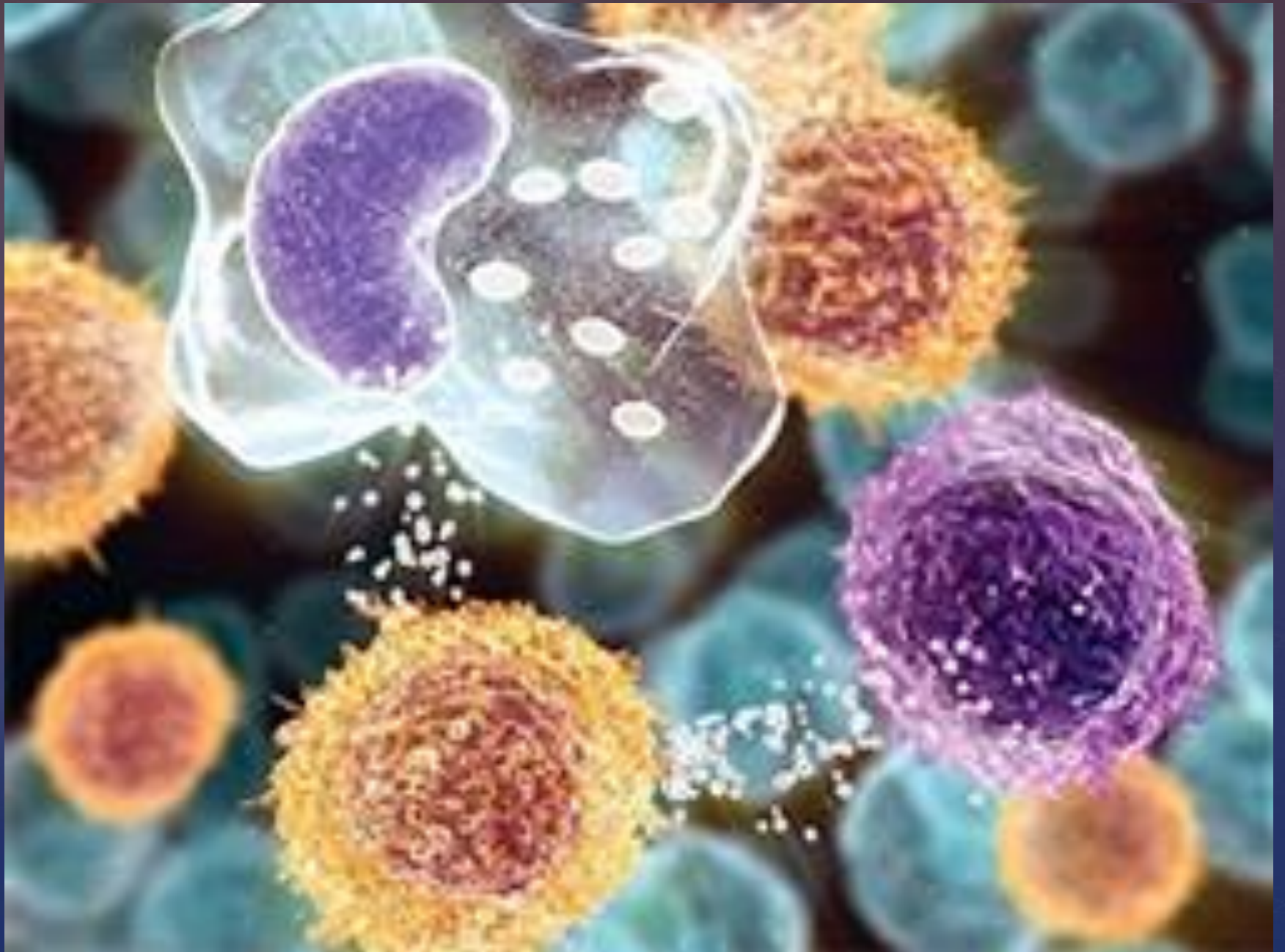


***Mavzu:**Fermentlarn  
ing asosiy xossalari,  
spetsifikligi, klassifik  
atsiyasi, sinflari.*

# *Reja:*

- 1** Fermentlarning asosiy xossalari
- 2** Fermentlarning termolabilligi
- 3** Fermentlarning spetsifikligi
- 4** Fermentlarni klassifikatsiyasi
- 5** *Fermentlarni sinflari*

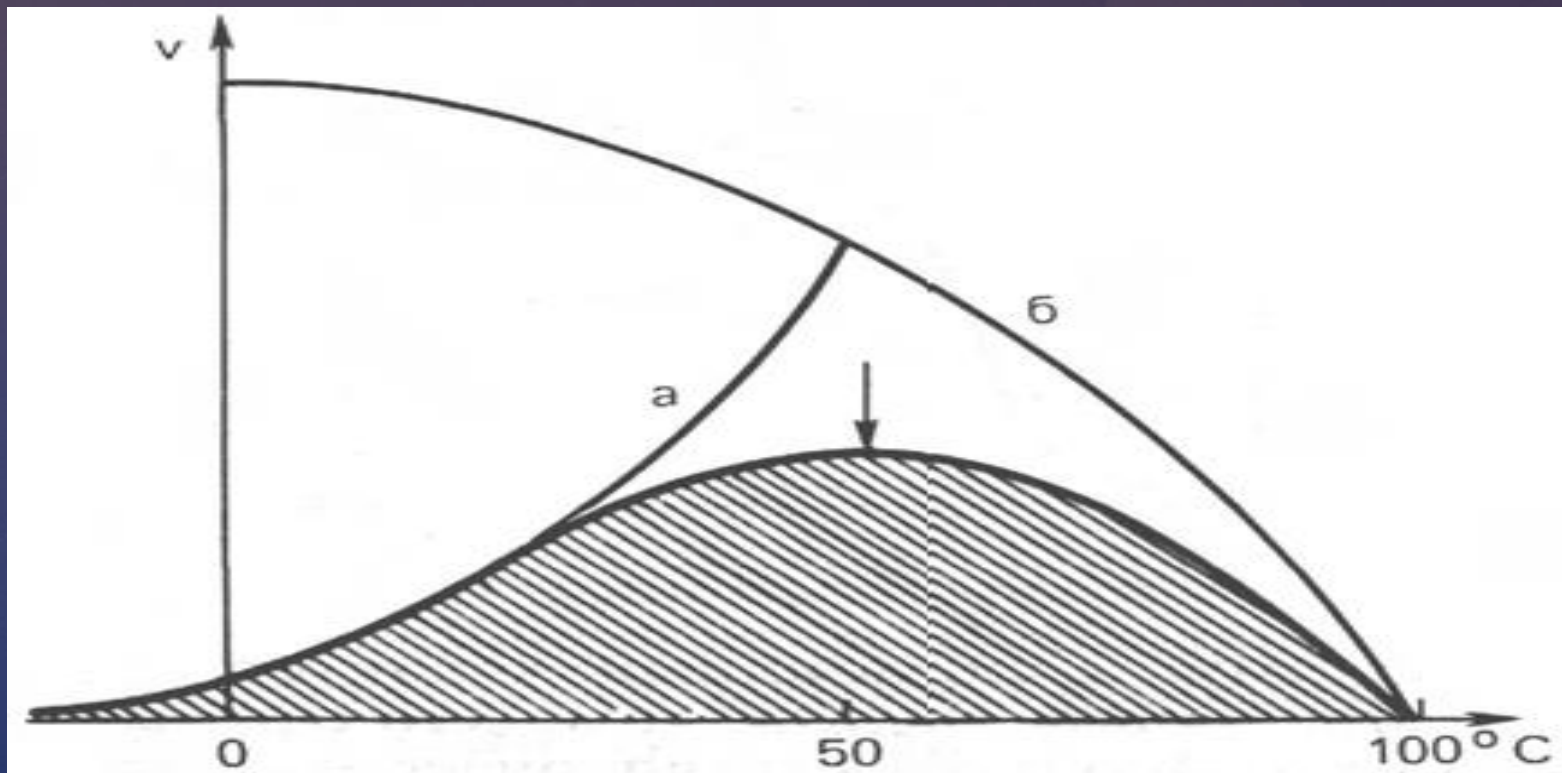


# *Fermentlarning asosiy xossalari*

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, fermentlar oqsil tabiatiga ega va shu sababli oqsillarga xos bo'lgan barcha xususiyatlarga ega, shu bilan birga fermentlar o'ziga xos bo'lgan bir qator xususiyatlarga ega. Bularga fermentlarning termolabilligi, spetsifikligi, muhit pHining o'zgarishiga nisbatan sezuvchanligi, aktivator va ingibitorlarning ta'siriga sezuvchanligi, aktivator va ingibitorlarning ta'siriga moyilligi kiradi.

Fermentlarning eng muhim xususiyatlaridan biri haroratga sezgirligidir. Fermentativ jarayonlar  $70^{\circ}\text{C}$  dan yuqori haroratda davom eta olmaydi,  $80-100^{\circ}\text{C}$  da fermentlar o'zining katalitik xossalarini butunlay yo'qotib qo'yadi, oqsil qismi denaturatsiyaga uchraydi. hamma fermentlar uchun muayyan bir harorat bo'lib, bunda ferment yuqori faollikka ega bo'ladi, bu uning harorat optimumi deyiladi. Issiq qonli hayvonlarning tarkibidagi ko'pchilik fermentlar uchun eng qulay harorat  $25-37^{\circ}\text{C}$  dir. O'simlik tarkibidagi fermentlarning harorat optimumi  $40-60^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'ladi. Past ( $0^{\circ}$  dan past) haroratlarda fermentlarning faolligi pasayadi,  $-60^{\circ}\text{C}$  dan keyin butunlay to'xtaydi.

