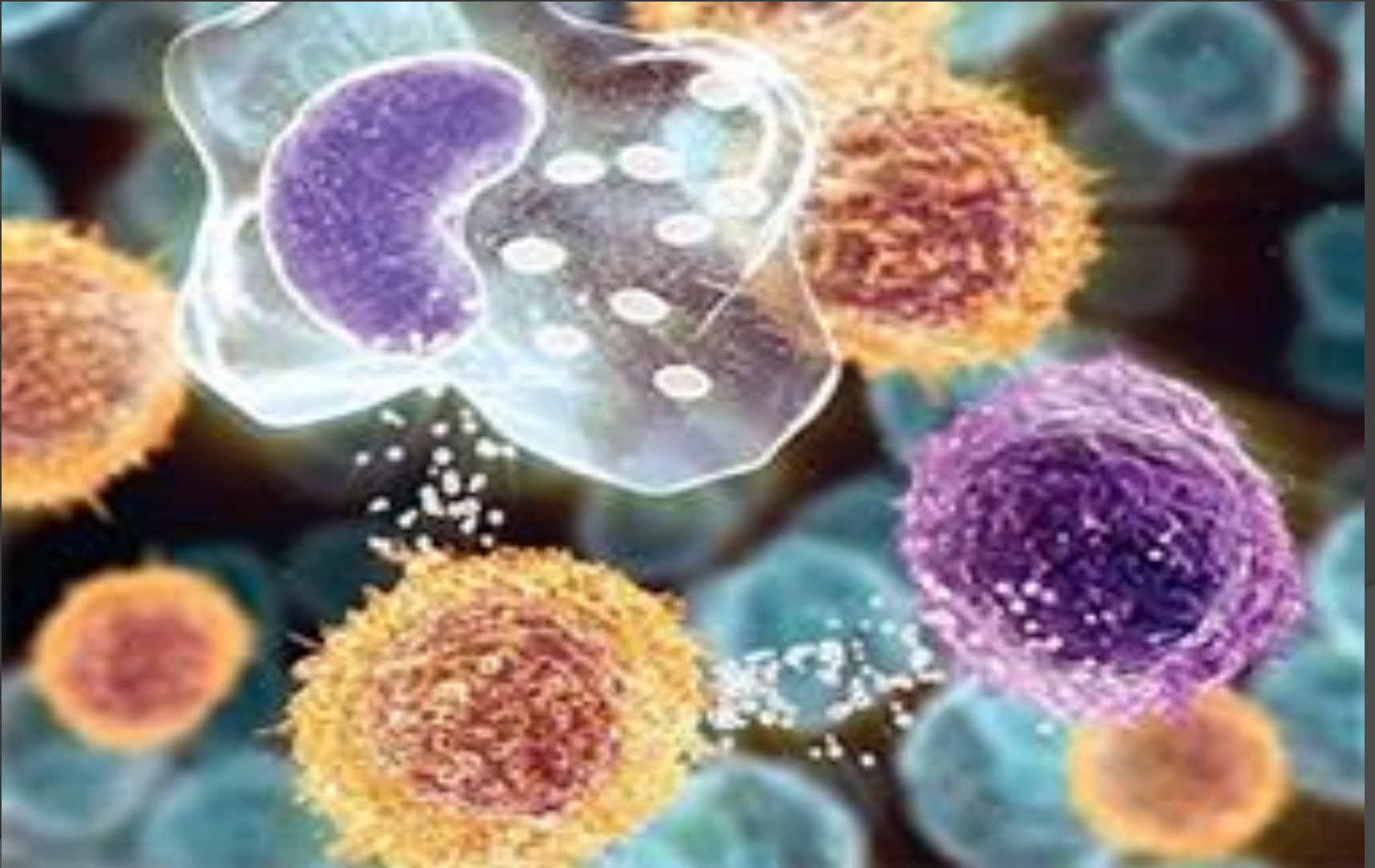


# Mavzu: Fermentlar



# Reja:

1. Fermentlar haqida tushuncha.
2. Fermentlarning tuzilishi.
3. Kofermentlarning klassifikatsiyasi.
4. Fermentlarning faol markazi.
5. Fermentlarning ta'sir mexanizmi.

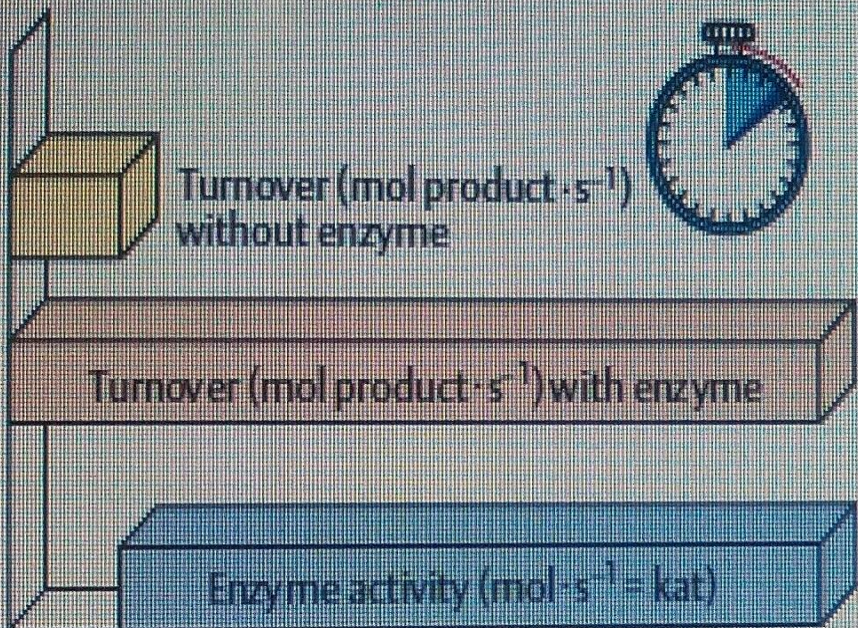


## ***FERMENTLAR***

Fermentlar - oqsil tabiatiga ega biologik katalizatorlardir. Fermentlarni enzimlar ham deb ataladi. Fermentlar tabiatdagi barcha tirik organizmlarda boradigan har xil reaksiyalarni ma'lum haroratda nihoyatda katta tezlikda katalizlaydi.

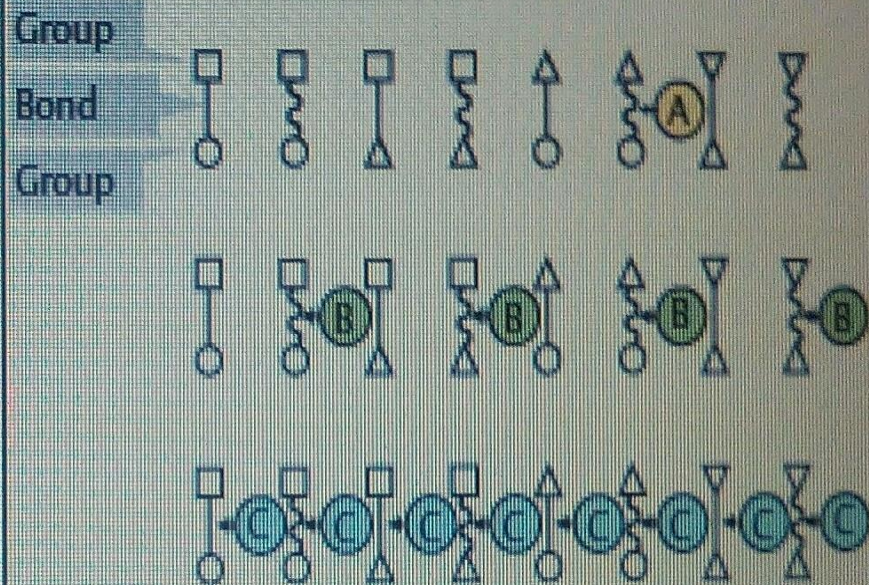
Fermentlar oqsil tabiatiga ega bo'lganligi ba'zi xususiyatlariga ko'ra boshqa katalizatorlardan keskin farq qiladi.

## 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

Fermentlar - oqsil tabiatiga ega biologik katalizatorlardir. Fermentlarni enzimlar ham deb ataladi. Fermentlar tabiatdagi barcha tirik organizmlarda boradigan har xil reaksiyalarni ma'lum haroratda nihoyatda katta tezlikda katalizlaydi.

Inson amaliy faoliyatida, xom-ashyoni qayta ishlash va oziq-ovqat tayyorlashda har xil fermentativ jarayonlardan foydalanib kelgan. Non yopishda, achitqi zamburug'lardan, O'rta Osiyoda sumalak pishirishda unayotgan bug'doy donidan olingan shiralardan foydalanish kishilarga qadim zamondan ma'lum bo'lgan. Ammo fermentativ jarayonlar faqat XVIII asrning ikkinchi yarmidan ilmiy asosda o'rganila boshladi. 1836 yilda Shvann tomonidan oshqozon shirasi tarkibida go'sht oqsillarini parchalovchi ferment pepsin borligini aniqladi. 1814 yili K.S.Kirxgof unayotgan arpa donidan ajratib olingan shira kraxmalni shakargacha parchalash xususiyatiga ega ekanligini birinchi bo'lib aniqlagan va bu kashfiyoti bilan fermentlar haqidagi fanga asos solgan. 1926 yili Samner birinchi bo'lib ureaza fermentini kristall holda ajratib olgan va uni oqsil tabiatga ega ekanligini aniqladi. Hozirgi vaqtda 2500 ga yaqin turli fermentlar aniqlangan va 250 ga yaqini kristall holda ajratib olingan.

