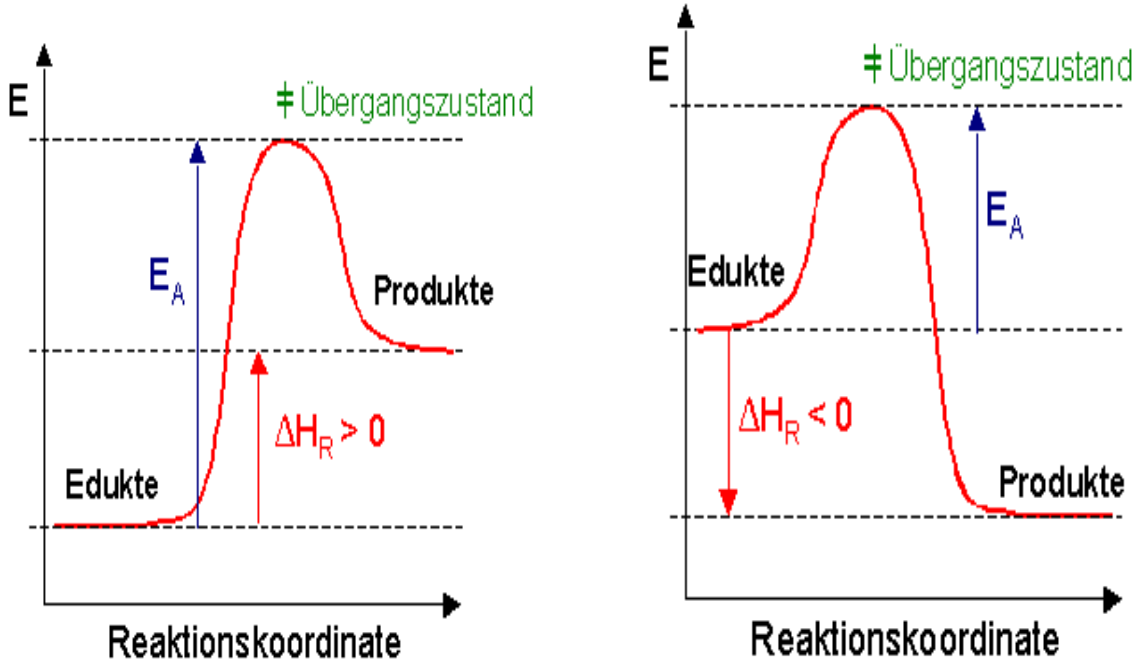
**ÖRNEK :** Aynı kütlede büyük parça , küçük parça ve toz halindeki çinko örnekleri , hacimleri ve molar derişimleri aynı olan HCl çözeltilerine ayrı ayrı konuluyor . Oluşan hidrojen hacminin zamana göre grafiği aşağıdaki gibidir . I , II ve III eğrilerin hangisi toz , hangisi küçük parça , hangisi büyük parça içindir ?

**ÇÖZÜM :** Tepkime başladıktan sonra üç eğri birbirinden ayrıldığına göre , tepkime hızları farklıdır . 1 dakika sonunda elde edilen H<sub>2</sub> gazının hacmi , I . eğri için V<sub>1</sub> , II . eğri için V<sub>2</sub> , III . eğri için V<sub>3</sub> ' tür .  $V_3 > V_2 > V_1$  olduğuna göre , aynı zaman aralığında en fazla H<sub>2</sub> III 'de , en az H<sub>2</sub> de I de toplanmaktadır . Öyleyse hızın en fazla olduğu III . eğri toz çinkoya , II . eğri küçük çinko parçalarına , I . eğri de büyük çinko parçalarına ilişkindir . Eğrilere dikkat edilirse , sonuçta üç olayda da elde edilen H<sub>2</sub> miktarı aynıdır . Bunun nedeni kullanılan madde miktarının üç tepkime için de aynı olmasıdır . Ancak yine eğrilerden anlaşılacağı gibi , III . eğride sabit duruma 2 dakika dolayında ulaşılırken , I . eğride 5 dakika dolayında ulaşılmıştır .