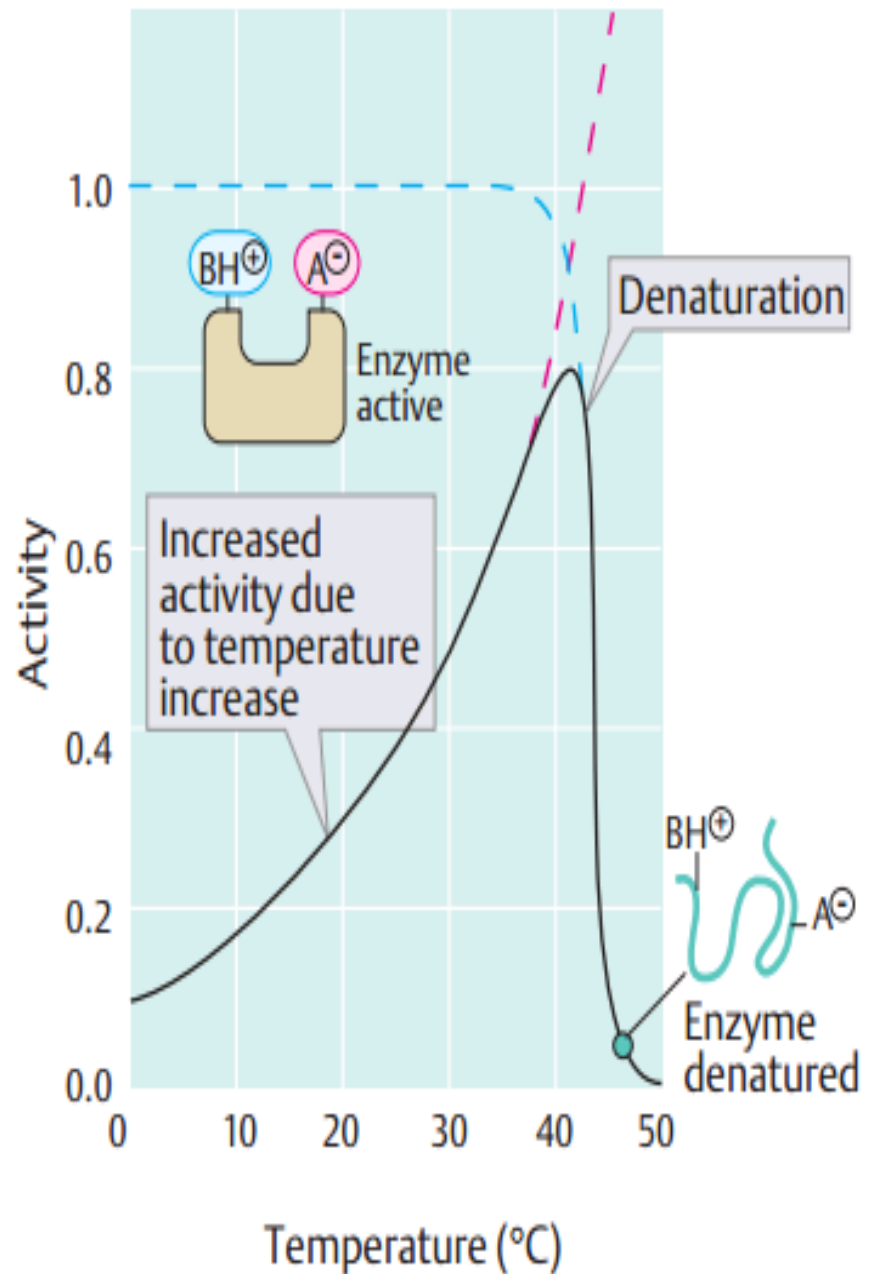
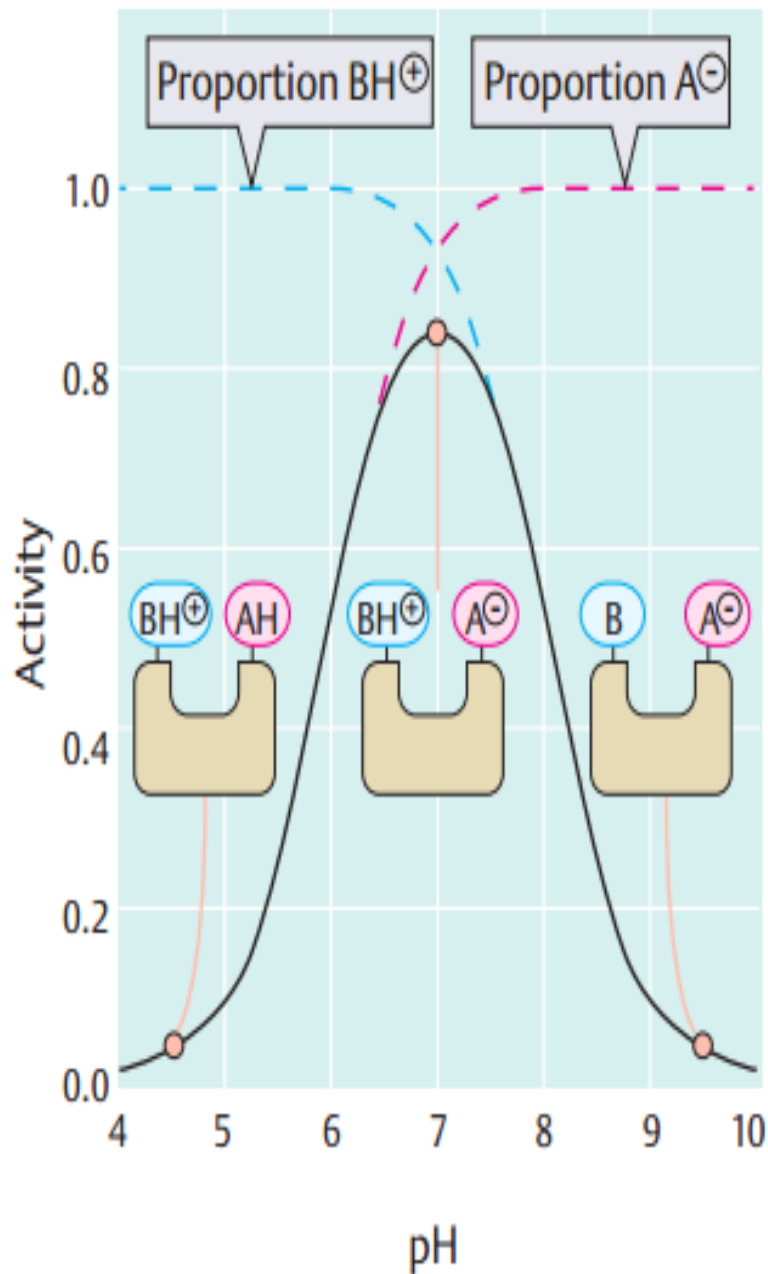
*Fermentativ reaksiya tezligining  
temperaturaga  
bog`liqligini grafigi.*



# *Fermentlar faolligiga muhit pHning ta'siri*

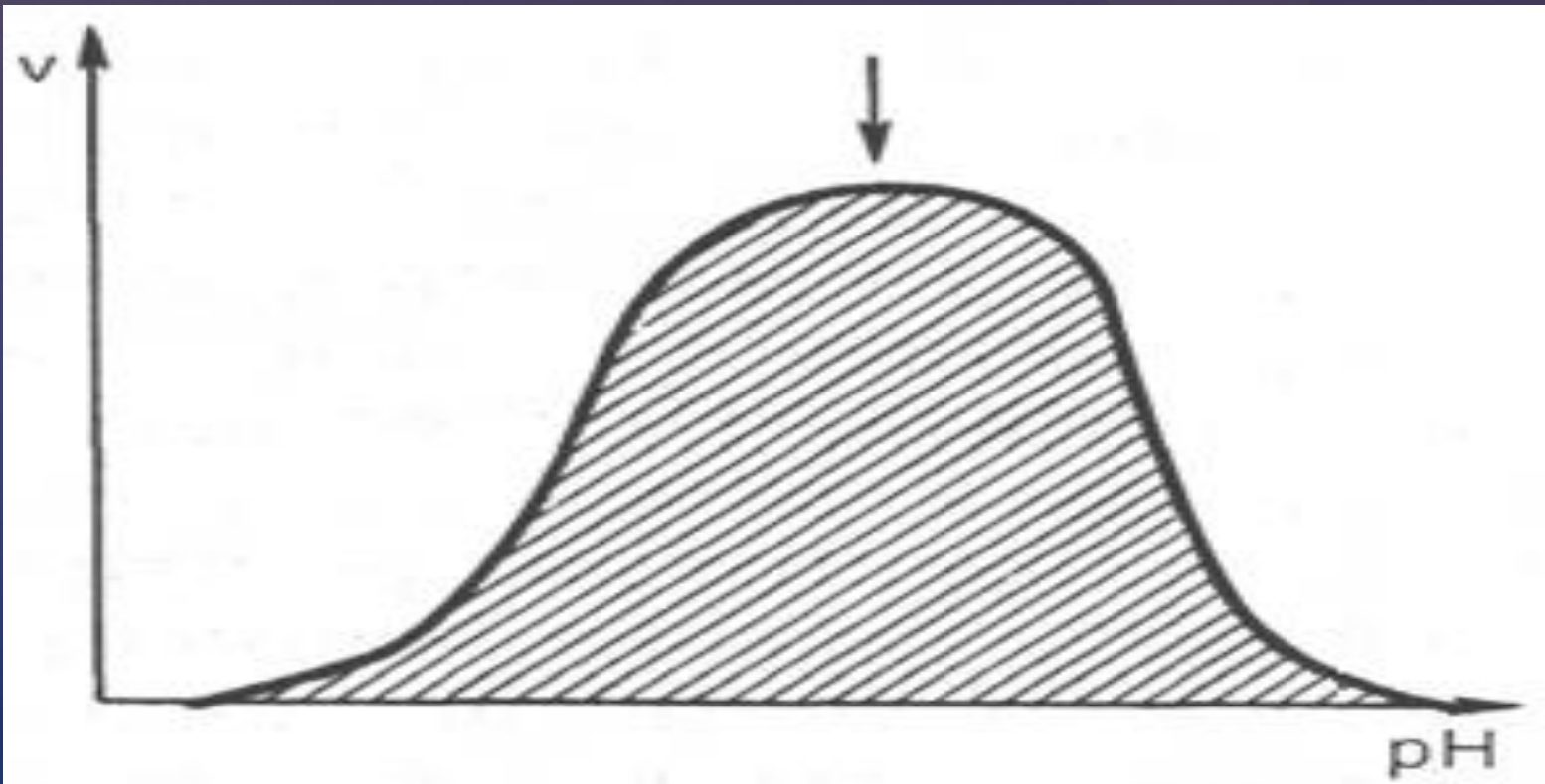
Fermentlar muhit pHning o'zgarishiga juda ham sezgirdir, ya'ni har bir ferment muhit pHning ma'lum qiymatida maksimal faollikka ega bo'ladi. Bu qiymat pH optimumi deb ataladi. Ko'p fermentlar neytral sharoitda yuqori darajada faol bo'ladi. Fermentlarning faolligi pH qiymatiga qarab keskin o'zgarib turadi. pHning optimal qiymati turli fermentlar uchun bir xil emas.