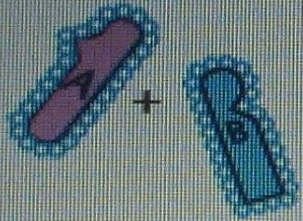
Fermentlar ta'sir etayotgan substratga -aza qo'shimchasi qo'shib o'qilishi bilan nomlanadi. Masalan: saxarozani parchalovchi ferment saxaraza, lipidni parchalovchi ferment lipaza deb nomlanadi.

Fermentlar va noorganik katalizatorlar umumiy kataliz qoidalari aosida faoliyat ko'rsatib, ular o'rtasida o'xshash xususiyatlar bor:

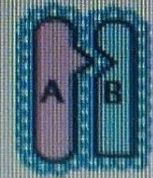
- Energetik imkoniyati bor reaksiyalarni kataliz qiladilar;
- Reaksiya yo'nalishini o'zgartirmaydilar;
- Reaksiya jarayonida miqdoriy o'zgarishlar kuzatilmaydi;
- Reaksiya mahsulotiga ta'sir etmaydilar.

### A. Uncatalyzed reaction

Reactants



Collision complex 1



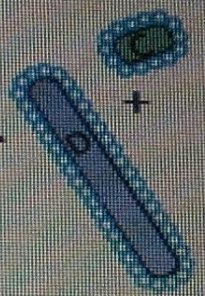
Transition state



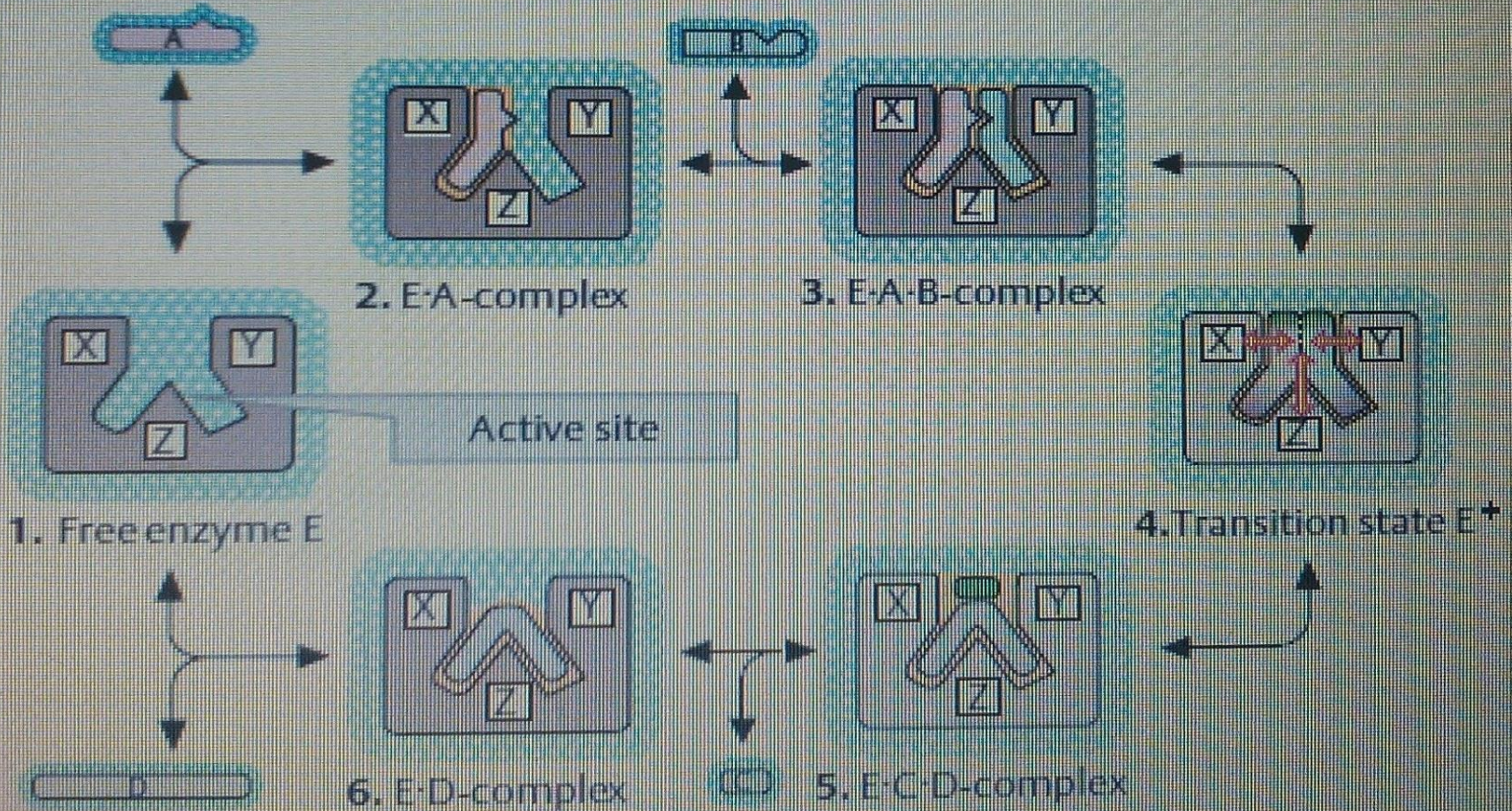
Collision complex 2



Products



### B. Enzyme-catalyzed reaction



Fermentlar nihoyatda samarali ta'sir etish xususiyatiga ega. Optimal sharoitda (ya'ni past temperaturada, normal bosim va ma'lum qiymatga ega bo'lgan muhitda) anorganik katalizatorlarga nisbatan juda katta tezlik bilan ta'sir etadi.

Hujayradagi, biokimyoviy jarayonlar fermentlar yordamida qa'tiy ravishda boshqarib turiladi. Bu fermentlarning eng muhim xususiyati hisoblanadi

Fermentlarning o'ziga xos xususiyatlari

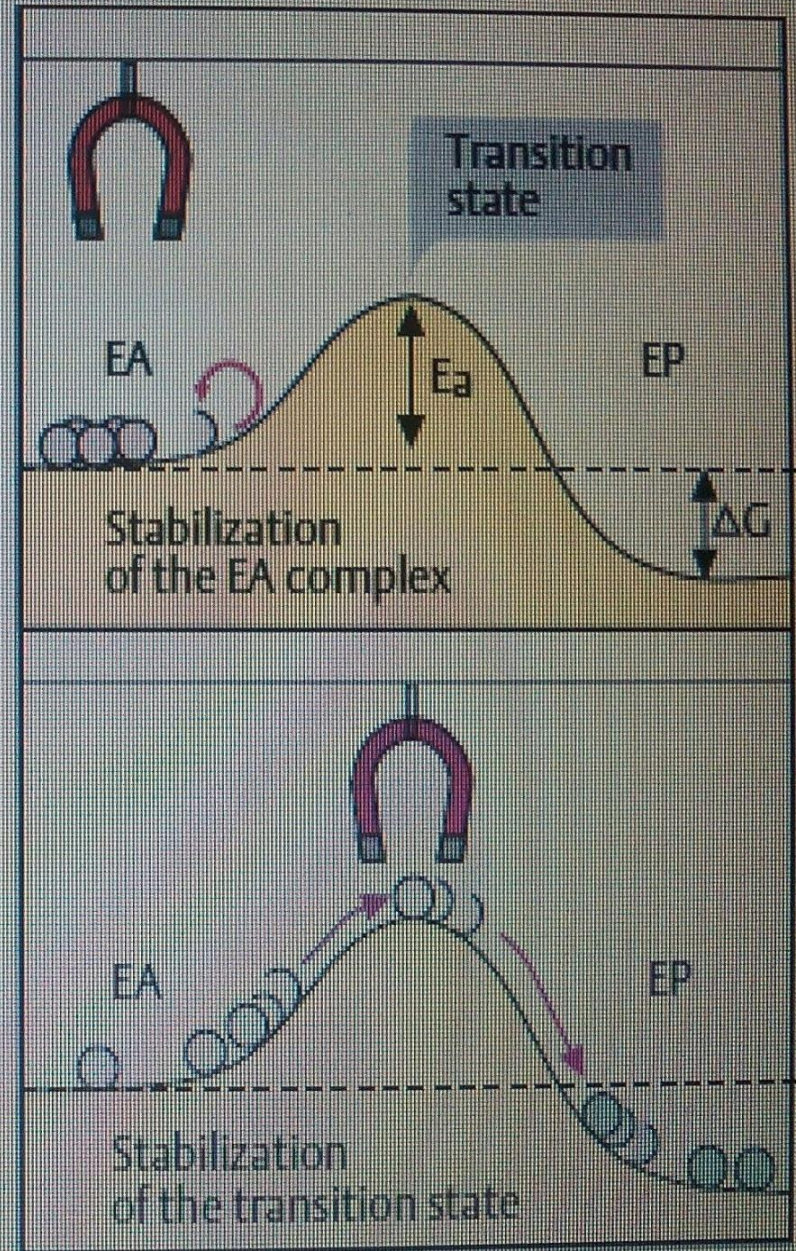
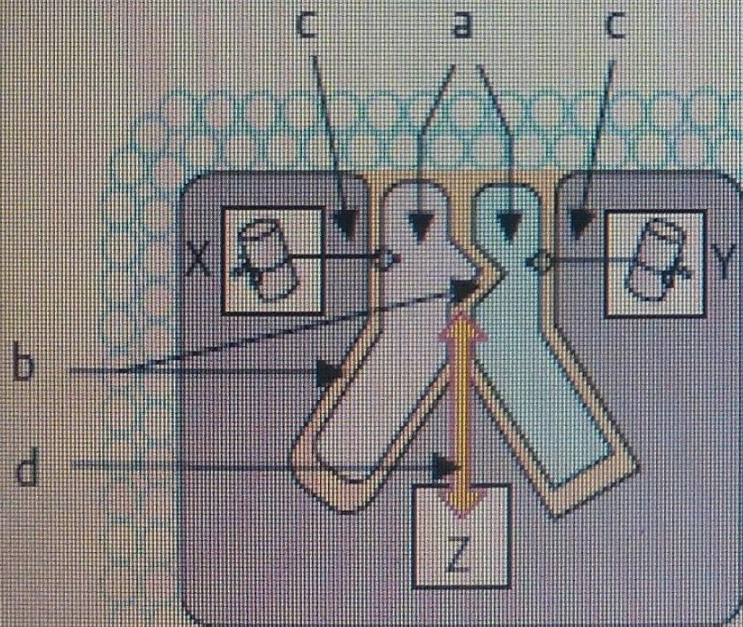
Fermentlar spetsifik ta'sir qilish xususiyatiga ega. Har bir ferment, odatda, faqat bitta kimyoviy reaksiyani yoki bir xil tipdagi bir guruh reaksiyalarni katalizlaydi.