## 5) Katalizörün etkisi

Tepkime ortamına , dışarıdan ilave edilen , tepkime sonunda kimyasal yapısı değişmeden açığa çıkan ve tepkime hızını değiştiren maddelere katalizör denir .Tepkime hızını arttıranlara katalizör , yavaşlatanlara da inhibitör denir .



Katalizörün genel özellikleri ;

- Katalizörler tepkimenin izlediği yolu , mekanizmasını değiştirerek aktifleşme enerjisini düşürür . Ayrıca aktifleşmiş kompleksin yapısını değiştirerek daha çok taneciğin ürünlere dönüşmesini sağlar ve tepkimenin hızını artırır .

- İleri ve geri tepkimelerin aktifleşme enerjilerini aynı oranda düşürerek tepkime hızlarını artırır .

- Katalizör , bir tepkimenin denge konumunu bozmaz .

- Katalizör , tepkimenin mekanizmasını değiştirir .

- Katalizör , bir tepkimenin PE değişim grafiğini değiştirir .

E<sub>ai</sub> ve E<sub>ag</sub> katalizörsüz aktifleşme enerjileri .

E<sub>aik</sub> ve E<sub>agk</sub> katalizörlü aktifleşme enerjileridir .

$$\Delta H = E_{ai} - E_{ag} = E_{aik} - E_{agk}$$

- Katalizör , kinetik enerji dağılım eğrisini değiştirmez . Sadece eşik enerjisinin küçülmesini sağlar . Katalizörsüz S<sub>1</sub> kadar tanecik eşik enerjisini aşarak tepkimeye girdiği halde katalizör kullanıldığında ( S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub> ) kadar tanecik eşik enerjisini aşarak tepkimeye girer .

- Katalizör , tepkime sonunda değişmeden açığa çıkar .

- Katalizör , tepkimenin mekanizmasındaki adımları değiştirir .



• Katalizör , aktifleşmiş kompleksin türünü değiştirir .Genellikle daha düşük enerjili aktifleşmiş kompleks oluşturur .

• Katalizör , tepkimenin eşik enerjisini değiştirir .

• Katalizör hız denkleminde gösterilmez .

• Katalizör , tepkimeyi başlatmaz .Başlamış tepkimenin hızını değiştirir .

• Katalizör , tepkimeye giren maddeleri , ürünleri ve  $\Delta H$  'ın değerini değiştirmez.

• Katalizör , tepkimenin yönünü değiştirmez .

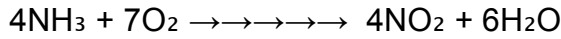
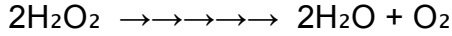
• Katalizör , hız sabitini ( k ) değiştirir .

• Katalizör , çift yönlü tepkimelerde ileri ve geri hızları aynı değerde değiştirir .

• Her reaksiyonun ayrı bir katalizörü vardır .

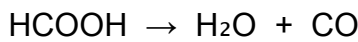
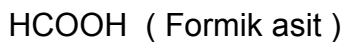
• Katalizörlerin reaksiyonda gördüğü işleve kataliz denir . Çok azı reaksiyonu katalizlemeye yeter .

• Katalizörler , net reaksiyon denklemlerinde gösterilmez . Ancak katalizörün belirtilmesi gereken reaksiyonlarda katalizör “ denktir “ ( reaksiyon okunun ) işaretinin üzerine yazılır .

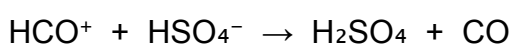
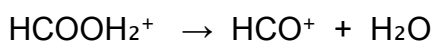
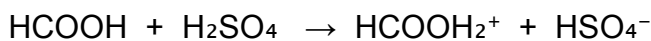


Yukarıda örnek aldığımız  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( hidrojen peroksitin ) parçalanma reaksiyonunda  $\text{MnO}_2$  ,  $\text{NH}_3$  ( amonyak ) ve  $\text{O}_2$  ( oksijenden )  $\text{NO}_2$  ( azot dioksit ) sentezi reaksiyonunda  $\text{Pt}$  ( Platin ) ve  $\text{Rh}$  ( Rodyum ) katalizörleri reaksiyonları hızlandırır .