# A. pH and temperature dependency of enzyme activity





Fermentativ reaksiya tezligining muhit pHiga bog'liqligi (strelka pH optimumumga yo'nalgan)



# Fermentlar faolligiga muhit pHning taʼsiri

<i>Ferment</i>	<i>pH</i>	<i>Ferment</i>	<i>pH</i>
<i>Pepsin</i>	<i>1,5 – 2,5</i>	<i>Katalaza</i>	<i>6,8 – 7,0</i>
<i>Katepsin B</i>	<i>4,5 – 5,0</i>	<i>Ureaza</i>	<i>7,0 – 7,2</i>
<i>Soʻlak amilazasi</i>	<i>6,8 – 7,0</i>	<i>Pankretik lipaza</i>	<i>7,0 – 8,5</i>
<i>Ichak saxarazasi</i>	<i>5,8 – 6,2</i>	<i>Tripsin</i>	<i>7,5 – 8,5</i>
<i>Amilaza</i>	<i>4,9 – 5,2</i>	<i>Arginaza</i>	<i>9,5 – 10,0</i>
<i>(undirilgan don shirasi)</i>			

Masalan: pHning optimal qiymati pepsin uchun 1,5-2,0; soʻlak amilazasi 6,8-7,0; tripsin 7,8 ga teng. pH muhitning oʻzgarishi ferment faoliyatini pasayishiga yoki butunlay toʻxtashiga olib keladi. Natijada fermentning faol markaz strukturasi buziladi. . Fermentlarning aktivatorlari va ingibitorlari. Fermentlarning faolligiga harorat va pHdan tashqari, reaksiyon muhitda ishtirok etayotgan bir qator kimyoviy moddalar ham taʼsir koʻrsatadi. Reaksiyon muhitda baʼzi bir ionlarning ishtirok etishi ferment - substrat kompleksi hosil boʻlishini tezlashtiradi. Buning natijasida fermentativ reaksiyaning faolligi ortadi. Bunday moddalar aktivatorlar deb ataladi. Fermentativ reaksiyalarni katalizlovchi modda reaksiyada bevosita ishtirok etmaydi. Odatda, aktivator bilan ferment oʻrtasida qandaydir boʻsh kimyoviy bogʻlar hosil boʻlishi mumkin.

**Raqobatli  
ingibirlanish**



a



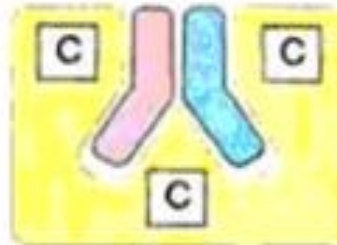
b

**2. Substrat analogi**



**3. Oraliq xolat  
analogi**

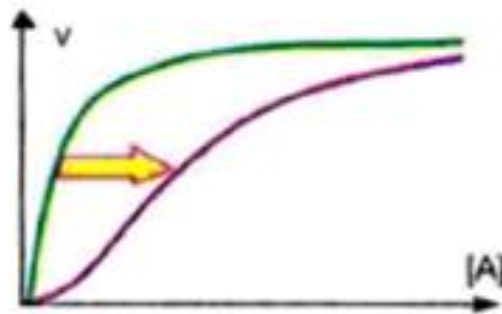
**1. Ingibirlanish  
mavjud emas**



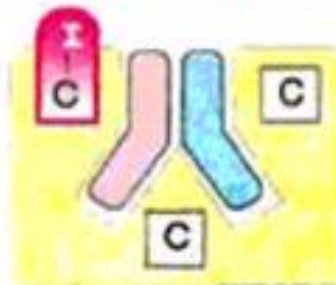
**Allostericheskoie  
ingibirovanie**



6.



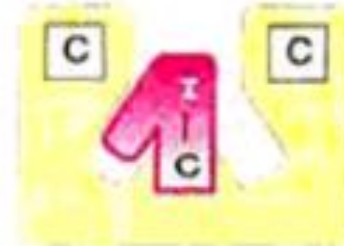
**Raqobatsiz  
ingibirlanish**



**4. Modifisiruyushiy  
reagent**



a

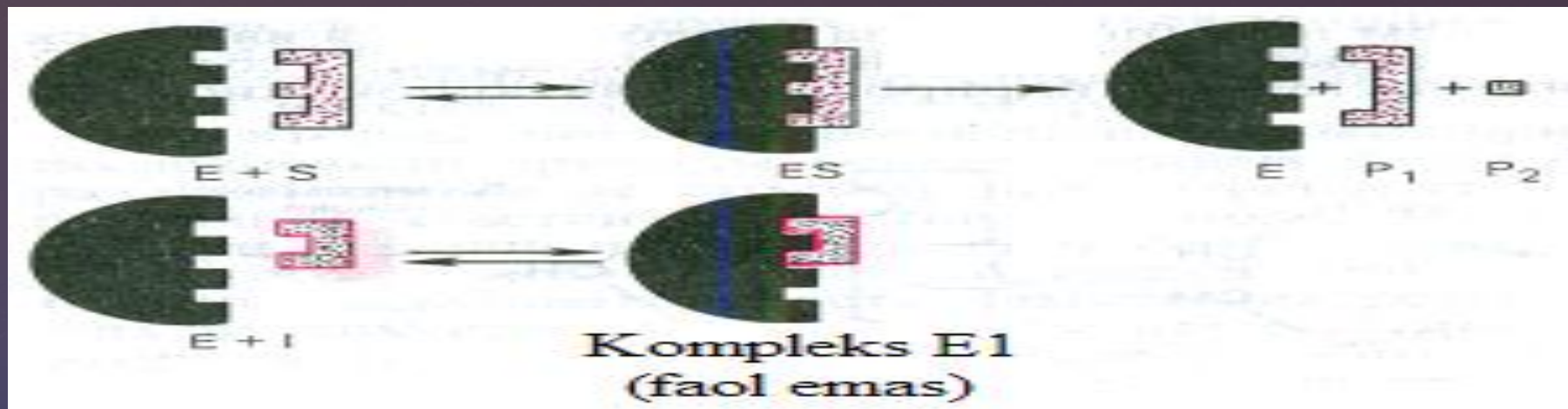


b

**5. Suisid  
substrat**

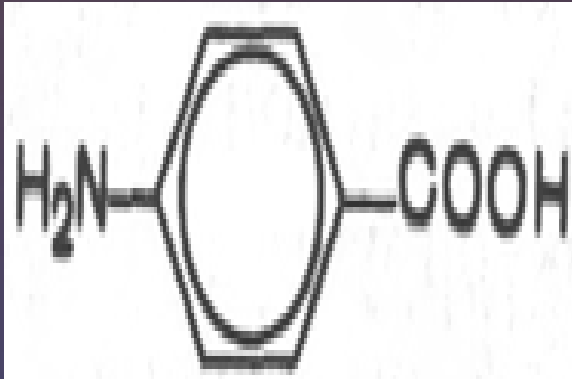
Aktivatorlik vazifasini ko'pincha kationlar bajaradi. Spetsifik aktivatorlarga,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$  kabi metall kationlari kiradi. Masalan, lipaza fermentining faolligi  $\text{Ca}^{++}$  yordamida oshirilsa, adenozintrifosfataza fermentining faolligi to'liq namoyon bo'lishi uchun bir vaqtning o'zida  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  kationlari bo'lishi mumkin.

Fermentativ reaksiyalarning faolligini pasaytiruvchi moddalar *ingibitorlar* deyiladi. Fermentativ reaksiyalarning faolligini pasaytirish ikki xil: konkurent (raqobatli) va nokonkurent (raqobatsiz) yo'l bilan amalga oshiriladi. Ferment faolligini raqobatli pasaytirishda reaksiya sur'atini pasaytiruvchi modda (ingibitor) substrat raqibi hisoblanadi va u ferment substratni biriktirib oladigan joyga, ya'ni fermentning faol markaziga birikib oladi. Ingibitor tuzilishi jihatdagina raqobatli pasaytirish amalga oshiriladi.