Fermentlar ishtirokida katalizlanadigan reaksiyalar doirasi birmuncha keng bo'lib, ular tirik organizmlarda kechadigan oksidlanish-qaytarilish, gidroliz, izomerlanishi, turli guruhlarning ko'chishi va shunga o'xshash bir qator reaksiyalarni katalizlaydi.

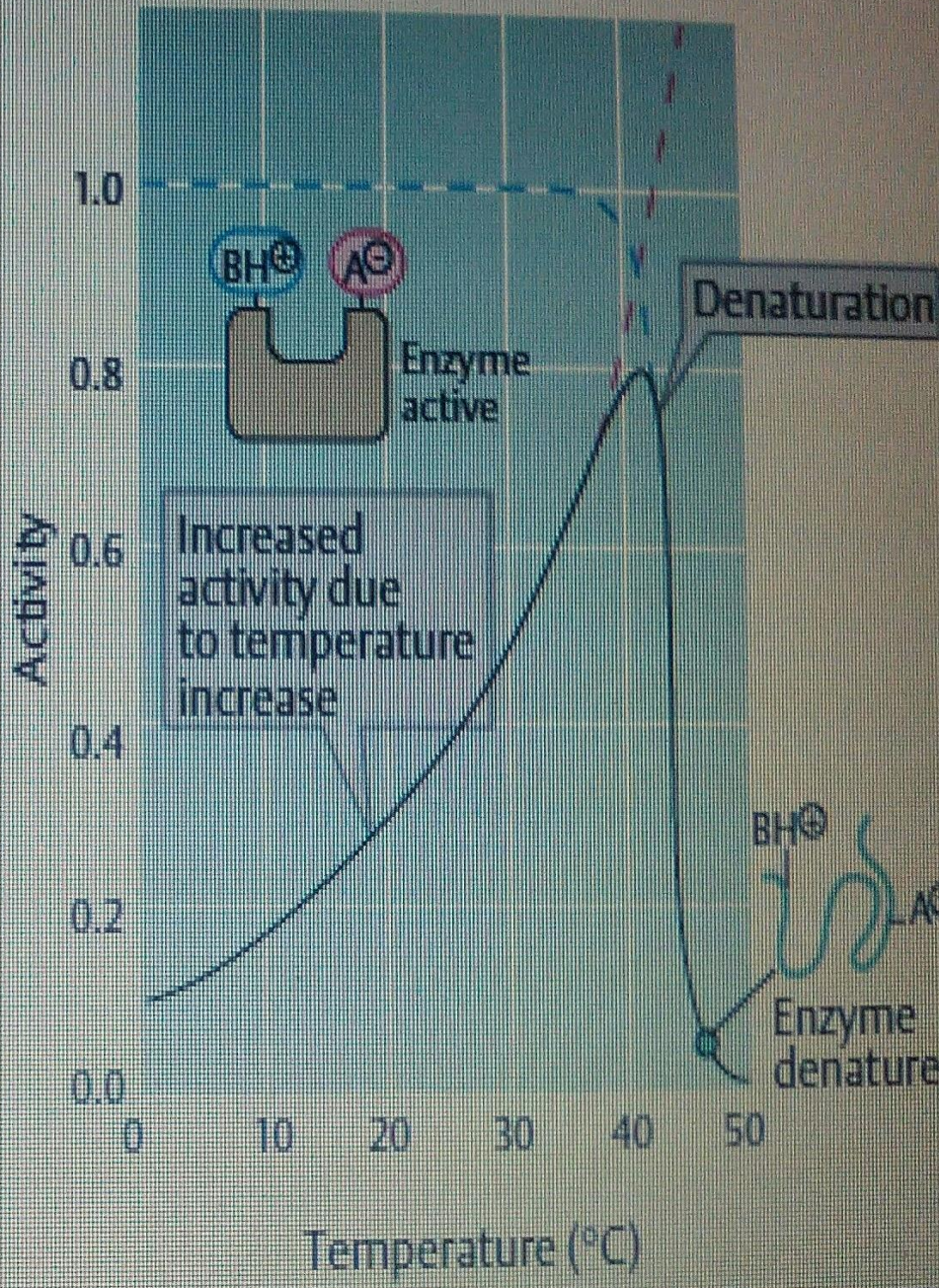
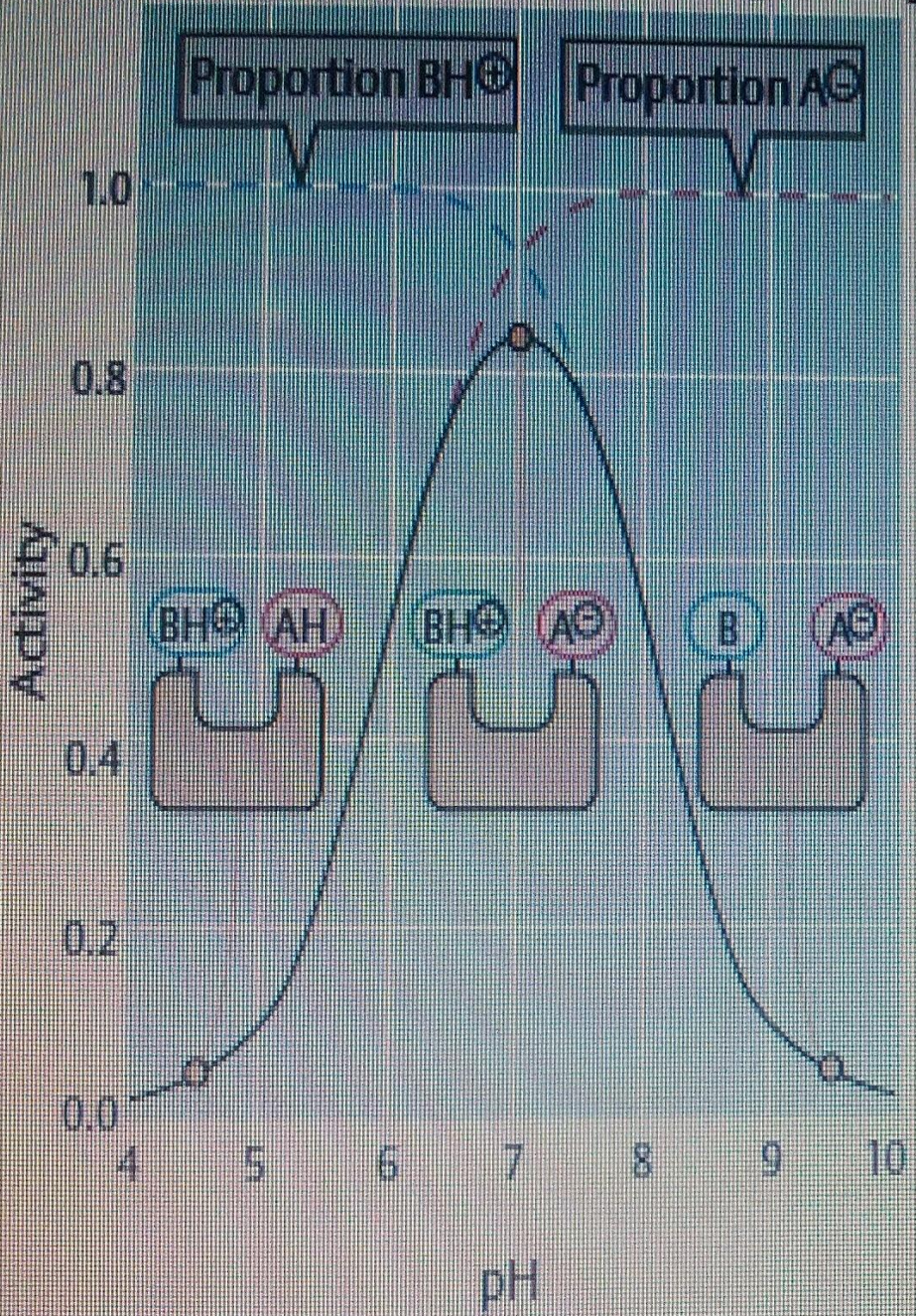


## C. Principles of enzyme catalysis

- Approximation and orientation of the substrates
- Exclusion of water
- Stabilization of the transition state
- Group transfer