• Katalizör birden çok basamaklı tepkimelerde yavaş basamağa etki eder. Bir tepkime yavaş olarak bir adımda gerçekleşirken , katalizör kullanıldığında adım sayısı artabilir . Ancak bu adımların aktifleşme enerjilerinin en büyüğü bile katalizörsüz tepkimenin aktifleşme enerjisinden çok daha küçüktür . Bu durumu bir örnekle açıklayalım :



Şeklinde ayrışır . Bu ayrışmanın hızını artırmak için  $\text{H}_2\text{SO}_4$  katalizör olarak kullanılır . Bu olaya ilişkin mekanizma ;



Biçimindedir .

Aşağıdaki şekilde bu değişimin potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiği görülmektedir . Katalizörsüz bir adımda gerçekleşen tepkime , katalizörlü üç adımda gerçekleşmiştir . Her üç adım içinde aktifleşme enerjisi söz konusudur . Ancak şekilden anlaşılacağı gibi bu aktifleşme enerjilerinden en büyüğü ( 2. Adım ) bile , katalizörsüz tepkimenin aktifleşme enerjisinden küçüktür . Mekanizmadan anlaşılacağı gibi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılmış ve yeniden elde edilmiştir . Bu nedenle katalizör toplu denklemde görülmez.

## DENEY ÖNERİSİ

### Reaksiyon Hızına Zimaz Enziminin (Katalizörünün) Etkisi

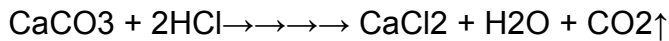
**Deneyin Amacı:** Maya, biyolojik bir katalizör olan "zimaz" enzimini içerir. Bu katalizör (enzim) ise, şekerin alkol ve karbon dioksit'e dönüştürülmesini (fermantasyonunu) katalize eder. Bu deneyde şekerin maya yardımı ile alkol ve karbon dioksit'e parçalanmasından yararlanarak, katalizörün reaksiyon hızı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

**Araç, Gereç ve Malzemeler:** Maya\* (iki kaşık), toz şeker (altı kaşık), beher (400 mL, üç adet).

### İşlem

• Beherlerden ilkinde oda sıcaklığında, ikinci ve üçüncüsüne ise, 37°C sıcaklıkta 200'er mL su koyarak, içlerine ikiye karışık şeker atınız. Şekerli suyu karıştırarak şekerlerin çözünmesini sağlayınız.

\* Bu amaçla piyasada satılan yaş veya tercihen kuru mayalardan yararlanmalısınız.

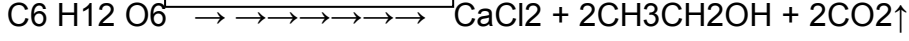


- Beherlerden ilk ikisine birer kaşık maya ilave ediniz ve dikkatlice karıştırınız.
- Birinci beheri oda sıcaklığında tutunuz. İkinci ve üçüncü beherlerin sıcaklığını 37°C civarında tutmak için bu beherleri, ılık bir yere (kalorifer üstüne, su banyosu içine vb.) yerleştiriniz.
- Yaklaşık yarım saat gözlem yaparak gözlemlerinizi not ediniz.

## TARTIŞMA VE YORUM

Bilindiği gibi şekerin fermentasyonu maya yardımı ile gerçekleşir ve bu işlem sonunda CO<sub>2</sub> ve alkol oluşur.

## Maya (Zimaz)



Glukoz (Şeker)

Etanol

Bu deneyin dikkatle yürütülmesi durumunda ortaya çıkan gözlemler şöyle özetlenebilir.

- Birinci beherde fermentasyon gerçekleşir, ancak hızı çok düşüktür.
- İkinci beherde CO<sub>2</sub> gaz kabarcıklarının çıkışı, kolaylıkla gözlenir. Yani fermentasyon hızı oldukça yüksektir.
- Üçüncü beherde hiç CO<sub>2</sub> gaz kabarcığı çıkışı gözlenmez. Zira fermentasyon gerçekleşemez.