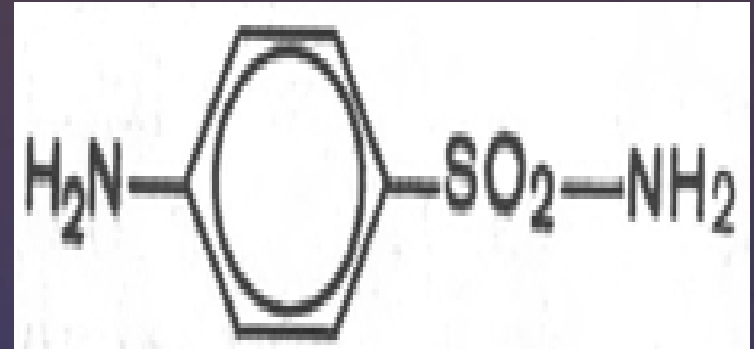


Raqobatli ingibitorlarning ta`siri (V.L. Kretovich sxemasi do'yicha).  
 E-ferment; S-substrat; P<sub>1</sub> va P<sub>2</sub> reaksiya mahsulotlari; I-ingibitor

Demak, ingibitor faqt fermentning faol markazi uchun substrat bilan raqobatlashadi. Ferment faolligini raqobatli pasaytirish qaytar xarakterda bo'lib, substratning miqdori ko'p bo'lganda ferment - ingibitor kompleksidan ingibitorni siqib chiqarishi mumkin. Raqobatli fermentlarning faolligini pasaytirish metodi tibbiyotda keng qo'llanilmoqda. Masalan: bakteriyalar tomonidan yuqtirilgan turli xil yuqumli kasalliklarni davolashda sulfanilamidli preparatlar qo'llaniladi. Bu preparatlarning strukturasi paraaminobenzoy kislotasi strukturasi o'xshash bo'lib, bakteriya hujayralari undan folat kislotaning sintezida foydalanadi. Folat kislota bakteriyalarning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Sulfanilamidning strukturaviy o'xshashligi hisobiga ferment kompleksidan paraaminobenzoy kislotasini siqib chiqarib, ferment ta'sirini to'sadi, natijada folat kislotani sintezlaydigan bakteriyalarning ko'payishi to'xtatiladi (tormozlanadi).



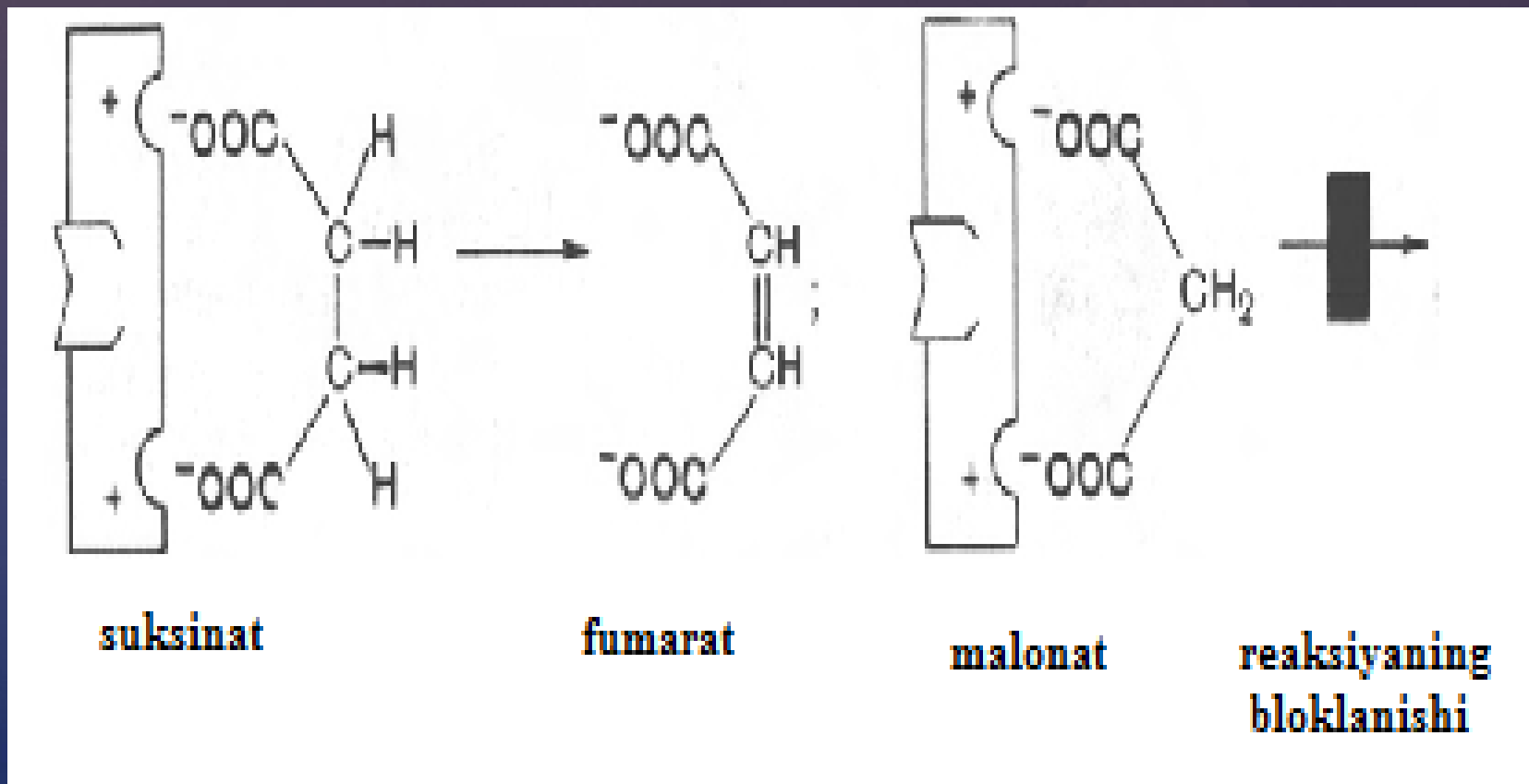
**n-aminobenzoy kislota**



**sulfanilamid**



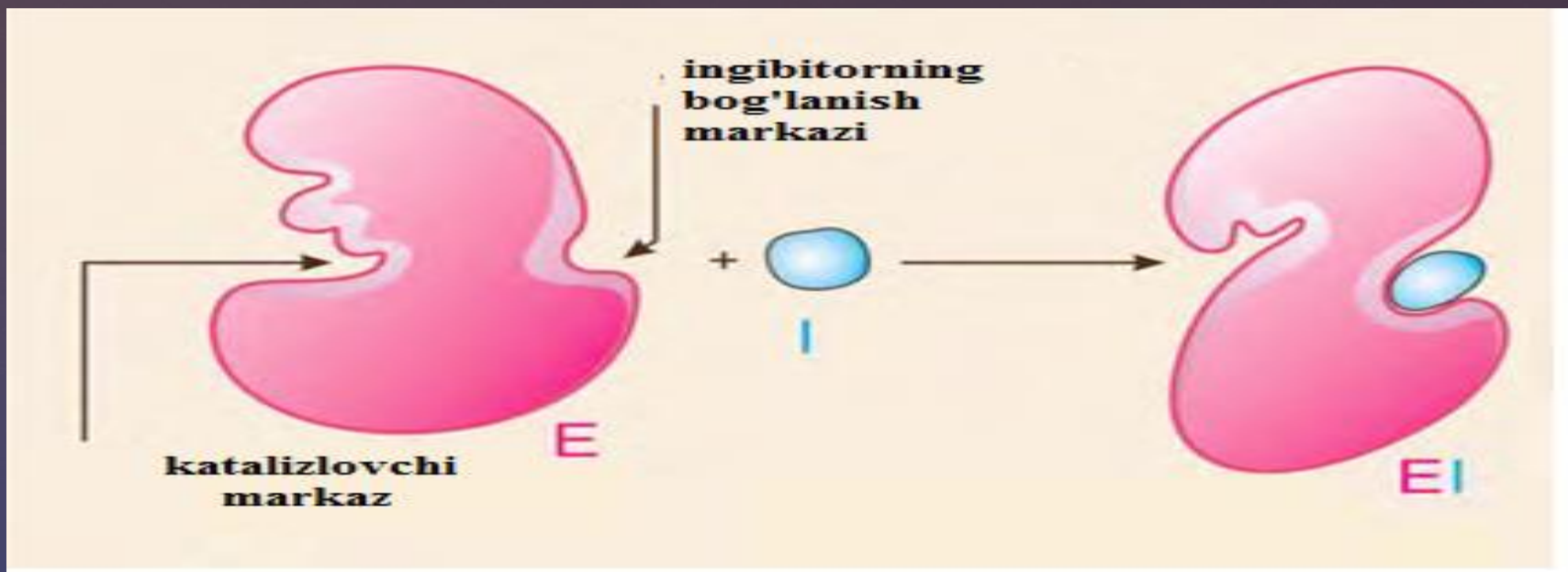
Fermentativ reaksiyalar faolligini raqobtli pasaytirishga malonat kislotani misol qilib ko'rsatish mumkin(rasm VI.2.3.2). Bunday reaksiya quyidagicha boradi:



*Malonat kislota suksinat kislota ning gomologi bo'lib, undan faqat bitta metil guruhi bilan farq qiladi, bu guruh oksidlanish xususiyatiga ega emas. Agar reaksiyon muhitga ko'p miqdorda malonat kislota qo'shilsa, reaksiya butunlay to'xtaydi. Agar shu reaksiyaga ko'p miqdor miqdorda substrat (suksinat kislota) qo'shilsa, reaksiya yana davom etadi.*

*Raqobatsiz ingibitorlar fermentlarning faol markaziga (ya'ni substrat birikadigan joyga) birikmayli. Shuning uchun fermentning faolliгинi pasaytirish darajasi substrat konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi(rasm VI.2.3.3).*

*Raqobatsiz ingibitorlar fermentativ reaksiyalar uchun zarur bo'lgan faol guruhlarning substratga nisbatan tutgan o'rnini buzadi va oqsil molekulasini deformatsiyaga uchratish yo'li bilan fermentativ faollikni pasaytiradi.*