# A. pH and temperature dependency of enzyme activity

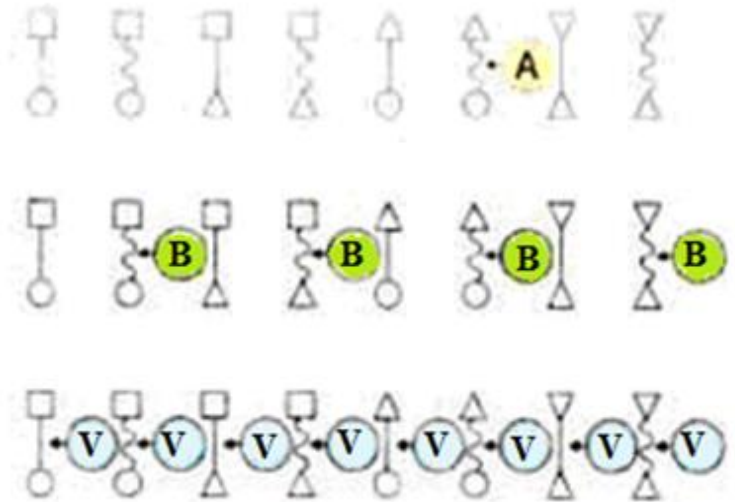




1 katal (kat) : substrat o'zgarishiga olib keluvchi ferment miqdori na 1mol/s

### A. Fermentativ aktivlik

Gruppa Bog' Gruppa



	Reaksiyon spesifiklik	Substrat spesifiklik
(A)	yuqori	yuqori
(B)	yuqori	past
(V)	past	past

### B. Reaksiyon va substrat spesifiklik

## Fermentlarning tuzilishi

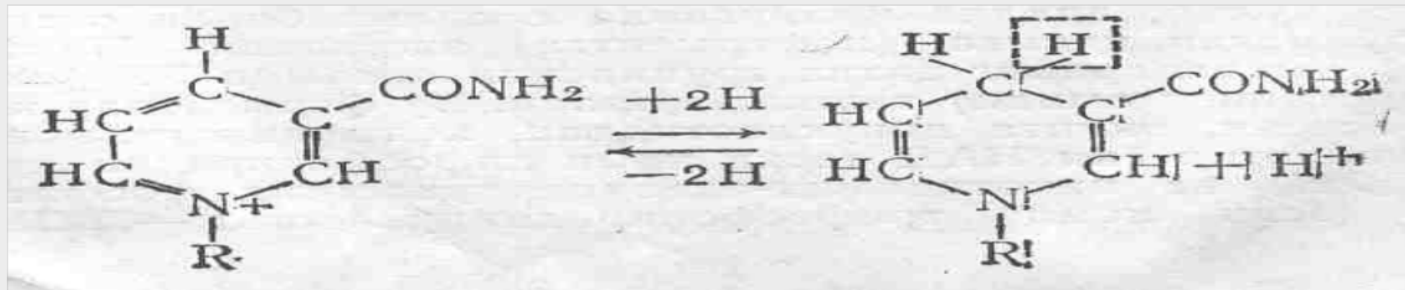
Fermentlar tuzilishiga ko'ra ikkita guruhga bo'linadi.

- Oddiy oqsillardan, ya'ni faqat  $\alpha$ -aminokislotalardan tashkil topgan fermentlar *bir komponentli fermentlar* deb ataladi.
- Agar fermentlar murakkab oqsillardan tashkil topgan bo'lsa, ya'ni ularning tarkibida aminokislotalardan tashqari, boshqa birikmalar uchrasa, ularni *ikki komponentli fermentlar* deb ataladi. Uning oqsil qismini apoferment, oqsil emas qismini koferment deb, ular birikkan holati esa, xoloferment deb ataladi.



### Kofermentlar klassifikatsiyasi

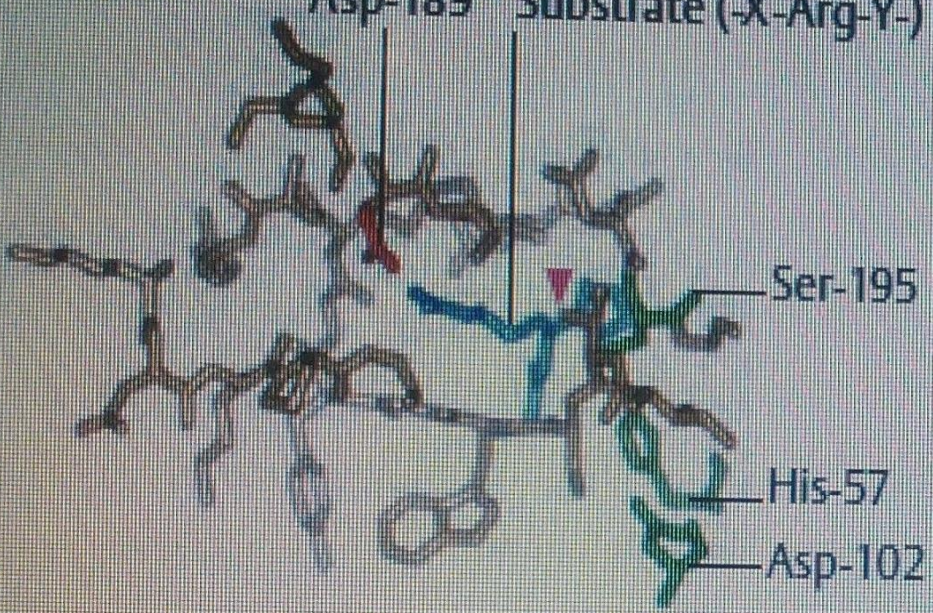
- **Kofermentlar** - fermentativ reaksiyalarda bevosita ishtirok etadi. Kofermentlar vitaminli va vitamin bo'lmagan kofermentlarga bo'linadi.
- **Vitaminli kofermentlarga** quyidagilar kiradi: tiamin (TMF, TDF, TTF); flavin (FMN, FAD); pantoten (KoA, difosfo-KoA); NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup>; biotin; karnitin. Masalan: nikotinamidli kofermentlarning (NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>+</sup>) katalitik faol guruh sifatida tarkibidagi nikotinamid guruhi ishtirok etadi. Reaksiya mexanizmini quyidagicha ifodalash mumkin:



**Vitamin bo'lmagan kofermentlarga** quyidagilar kiradi: nukleotidlar monosaxaridlarning fosfatli birikmalari; metalloporfirinlar va hakozolar.

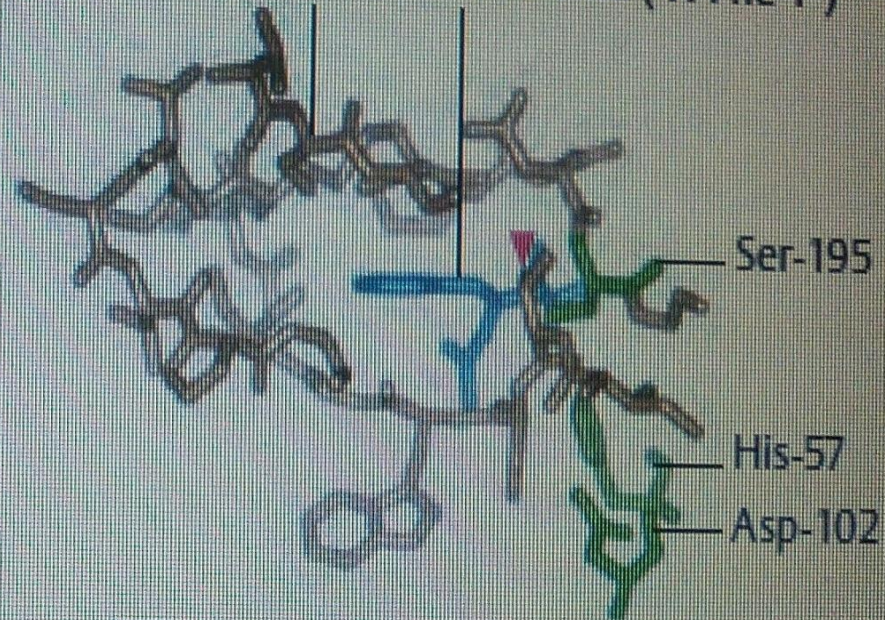
## B. Substrate specificity

Asp-189 Substrate (-X-Arg-Y-)



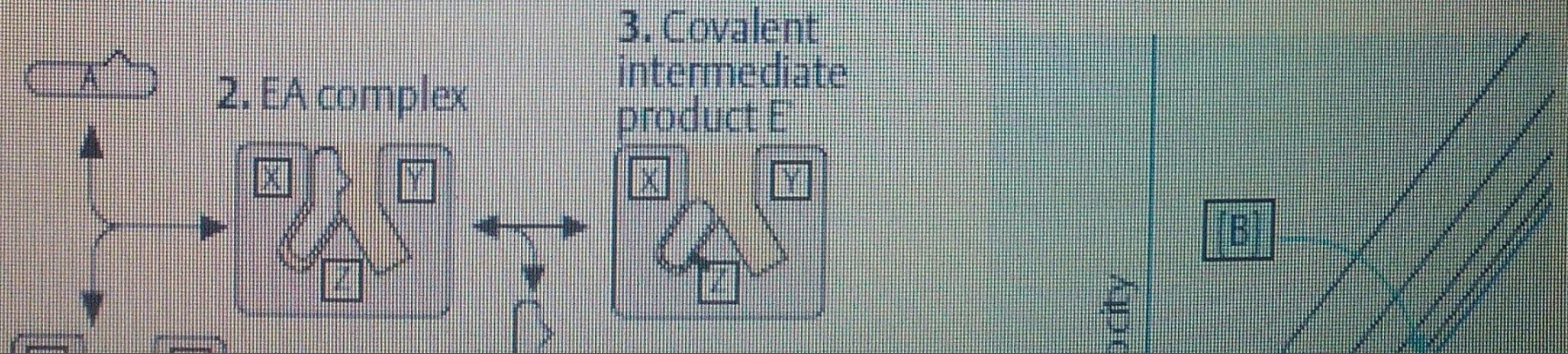
**1** Trypsin (3.4.21.4)  
-X-Y-Arg (Lys)-Z-