Bu sonuçları şöyle açıklayabiliriz. Şekerin alkol ve CO<sub>2</sub> 'ye dönüşmesine ilişkin aktivasyon enerjisi çok yüksektir.

Bu nedenle bu reaksiyonun yürümesi için katalize edilmesi gereklidir. Üçüncü beherde hiç maya (katalizör) ilave edilmediği için, bu beherde 37°C 'da reaksiyon olmamasını doğal karşılarız. İkinci ve birinci beherlerdeki reaksiyonların gerçekleşebilmesini ise, bu beherlere maya ilave edilmesi ile (yani bu beherlerdeki reaksiyonların katalize edilmeleri ile) açıklarız.

Fermentasyonun, birinci beherde kıyasla ikinci beherde daha hızlı gerçekleşmesini ise, aralarındaki sıcaklık farkı ile açıklayınız. İkinci beherde, hem katalizör hem de sıcaklık faktörünün, olumlu etkisi ile daha hızlı bir fermentasyon gerçekleşmesini doğal karşılarız.

## DEGERLENDİRME SORULARI

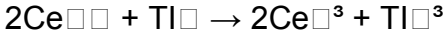
- 1) Bir katalizörün tepkime hızını artırması aşağıdakilerden hangisine bağlıdır ?
  - A) Aktifleşme enerjisini düşürebilmesine
  - B) Sıcaklığı arttırabilmesine
  - C) Basıncı arttırabilmesine
  - D) Tepkime ısını düşürebilmesine
  - E) Girenlerin derişimini arttırabilmesine

**ÇÖZÜM :** Katalizörler aktifleşme enerjisini düşürdüklerinden , tepkimeleri hızlandırır . CEVAP A

- 2)  $Ce^{IV} + Mn^{II} \rightarrow Ce^{III} + Mn^{III}$   
 $Ce^{IV} + Mn^{III} \rightarrow Ce^{III} + Mn^{IV}$   
 $Mn^{IV} + Ti^{II} \rightarrow Mn^{II} + Ti^{III}$

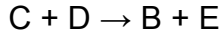
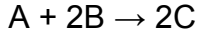
Mekanizmasına sahip tepkimenin denklemi nedir ? Bu tepkimede ara ürün ve katalizör hangi maddelerdir ?

**ÇÖZÜM :** Mekanizmayı oluşturan üç adım taraf tarafa toplanırsa ,



tepkime denklemi elde edilir .  $\text{Mn}^{3+}$  ve  $\text{Mn}^{2+}$  iyonları ara ürün ,  $\text{Mn}^{2+}$  iyonu katalizördür .

**3)** Bir tepkimenin mekanizmasındaki adımları gösteren denklemler şöyledir .



Bu tepkime için ;

I. B katalizördür

II. C ara üründür

III. Tepkime denklemi  $\text{A} + 2\text{D} \rightarrow 2\text{E}$  dir

Açıklamalarından hangileri doğrudur ?

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

**ÇÖZÜM :** İlk adımda tepkimeye giren B , ikinci adımın sonunda değişmeden açığa çıktığı için katalizördür . Adımlar taraf tarafa toplandığında C toplam tepkimede yer almadığı için ara üründür .

İkinci adımın denklemi iki ile çarpılıp birinci ile toplanırsa tepkime denklemi bulunur .



CEVAP A

**4)** Katalizörler için ;

I. Tepkimenin mekanizmasını değiştirirler

II. Tepkime sonunda oluşan ürün miktarını artırır

III. Tepkimeyi başlatmak için gereklidirler

IV. Hız sabitinin sayısal değerini değiştirirler

Yargılarından hangileri doğrudur ?

**ÇÖZÜM :** Katalizör bir tepkimenin mekanizmasını ve hız sabitini değiştirir . Bir tepkimeyi başlatamaz , tepkime sonunda oluşan verimi artıramaz . I ve IV