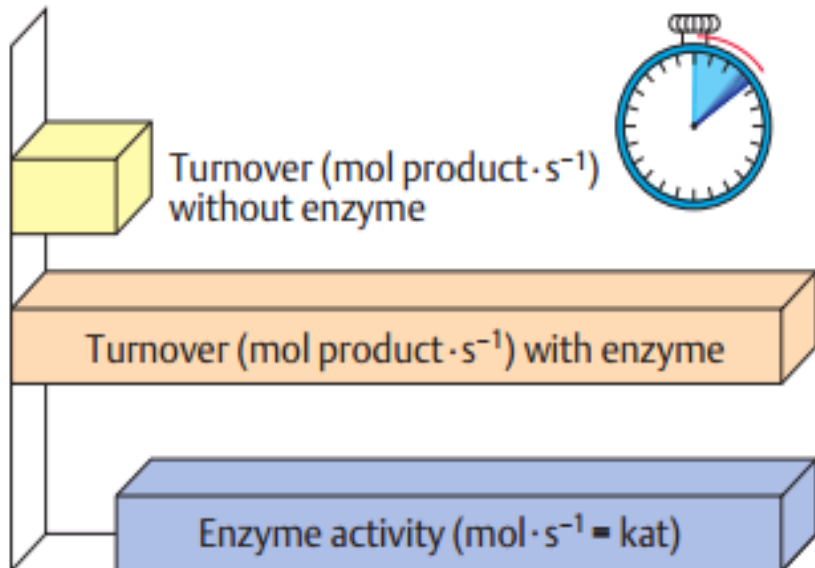


Raqobatsiz qaytar  
ingibirlanish

# *Fermentlarning spetsifikligi*

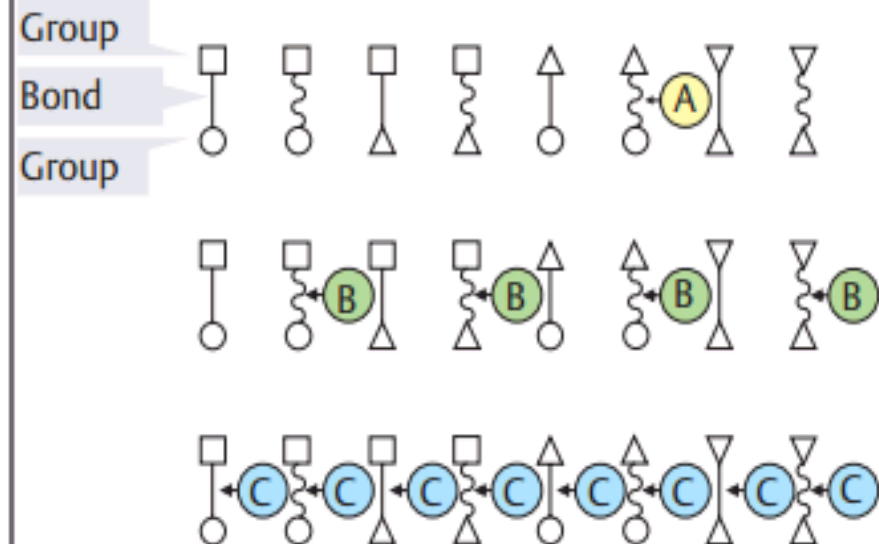
Fermentlar tirik organizmlarda boradigan biokimyoviy reaksiyalarni katalizlaydi, ya'ni ularning biokimyoviy faoliyatini boshqarib turadi. Fermentlar anorganik katalizatorlardan farq qilib, spetsifik ta'sir qilish xususiyatiga ega. Bu spetsifiklik xususiyati tirik organizmlarga xos bo'lgan muhim xususiyatlardan biri hisoblanadi, ya'ni ferment substratga kalit qulfga tushganday mos kelishi zarur. Hozirgi vaqtda fermentlar spetsifikligining quyidagi asosiy turlari bor.

### A. Enzymatic activity



1 Katal (kat): Amount of enzyme which increases turnover by  $1 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$

### B. Reaction and substrate specificity



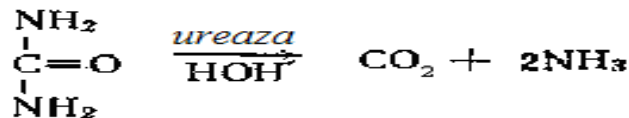
	Reaction specificity	Substrate specificity
A	High	High
B	High	Low
C	Low	Low

## { Fermentlarning spetsifikliigi

Agar ferment faqat bitta substratning parchalanish yoki hosil bo'lish reaksiyasini katalizlasa, bunda u absolyut spetsifiklikka ega bo'ladi.

Masalan: ureaza fermenti bitta moddaning -karbamidning karbonat anhidrid va ammiakkacha parchalanish reaksiyasini katalizlaydi.

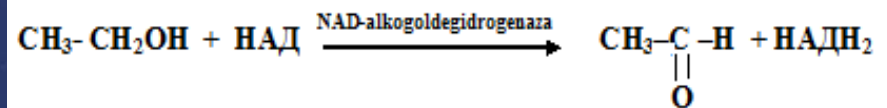
Ureaza hatto mochevina hosilalariga ham ta'sir ko'rsatmaydi.



karboamid

## { Absolyut guruhviy spetsifiklik

Bu xildagi fermentlarning mohiyati Shundan iboratki, ular bir-biriga o'xshash tuzilgan birikmalarga ta'sir etadi. Masalan: alkogoldehidrogenaza, asosan etil spirtiga ta'sir etadi, lekin tarmoqlanmagan zanjirli yuqori molekulyar boshqa spirtlarga ham ta'sir ko'rsatishi mumkin.



## *Nisbiy guruhviy spetsifiklik*

Bunday spetsifiklikka ega bo'lgan fermentlar substrat strukturasiiga befarq bo'lib, faqat ular tarkibidagi kimyoviy bog'lar xiliga qarab o'z ta'sirini ko'rsatadi.

Masalan, pepsin, tripsin oqsil molekulasiidagi peptid bog'larni gidrolizlaydi:

## *Stereokimyoviy spetsifiklik*

Bu xildagi spetsifiklikni faqat optik jihatdan faol bo'lgan moddalarda kuzatiladi. Moddalar almashinuvi jarayonlarida ishtirok etadigan ko'p tabiiy organik birikmalar optik jihatdan faol bo'ladi va organizmda biror-bir stereoizomer sifatida uchraydi. Agar reaksiyon muhit ikki xil izomerdan tashkil topgan aralashmadan iborat bo'lsa, stereokimyoviy spetsifiklikka ega bo'lgan ferment ta'sirida faqat substratning yarmi parchalanadi. Masalan: proteolitik fermentlar, odatda faqat L-shakldagi aminokislotalardan tashkil topgan peptidlarni parchalaydi. D-shakldagi aminokislotalarga esa ta'sir etmaydi. Shunga o'xshash, laktatdehidrogenaza fermenti ham L-laktat kislotaning oksidlanish reaksiyasini katalizlaydi, D-shakldagi kislotaga ta'sir etmaydi.

# *Fermentlarning termolabilligi*

*Fermentlar tirik organizmlarning hamma hujayralari va to'qimalarning tarkibiga kirib, ularda boradigan har qanday kimyoviy reaksiyalar fermentlar yordamida katalizlanadi. Tirik organizmlarning faoliyati fermentlarga bog'liqdir.*

*Hozirgi vaqtdan 3000 dan ortiq xilma-xil individual fermentlar bo'lib, ularning soni tobora ortib bormoqda.*

*1961 yili Halqaro biokimyo ittifoqi tomonidan tuzilgan komissiya fermentlar klassifikatsiyasi va nomenklaturasini ishlab chiqqan. Fermentlarning bir-biridan farq qiladigan o'ziga xos xususiyatlaridan biri ular kataliz qiladigan kimyoviy reaksiyalardir. Shu sababli, komissiya taklif qilgan klassifikatsiyaga fermentning xuddi ana shu xususiyati asos qilib olingan.*

*Klassifikatsiyada fermentlar kataliz qiluvchi reaksiyalar turiga qarab sinflarga bo'linadi. Har bir ferment o'z nomiga ega bo'lib, bu nom substratning nomini hamda reaksiyaning turini aniqlovchi va «aza» qo'shimchasiga ega bo'lgan so'zdan iborat. Yangi klassifikatsiyada sistematik nomlar bilan bir qatorda ishchi (trivial) nomlar ham saqlanib qolgan. Masalan, karboamid amidogidrolaza fermentining ishchi nomi ureazadir.*

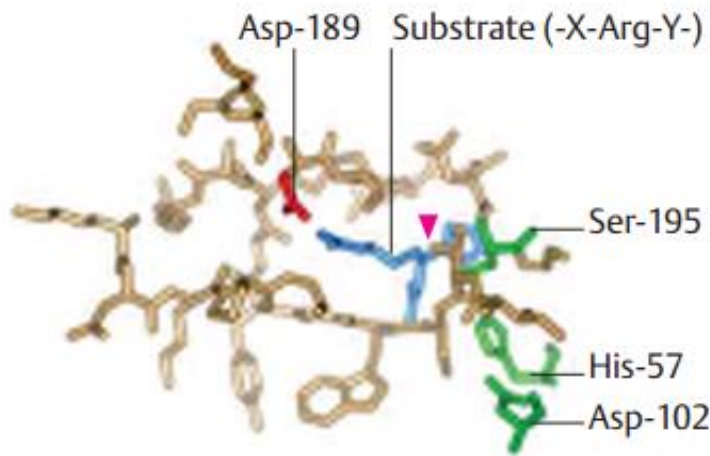


**Komissiya fermentlar klassifikatsiyasi bilan uzviy bog`liq bo`lgan nomeratsiya sistemasini ishlab chiqdi. Bu nomeratsiyaga ko`ra, har bir ferment to`rtta sondan iborat bo`lgan shifrga ega.**