Ser-189 Substrate (-X-Phe-Y-)

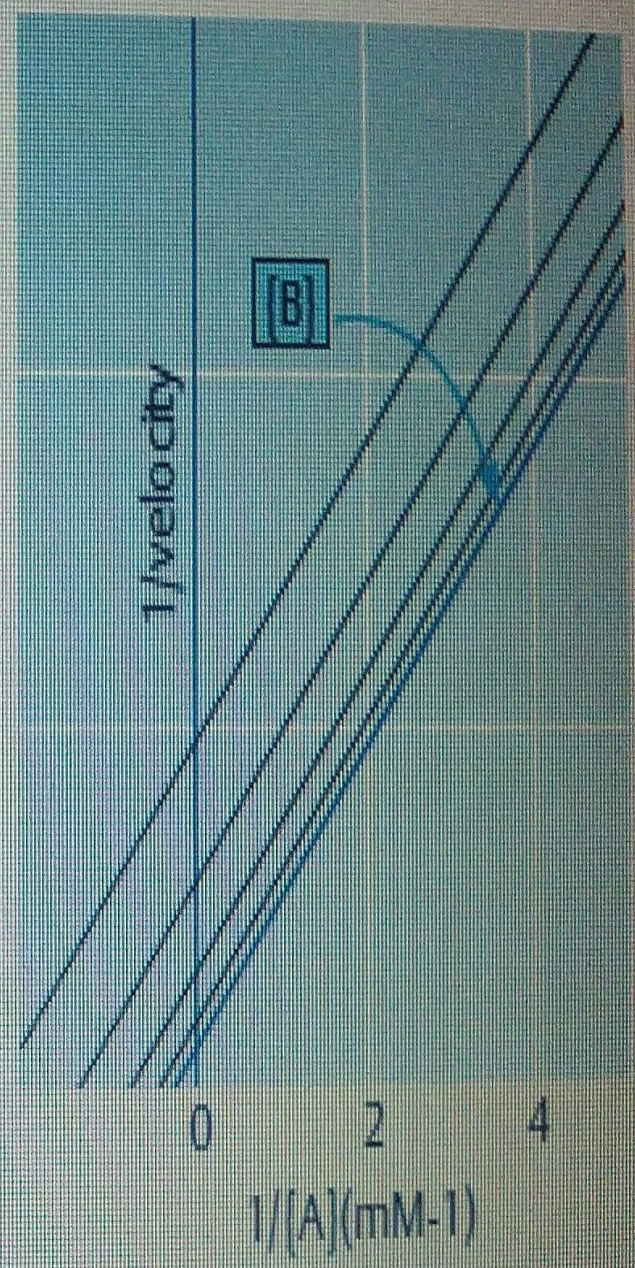
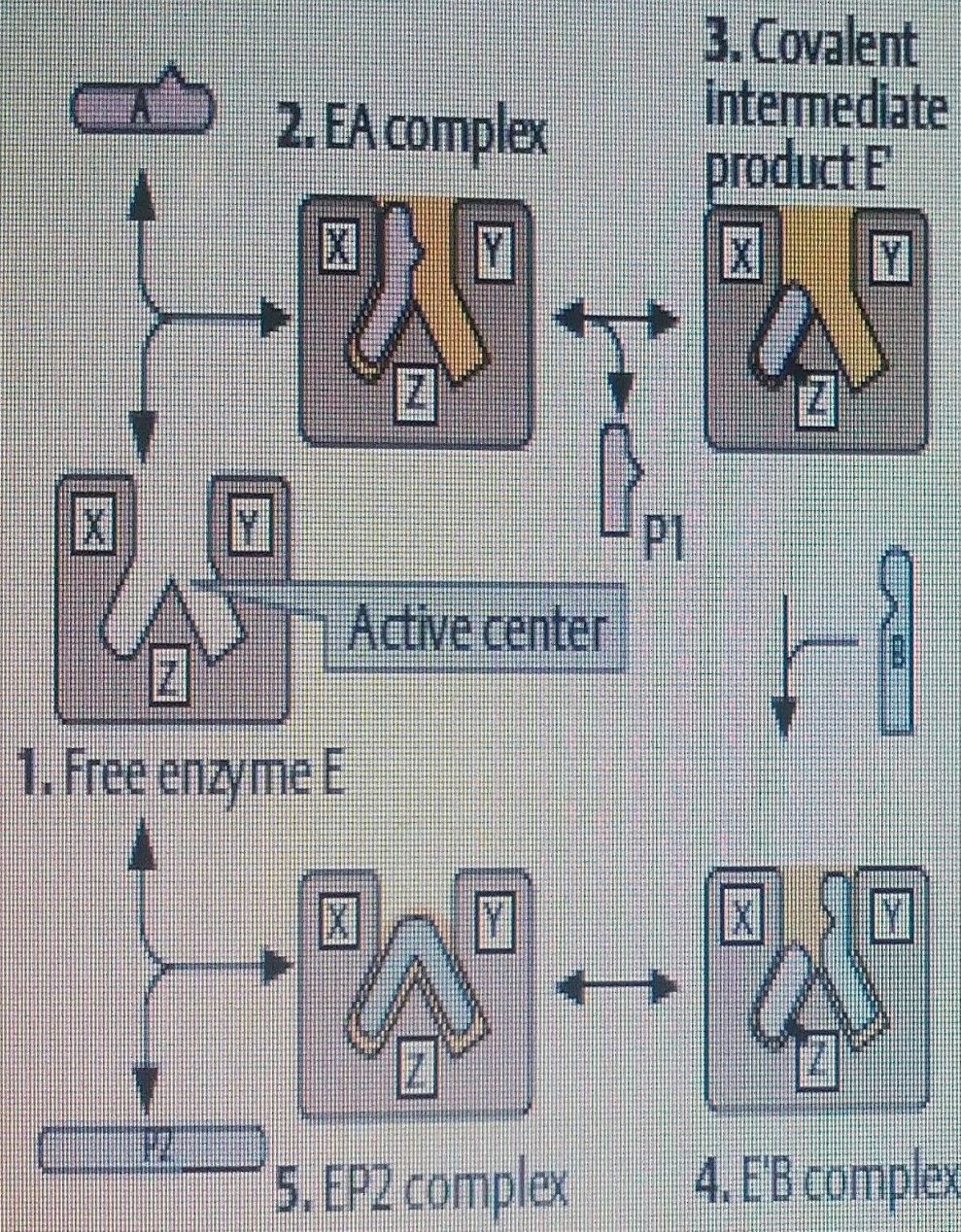


**2** Chymotrypsin (3.4.21.1)  
-X-Y-Tyr (Trp, Phe, Leu)-Z-

## C. Bisubstrate kinetics

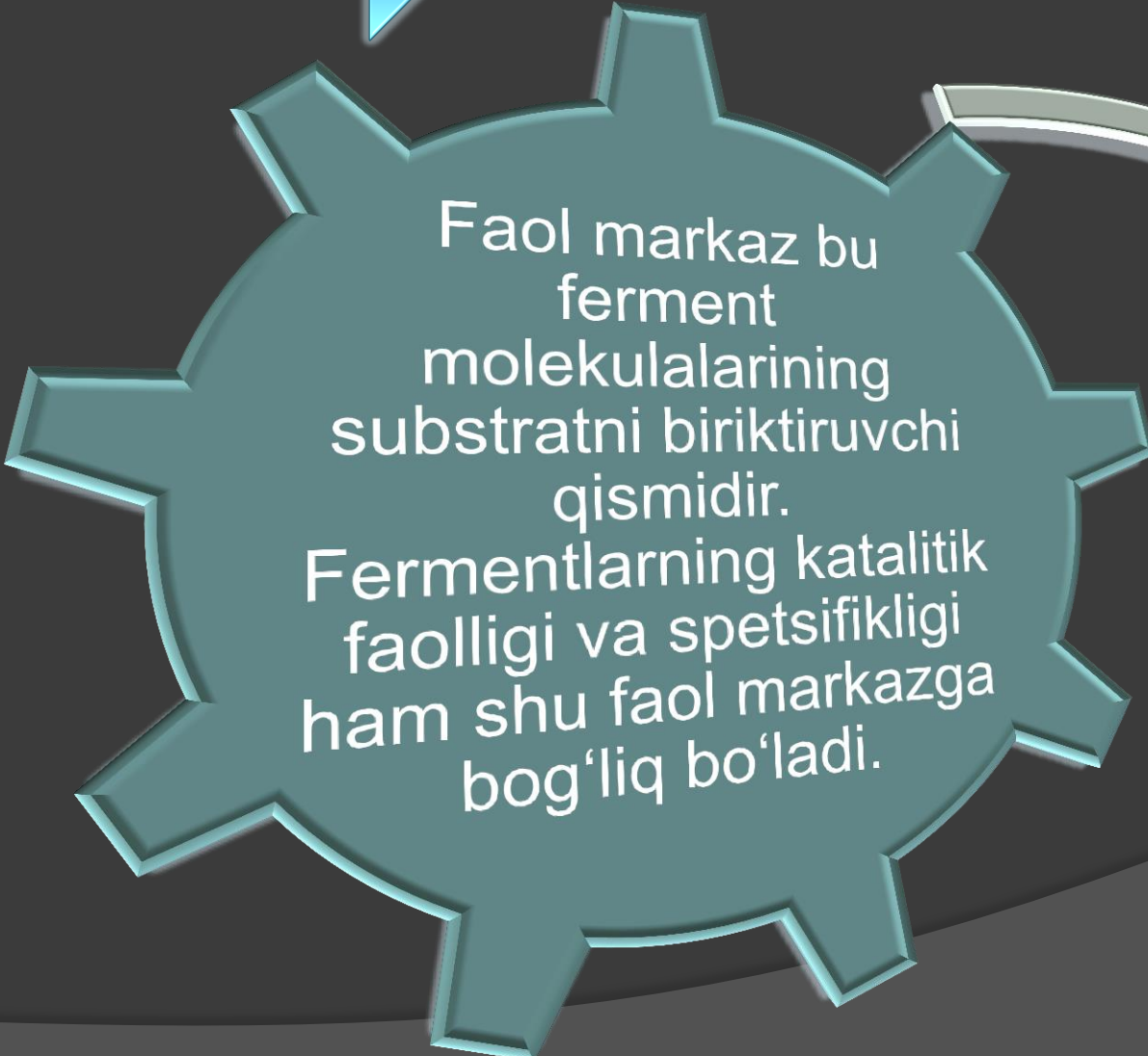


# C. Bisubstrate kinetics







## Fermentlarning faol markazlari



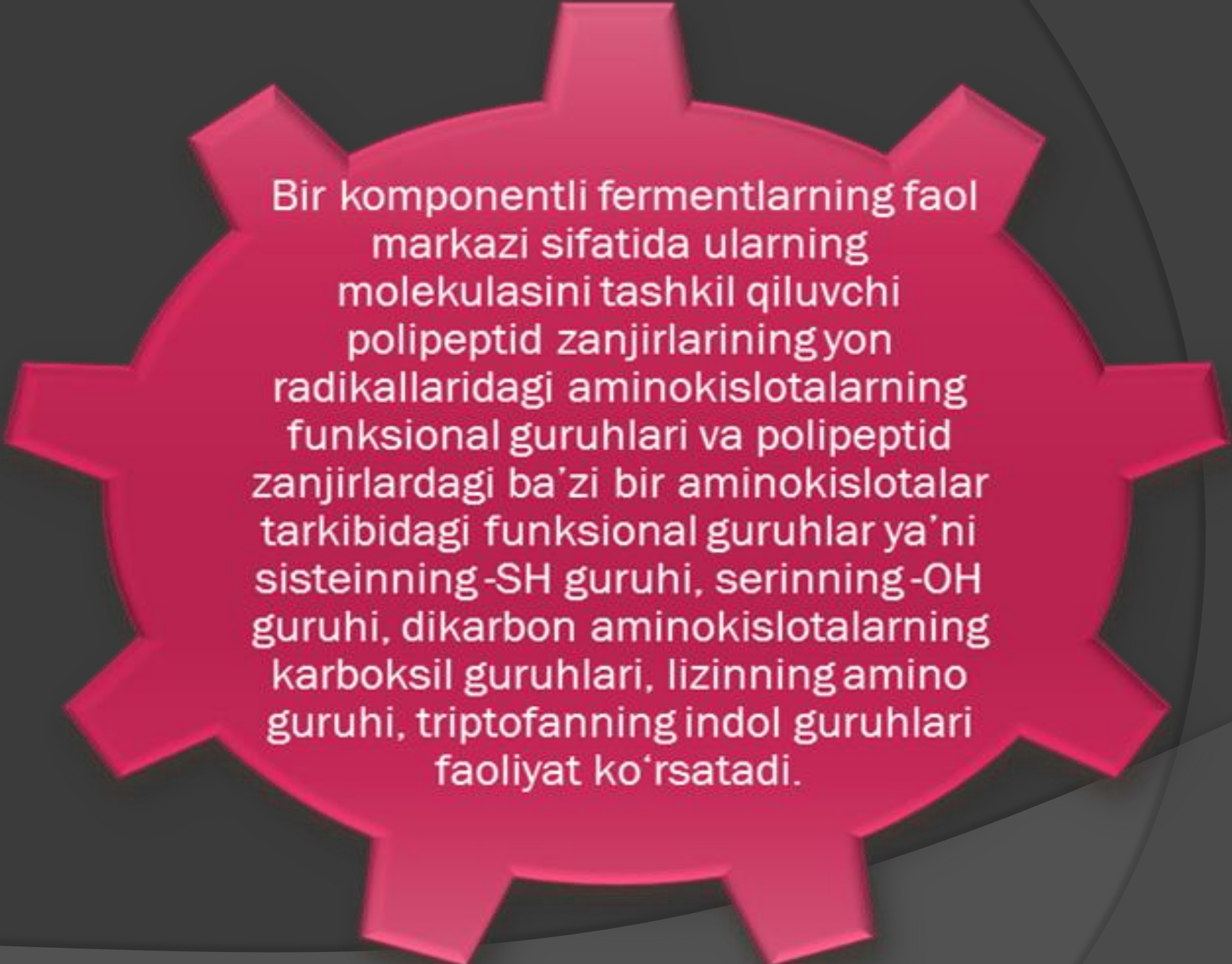
Faol markaz bu ferment molekulalarining substratni biriktiruvchi qismidir. Fermentlarning katalitik faolligi va spetsifikligi ham shu faol markazga bog'liq bo'ladi.



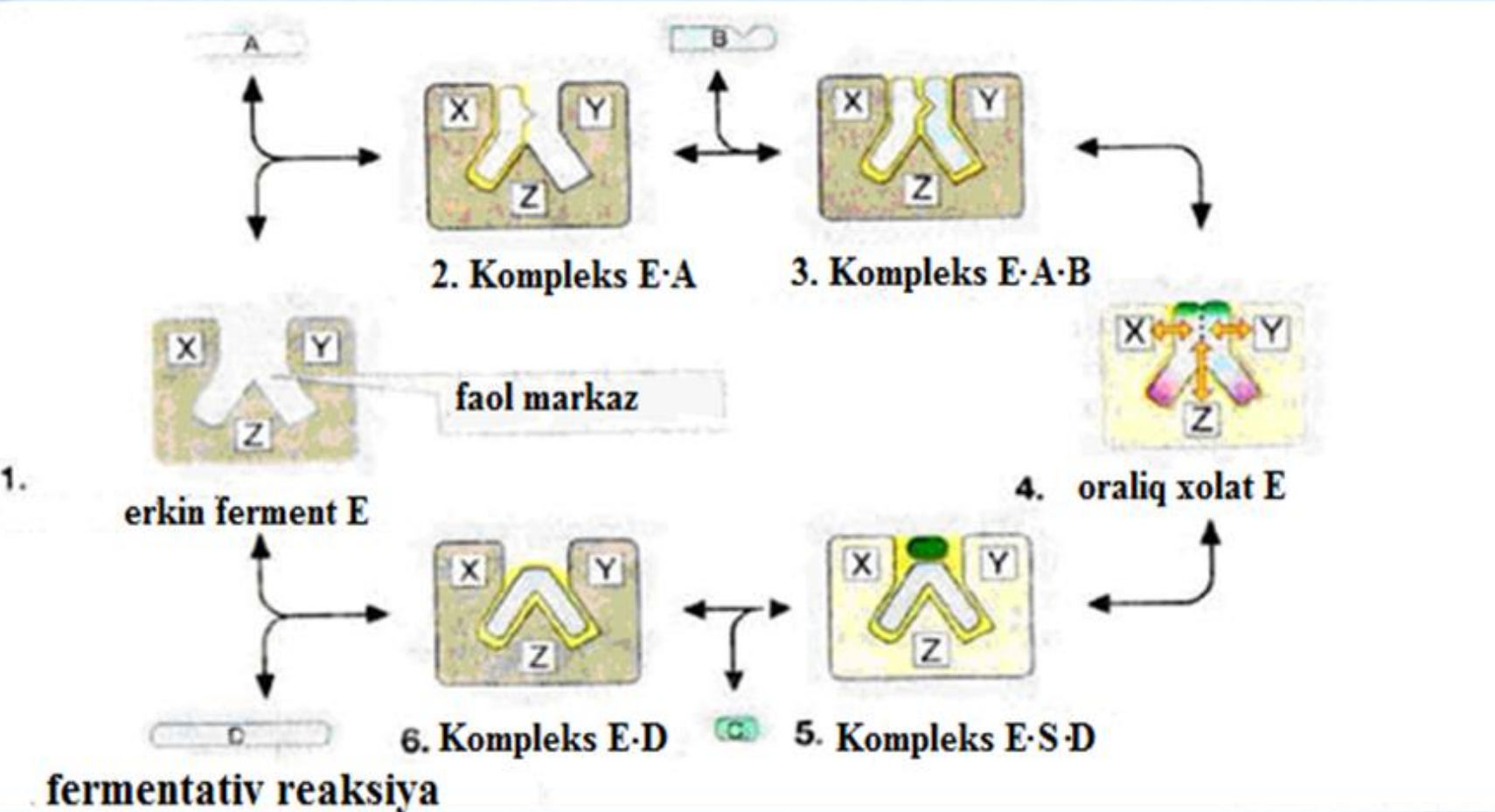
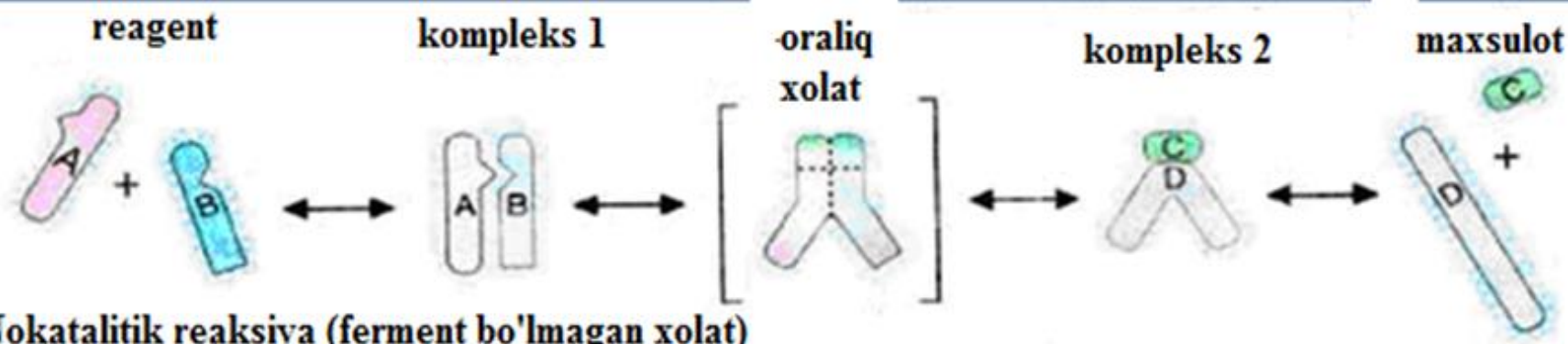


Fermentning faol markazi polipeptid zanjirning uchlamchi struktura hosil bo'lishi tufayli vujudga keladi. Bunda polipeptid zanjirning turli tomonlarida joylashgan aminokislotalar qoldig'i bir-biriga yaqin kelib, faol markazni tashkil qilishda ishtirok etadi.