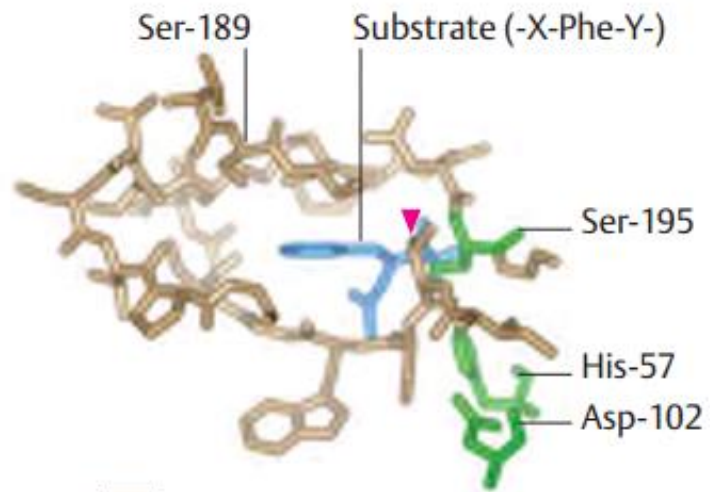
**Shifrdagi birinchi son fermentlar asosiy sinflardan qaysi biriga taalluqli ekanligini bildiradi. Klassifikatsiyaga muvofiq, fermentlarning quyidagi 6 ta asosiy sinfga bo`linadi:**

- 1. Oksidoreduktazalar**
- 2. Transferazalar**
- 3. Hidroalazalar**
- 4. Liazalar**
- 5. Izomerazalar**
- 6. Ligazalar (sintetazalar)**

### B. Substrate specificity

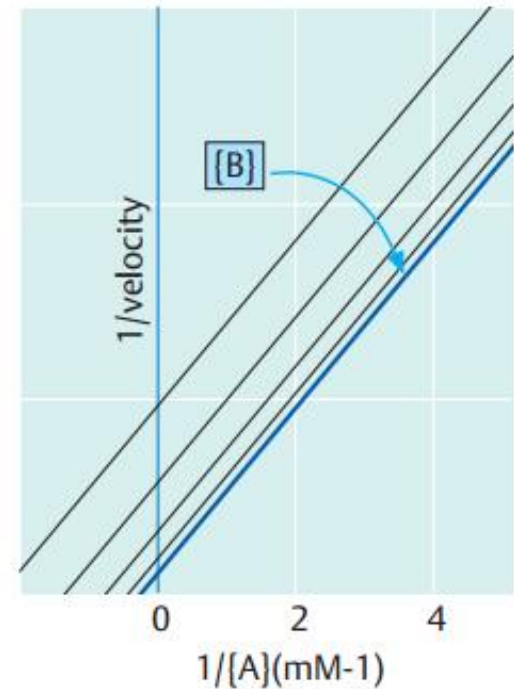
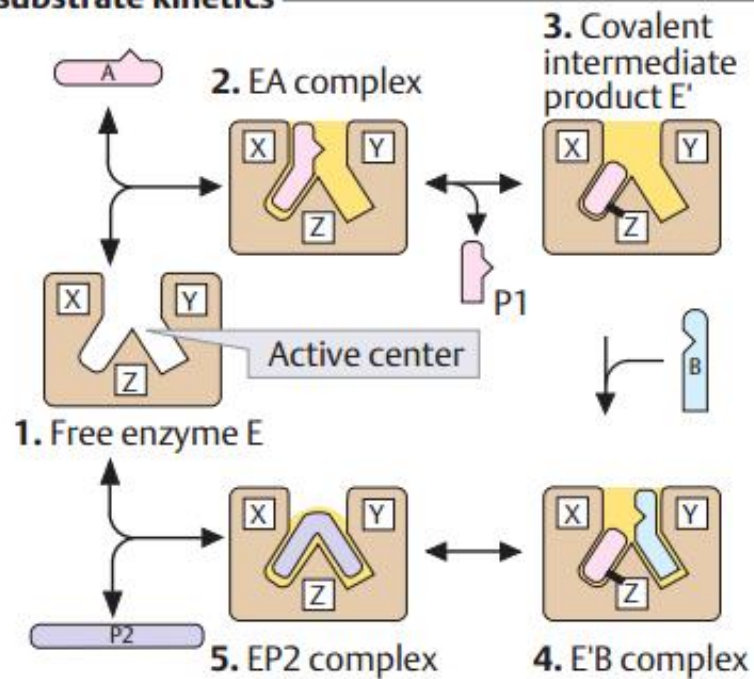


**1** Trypsin (3.4.21.4)  
-X-Y-Arg (Lys)-Z-



**2** Chymotrypsin (3.4.21.1)  
-X-Y-Tyr (Trp, Phe, Leu)-Z-

### C. Bisubstrate kinetics



Har bir asosiy sinf o'z navbatida bir necha kichik sinfga bo'linadi. Shifrdagi ikkinchi son ana shu kichik sinflarni ifodalaydi. Bu kichik sinf oksidoreduktazalarning donorlardagi oksidlanuvchi guruhni (2-aldegid yoki keton guruh va hokazo); transferazalarda esa ko'chiriluvchi guruhni; gidrolazalarda gidrolizga uchragan bog'lar turini ifodalaydi. Har bir kichik sinf o'z navbatida yanada kichikroq sinflarga bo'linadi.

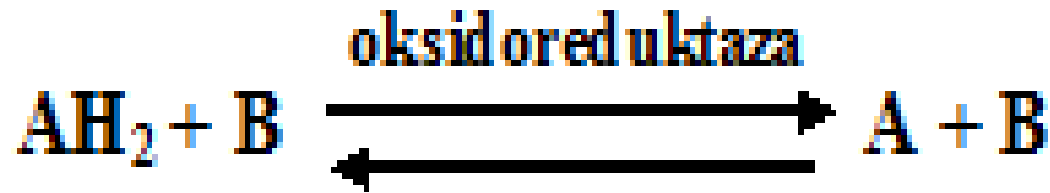
Shifrdagi uchinchi son ana shu kichik sinflarning sinfchalarini bildiradi. Bu sinfchalar oksidoreduktazalarda reaksiyada ishtirok etuvchi akseptorning turini ifodalaydi. Shifrdagi 3 ta son fermentning qaysi turga mansubligini ko'rsatadi. Masalan, 1,2-3-donori aldegid yoki keton bo'lgan va akseptori molekulyar kislorod bo'lgan oksidoreduktaza ekanligini bildiradi.

Shifrdagi to'rtinchi son sinfchalardagi fermentlarning tartib raqamini ifodalaydi. Masalan, ureaza fermentining shifri 3.5.1.5. Shunday qilib, shifr fermentning ro'yxatdagi o'rnini ifodalaydi.

# *Oksidoreduktazalar*

Bu sinfga hujayralardagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini katalizlaydigan fermentlar kiradi.

Oksidlanish reaksiyalari substratdan (donordan) vodorod atomlari yoki elektronlarni ajratish bilan, qaytarilish reaksiyalari vodorod atomlarini (elektronlarni) akseptorga biriktirish bilan boradi. Donorni A harfi bilan, akseptorni B harfi bilan ifodalansa, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

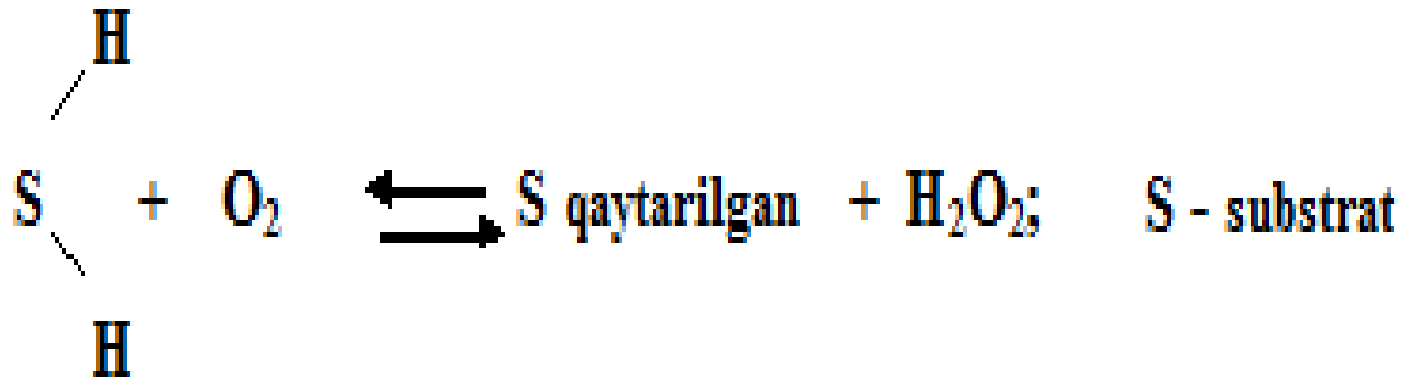


AH-vodorod donori,

B-vodorod aktseptori

Oksidoreduktazalarga degidrogenazalar, oksidazalar, sitoxromreduktazalar va peroksidazalar kiradi. Ular tarkibidagi spetsifik kofermentlar va prostetik guruhlar bilan bir-biridan farq qiladi. Oksidoreduktazalar ikki guruhga bo'linadi.

a) aerobli degidrogenazalar: ular vodorod atomlari yoki elektronlarni bevosita kislorod atomiga uzatadi.



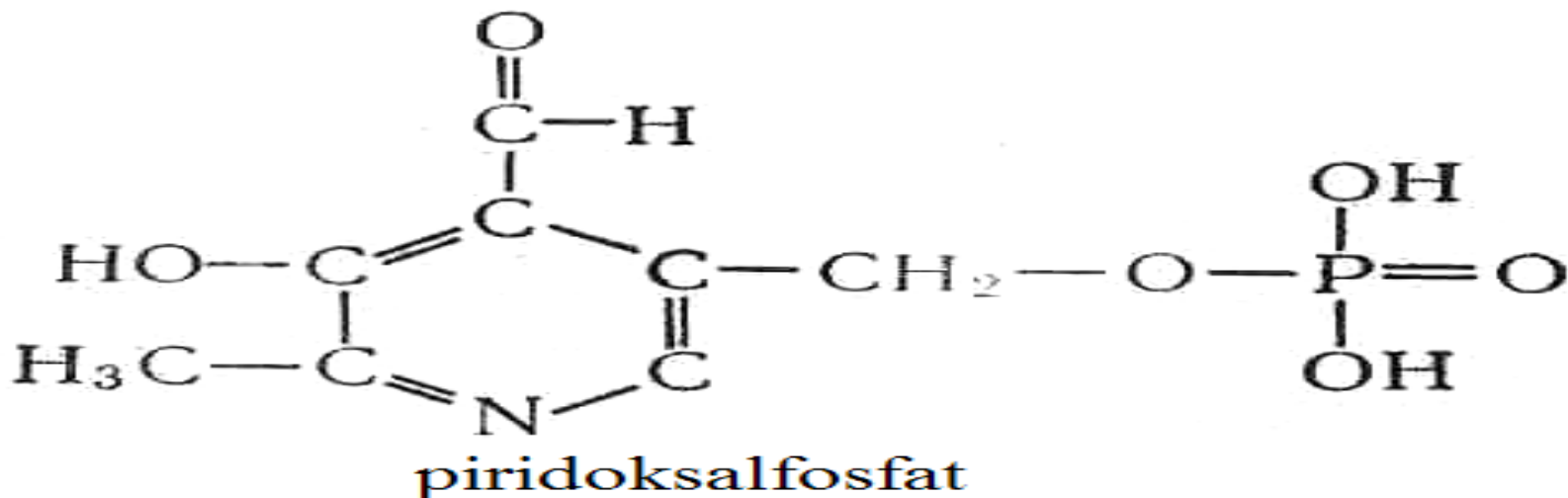
Aerobli degidrogenazalarga oksidazalar kiradi.

b) anaerobli degidrogenazalar: ular vodorod atomlarini yoki elektronlarni molekulyar kislorodga uzatmay, balki boshqa oraliq akseptorlarga beradi. Tarkibidagi kofermentlar saqlashiga ko'ra, nikotinamidli va flavinli degidrogenazalar bo'lish mumkin.  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH} + \text{NAD}^+$  laktatdegidrogenaza  
 $\text{CH}_3\text{-C-COOH} + \text{NAD.H} + \text{H}^+$

Transferazalar ma`lum atomlar guruhining bir birikmadan ikkinchi birikmaga ko`chishini katalizlaydi.

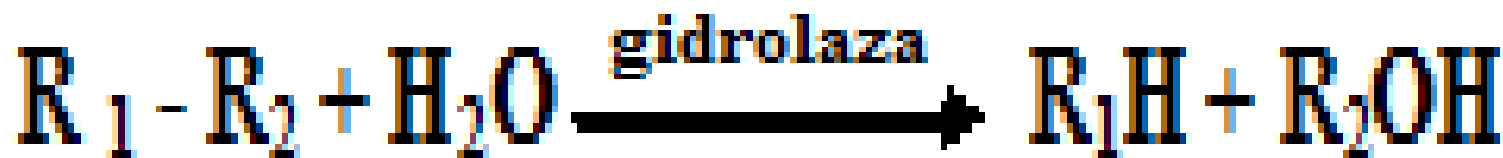
Ular bir necha guruhga bo`linadi. Masalan, aminotransferazalar - amin guruhlarni bir birikmadan ikkinchi birikmaga ko`chirishni katalizlaydi.

Ularning kofermenti vitamin B<sub>6</sub> ning



Shuningdek, metiltransferazalar metil guruhlarini (-CH<sub>3</sub>) ko'chiradi; kreatinkinaza kreatinfosfat hosil bo'lishini katalizlaydi, geksokinaza geksoza molekulasiga fosfat guruhini ko'chirishni katalizlaydi.

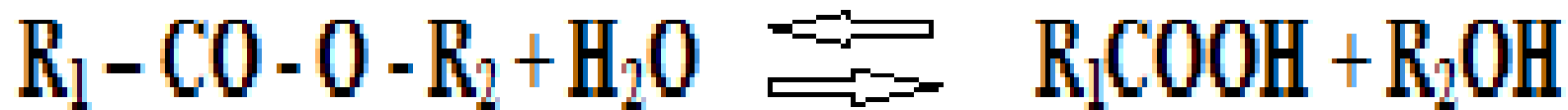
*Gidrolazalar.* Bu sinf fermentlari murakkab organik birikmalarning molekulalari ichidagi bog'larni suv ishtirokida uzib gidrolizlaydi. Ular quyidagi umumiy ko'rinishga ega bo'lgan reaksiyalarni katalizlaydi



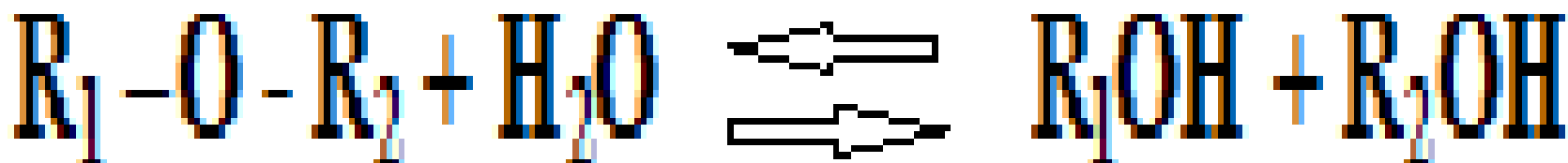


Gidrolaza bir necha guruhlarga bo'linadi: esterazalar, glikozidazalar, peptidazalar, polifosfatazalar.

Esterazalar - efir bog'larini gidrolizlaydi



Glikozidazalar - glikozid bog'larni gidrolizlaydi



Bunda  $R_1$  – mono, di yoki polisaxaridlar;  $R_2$  – ham mono, di yoki polisaxarid yoki spirt yoki fenol guruhni tutuvchi uglevod tabiatiga ega bo'lmagan modda(masalan, glikozidlardagi *aglikonlar*)

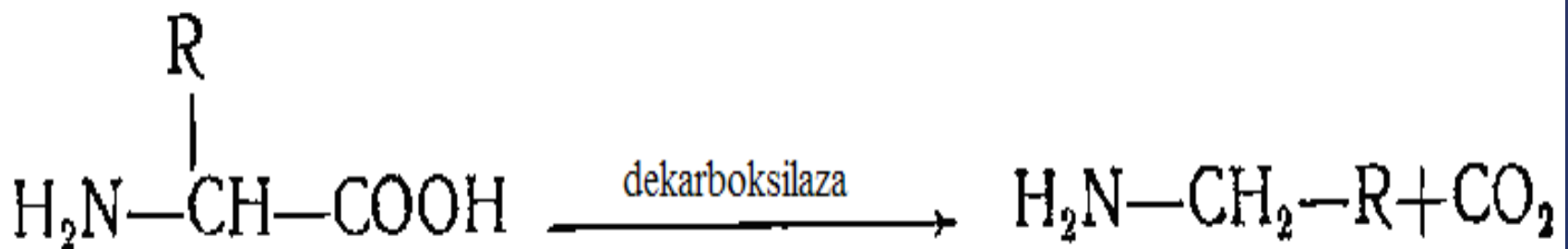
Peptidazalar - peptid bog`larni gidrolizlaydi



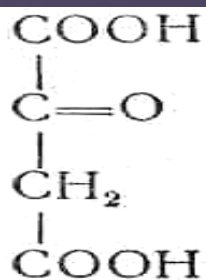
Bu yerda  $R_1$  va  $R_2$  –di yoki polipeptid zahjirlaridagi aminokislotalar. Polifosfatazalar - fosfoangidrid bog`larni gidrolizlaydi.

*Liazalar*-Substratdan suv ishtirokisiz ma`lum guruhlarning ajralishini katalizlaydi. Bu fermentlarning faoliyati tufayli qo`sh bog`lar hosil bo`ladi yoki ma`lum guruhlardagi qo`sh bog`lar uziladi. Bu fermentlarga aldolazalar, dekarboksilazalar kiradi.