Bir komponentli fermentlarning faol markazi sifatida ularning molekulasini tashkil qiluvchi polipeptid zanjirlarining yon radikallaridagi aminokislotalarning funksional guruhlar va polipeptid zanjirlardagi ba'zi bir aminokislotalar tarkibidagi funksional guruhlar ya'ni sisteyinning -SH guruhi, serinning -OH guruhi, dikarbon aminokislotalarning karboksil guruhlar, lizinning amino guruhi, triptofanning indol guruhlar faoliyat ko'rsatadi.



## Fermentlarning ta'sir etish mexanizmi

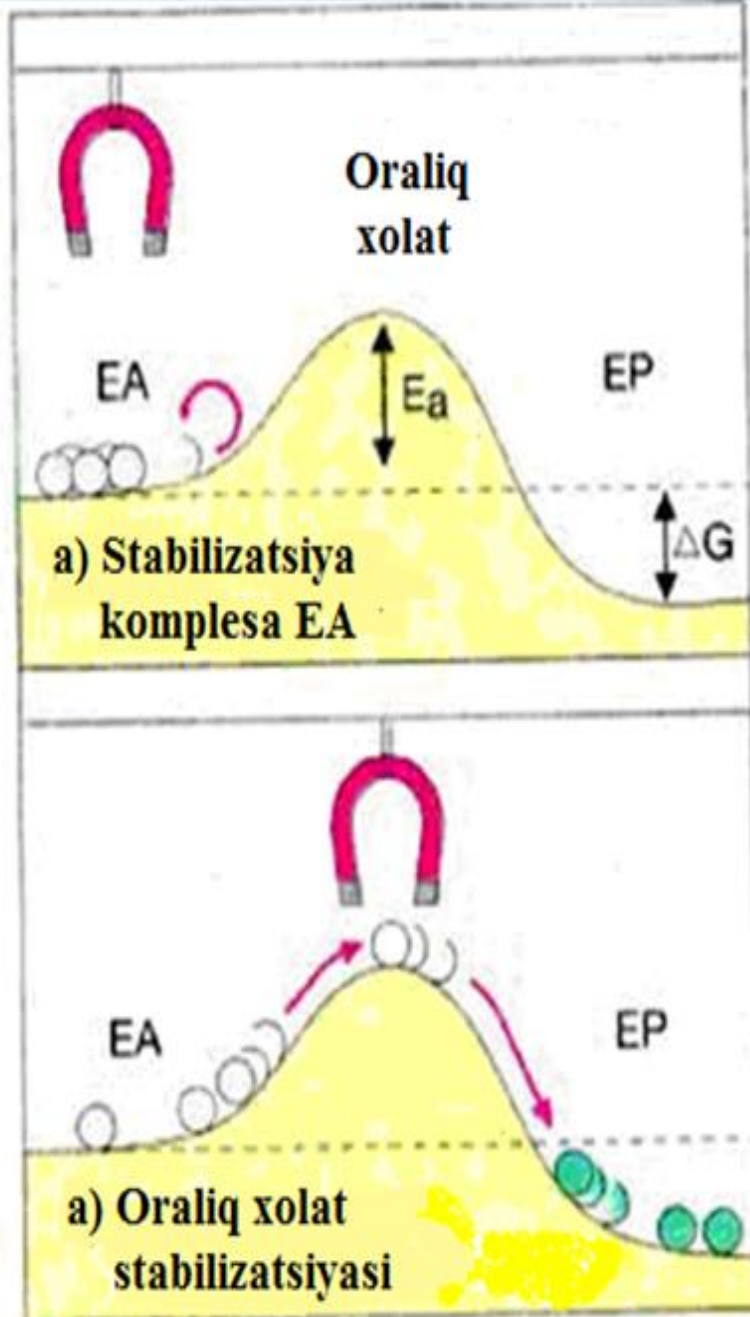
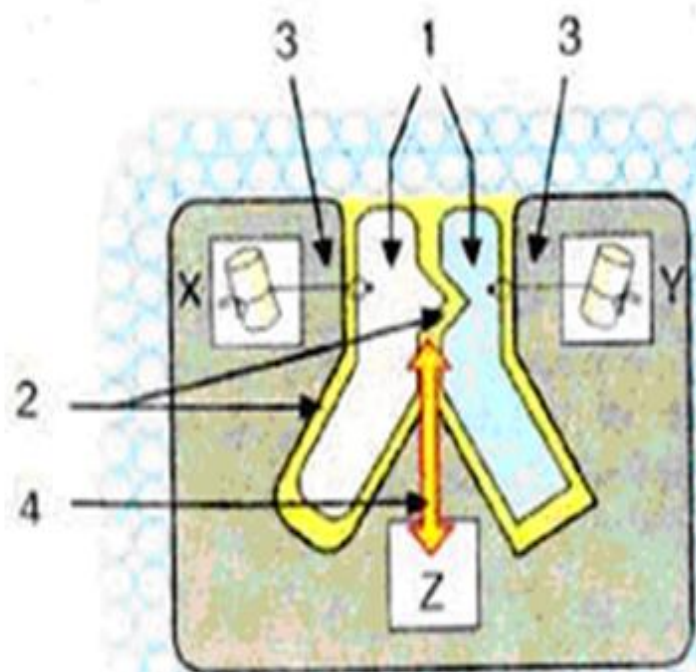
*Fermentlarning ta'sir etish mexanizmini tushuntirishda bir qancha nazariyalar bo'lib, ularning hammasi fermentlar faol markazining substrat bilan o'zaro birikishi natijasida ferment - substrat majmuasi hosil bo'lishiga asoslangan.*

*Ferment-substrat majmuasining hosil bo'lishi reaksiyada ishtirok etayotgan kimyoviy bog'larning polyarizatsiyasi va deformatsiyaga uchrashi yoki elektronlarning o'rin almashinishi tufayli ichki molekulyar kuchlarni bo'shashtirishga olib keladi. Bu esa o'z navbatida substrat molekulalari faoligining ortishiga sabab bo'ladi.*

*Ferment - substrat kompleksining hosil bo'lishi va o'zgarishi uch bosqichdan iborat*

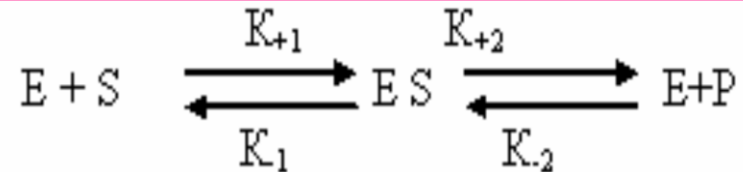


1. Substratlar yaqinlashuvi va orintasiya
2. Suvning chiqarilishi
3. Oraliq xolat stabilizatsiyasi
4. Guruxlarni ko'chirish



## V. Fermentativ kataliz asosi

*kovalent yoki boshqa kimyoviy bog‘lar orqali o‘zaro birikadi va birlamchi oraliq modda vujudga keladi; ikkinchi bosqichga birlamchi oraliq birikma o‘zgarib, bitta yoki ketma-ket keluvchi faollashgan bir necha kompleks hosil qiladi; uchinchi bosqichda esa reaksiya natijasida hosil bo‘ladigan yangi mahsulot ferment molekulasidan ajraladi. Bu bosqichlarni quyidagicha ifodalanadi:*



- *bu yerda E-ferment; S-substrat; ES- ferment-substrat kompleksi; R-hosil bo‘lgan mahsulot; K-reaksiya tezligining konstantasi - (+) to‘g‘ri reaksiya, (-) teskari reaksiya.*
- *Reaksiyaning birinchi bosqichi tez boradi. Ferment-substrat (ES) kuchsiz*





- *Reaksiyaning birinchi bosqichi tez boradi. Ferment-substrat (ES) kuchsiz kimyoviy bog‘lar hisobiga va aktivatsion energiya birmuncha past bo‘lgan sharoitda hosil bo‘ladi.*
- *Substrat molekulalari o‘zgarishining ikkinchi bosqichi kovalent bog‘larning uzilishi va bog‘lanishi bilan boradi. Ferment katalizlayotgan reaksiyaning tezligi bir necha barobar ortib ketadi.*
- *Ferment-substrat kompleksi (ES) hosil bo‘lishi juda tez borishi tufayli u har doim E va S bilan muvozanatda bo‘ladi. ES ning ER gacha parchalanishi esa nisbatan sekin boradi.*