Dekarboksilazalar dekarboksillanish reaksiyalarini katalizlaydi. Aminokislotalarning dekarboksillanishi natijasida karbonat angidrid va tegishli aminlar hosil bo`ladi, buni quyidagicha ifodalash mumkin

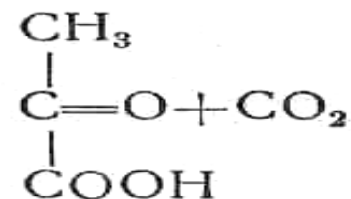


# *Ketokislotalarning dekarboksillanish reaksiyasi natijasida tegishli aldegid yoki ketonlar hosil bo'ladi*

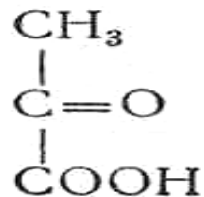


oksaloatsetat kislota

oksaloatsetatdekarboksilaza

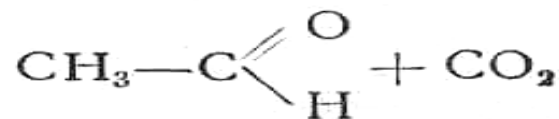


piruvat kislota



piruvat

piruvatdekarboksilaza



atsetat aldegid

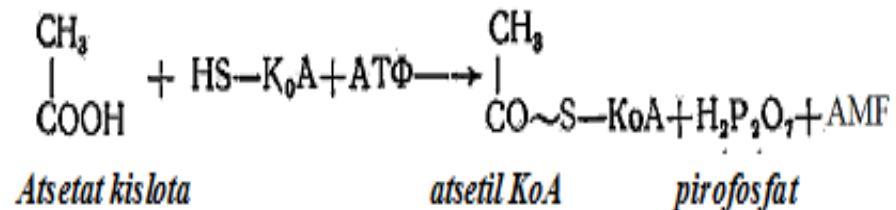
# Izomerazalar

Bu sinfga kiradigan fermentlar har xil organik birikmalarning izomerlanish reaksiyalarini katalizlaydi. Reaksiya natijasida vodorod, fosfat, atsil va boshqa atom guruhlari molekulalararo o'rin almashadi. Reaksiyaning tipiga qarab quyidagi sinfchalarga bo'linadi. Masalan: mutazalar, tatomerazalar, ratsemazalar, epimerazalar, izomerazalar va hokazolar.

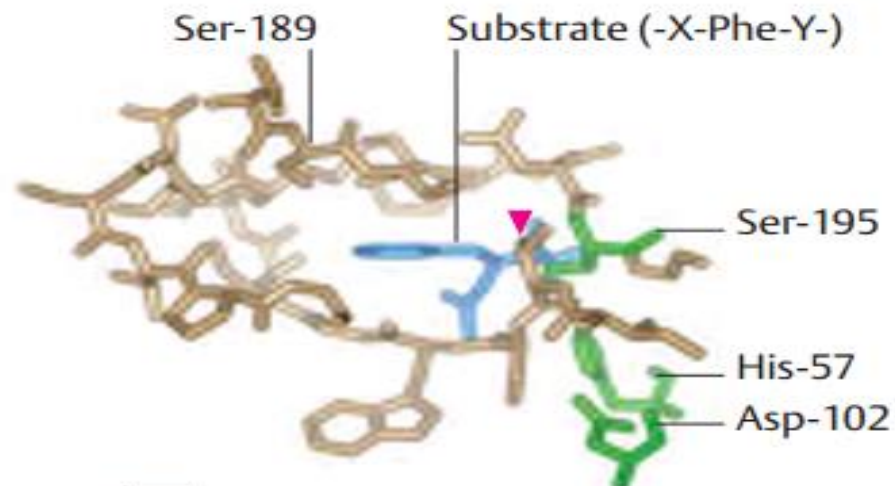
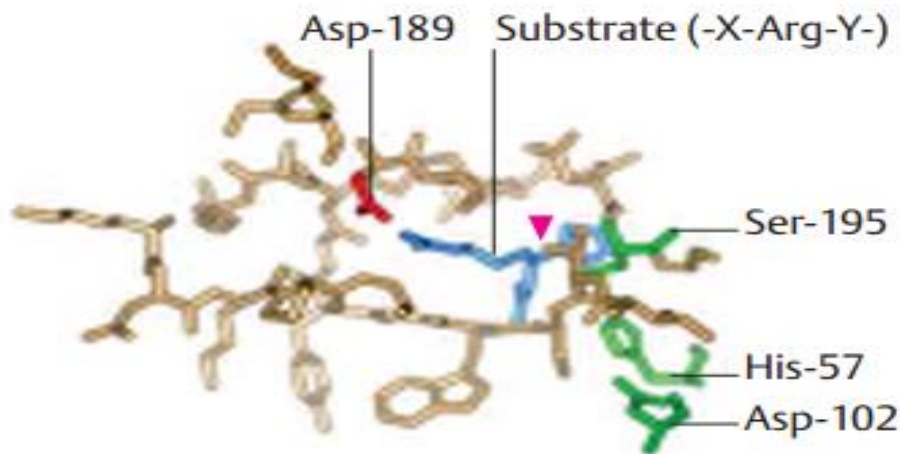
# Ligazalar(sintetazalar)

Adenozintrifosfat va nukleozidtrifosfatlarning parchalanish energiyasi hisobiga sintez reaksiyalarini ligaza fermentlari katalizlaydi. Bu sinfga misol qilib atsil - K<sub>0</sub>A - sintetaza, piruvatkarboksilaza va boshqalarni olish mumkin.

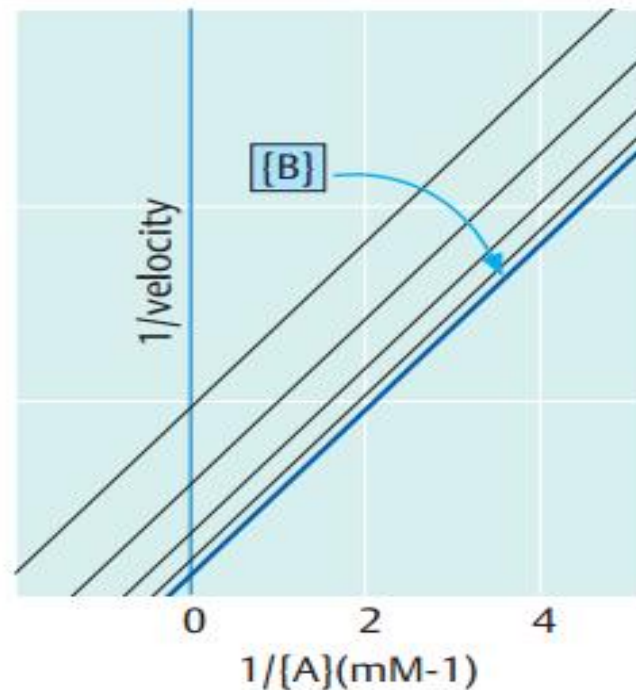
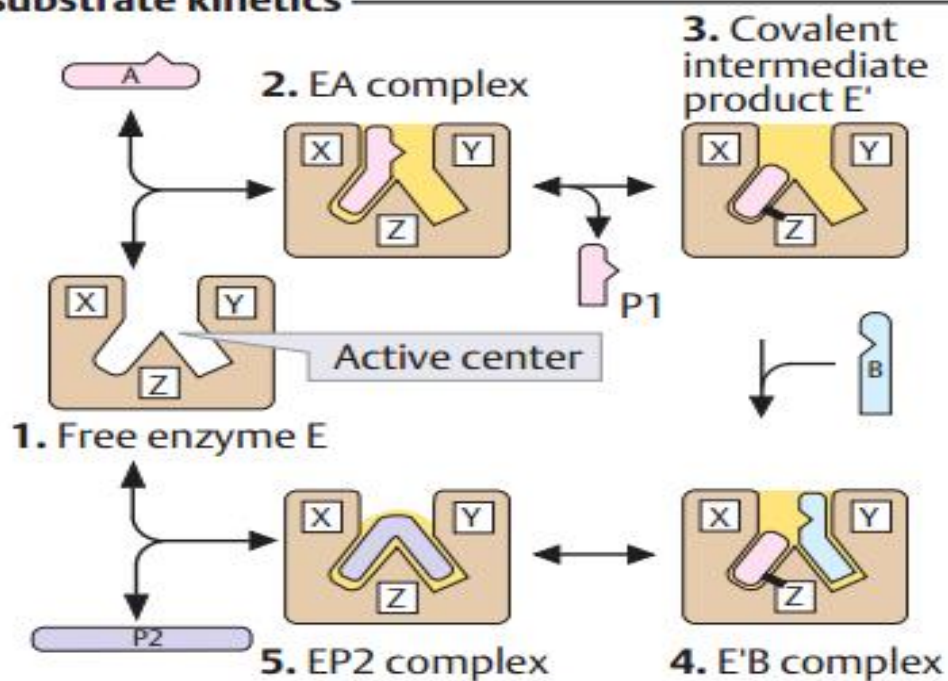
Atsil - K<sub>0</sub>A - sintetaza atsetat kislotaning faol holdagi atsetil - K<sub>0</sub>A ga aylanishini katalizlaydi:



## B. Substrate specificity



## C. Bisubstrate kinetics



# *Fermentlarning hujayrada joylashishi*

Fermentlar barcha ho'jayralarda, biologik suyuqliklar (o'simliklar shiralari, oshqozon-ichak shiralari, qon, limfa, orqa miya suyuqligi, siydik va boshqalar)da doimo mavjud. Fermentlar tirik organizmda va hujayrada baravar miqdorda tarqalmagan. Masalan, pepsin oshqozonda, tripsin va lipaza o'n ikki barmoq ichak shirasida ko'p miqdorda uchraydi. Amilaza oshqozon osti bezi shirasidan tashqari so'lakda, kam miqdorda qonda, jigarda, muskullarda, unib chiqayotgan donlarda ko'p miqdorda bo'ladi. Hujayradagi fermentlar ma'lum struktura asosida, ya'ni membranalarda bog'langan holda uchraydi. Barcha hujayralar uchun umumiy bo'lgan jarayonlarda ishtirok etadigan fermentlarni har xil hujayralarda uchratish mumkin. Ammo ixtisoslashgan hujayralarda faqat shu hujayralarning funksiyasi bilan bog'liq bo'lgan fermentlar uchraydi. Hujayralarning har bir struktura komponentida uning funksiyasi bilan bog'liq bo'lgan ayrim fermentlar yoki fermentlar sistemasi mujassamlashgan bo'ladi. Masalan, mitoxondriylarda, asosan, energiyaga boy bo'lgan birikmalarni hosil qilish reaksiyalarini katalizlovchi fermentlar, ya'ni Krebs sikli, elektronlarning ko'chishi va ATF hosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan fermentlar joylashgan.

# Ферменты, содержащиеся в соке поджелудочной железы