**Ferment – substrat kompleksi hosil bo'lishi juda tez kechganligi sababli u har doim ferment va substrat bilan muvozanatda bo'ladi. Kompleksning ferment va mahsulotga parchalanishi nisbatan sekinroq boradi va amalda ferment-substrat kompleksi konsentratsiyasiga ta'sir qilmaydi. Shu g'oyaga asosan Mixaelis va Mentenlar reaksiya tezligini substrat konsentratsiyasi bilan bog'lovchi tenglamani ishlab chiqdilar.**



**1. Fermentlar nihoyatda samarali ta`sir etish xususiyatiga ega. Optimal sharoitda (ya`ni past temperaturada, normal bosim va ma`lum qiymatga ega bo`lgan muhitda) anorganik katalizatorlarga nisbatan juda katta tezlik bilan ta`sir etadi. Masalan: vodorod peroksidni suv va atom holdagi kislorodgacha parchalovchi katalaza fermentining ta`siri shu reaksiyani katalizlovchi kimyoviy katalizator temir ionlariga nisbatan 108-1011marta yuqori.**



**2. Fermentlar spetsifik ta`sir qilish xususiyatiga ega. Har bir ferment, odatda, faqat bitta kimyoviy reaksiyani yoki bir xil tipdagi bir guruh reaksiyalarni katalizlaydi. Masalan: saxaraza fermenti faqat saxarozani parchalaydi. Shunga o`xshash disaxaridlarga esa ta`sir qilmaydi. Anorganik katalizatorlar bunday xususiyatga ega emas.**

**3. Hujayradagi biokimyoviy jarayonlar fermentlar yordamida qa`tiy ravishda boshqarib turiladi. Bu fermentlarning eng muhim xususiyati hisoblanadi.**

**4. Fermentlar ishtirokida katalizlanadigan reaksiyalar doirasi birmuncha keng bo'lib, ular tirik organizmlarda kechadigan oksidlanish-qaytarilish, gidroliz, izomerlanishi, turli guruhlarning ko'chishi va shunga o'xshash bir qator reaksiyalarni katalizlaydi.**

**Tirik organizmlarda kechadigan barcha kimyoviy reaksiyalar amalda fermentlar ishtirokida boradi.**

**Inson amaliy faoliyatida, xom-ashyoni qayta ishlash va oziq-ovqat tayyorlashda har xil fermentativ jarayonlardan foydalanib kelgan. Non yopishda, achitqi zamburug`lardan, O`rta Osiyoda sumalak pishirishda unayotgan bug`doy donidan olingan shiralardan foydalanish kishilarga qadim zamondan ma`lum bo`lgan. Ammo fermentativ jarayonlar faqat XVIII asrning ikkinchi yarmidan ilmiy asosda o`rganila boshlandi. 1836- yilda Shvann tomonidan oshqozon shirasi tarkibida go`sht oqsillarini parchalovchi ferment pepsin borligini aniqlandi.**

**1814 yili K.S.Kirxgof unayotgan arpa donidan ajratib olingan shira kraxmalni shakargacha parchalash xususiyatiga ega ekanligini birinchi bo'lib aniqlagan va bu kashfiyoti bilan fermentlar haqidagi fanga asos solgan. 1926 yili Samner birinchi bo'lib ureaza fermentini kristall holda ajratib olgan va uni oqsil tabiatga ega ekanligini aniqladi.**

**Hozirgi vaqtda 3000 ga yaqin turli fermentlar aniqlangan va 300 ga yaqini kristall holda ajratib olingan.**

**Fermentlar ta'sir etayotgan substratga -aza qo'shimchasi qo'shib o'qilishi bilan nomlanadi.**

**Masalan: saxarozani parchalovchi ferment saxaraza, lipidni parchalovchi ferment lipaza deb nomlanadi.**

# ***Fermentlarning tuzilishi va ta'sir etish mexanizmi.***

Fermentlar tuzilishiga ko'ra ikkita guruhga bo'linadi:

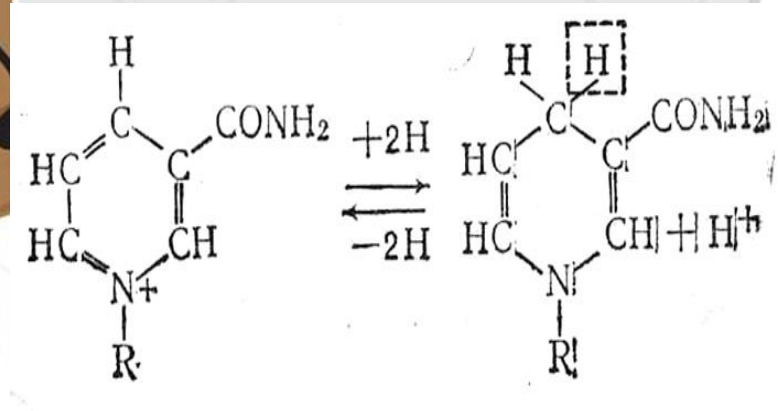
1. Oddiy oqsillardan, ya'ni faqat  $\alpha$ -aminokislotalardan tashkil topgan fermentlar ***bir komponentli fermentlar*** deb ataladi.

2. Agar fermentlar murakkab oqsillardan tashkil topgan bo'lsa, ya'ni ularning tarkibida aminokislotalardan tashqari, boshqa birikmalar uchrasa, ularni ***ikki komponentli fermentlar*** deb ataladi. Uning oqsil qismini apoferment, oqsil emas qismini koferment deb ataladi.

**Kofermentlar** - fermentativ reaksiyalarda bevosita ishtirok etadi. Kofermentlar-vitaminli va vitamin bo'lmagan kofermentlarga bo'linadi.

**Vitaminli kofermentlarga** quyidagilar kiradi: tiamin (TMF, TDF, TTF); flavin (FMN, FAD); pantoten (K0A, difosfo-K0A); NAD<sup>+</sup>, NADF<sup>+</sup>; biotin; karnitin.

**Vitamin bo'lmagan kofermentlarga** quyidagilar kiradi: nukleotidlar; monosaxaridlarning fosfatli birikmalari; metalloporfirinlar va hakoza. Masalan: nikotinamidli kofermentlarning (NAD<sup>+</sup>, NADH) katalitik faol guruh sifatida tarkibidagi nikotinamid guruhi ishtirok etadi. Reaksiya mexanizmini quyidagicha ifodalash mumkin:

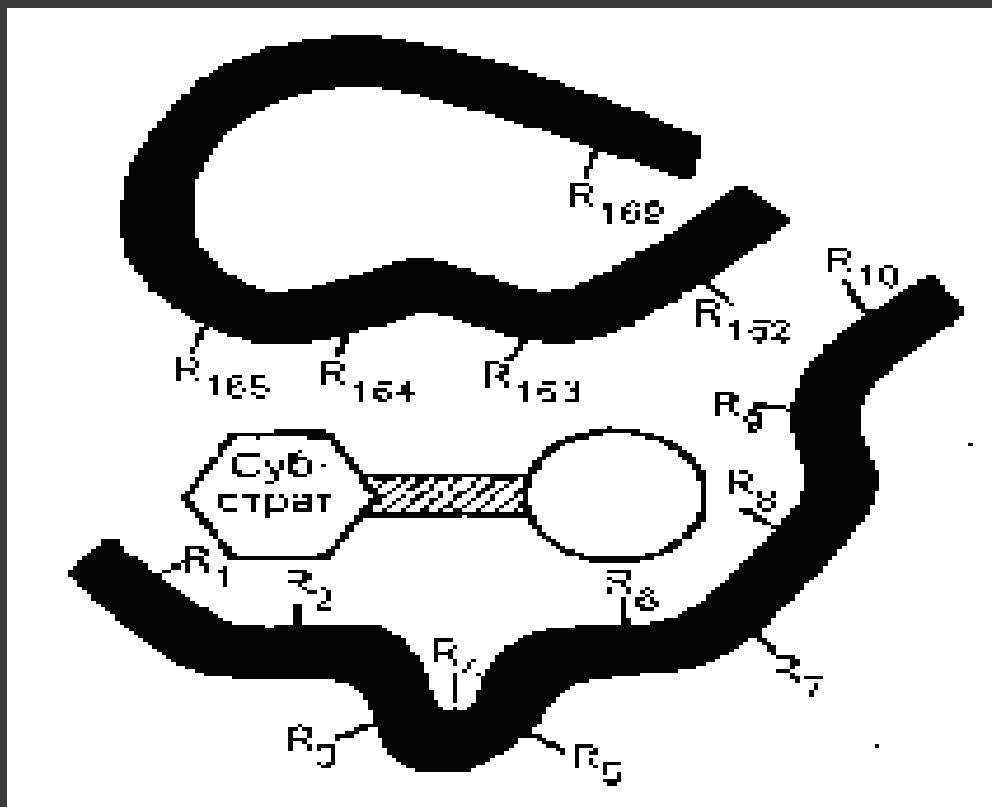


oksidlangan shakli      qaytarilgan shakli



Bir komponentli fermentlarning faol markazi sifatida ularning molekulasini tashkil qiluvchi polipeptid zanjirlarining yon radikallaridagi aminokislotalarning funksional guruhlari va polipeptid zanjirlardagi baʼzi bir aminokislotalar tarkibidagi funksional guruhlari yaʼni tsisteinning -SH guruhi, serinning -OH guruhi, dikarbon aminokislotalarning karboksil guruhlari, lizinning amino guruhi, triptofanning indol guruhlari faoliyat koʻrsatadi. Fermentning faol markazi polipeptid zanjirning uchlamchi struktura hosil boʻlishi tufayli vujudga keladi. Bunda polipeptid zanjirning turli tomonlarida joylashgan aminokislotalar qoldigʻi bir-biriga yaqin kelib, faol markazni tashkil qilishda ishtirok etadi. Fermentlarning faol markazi ular molekulasining juda kam qismini tashkil qiladi.

## Ferment faol markazining sxema shaklidagi ko'rinishi

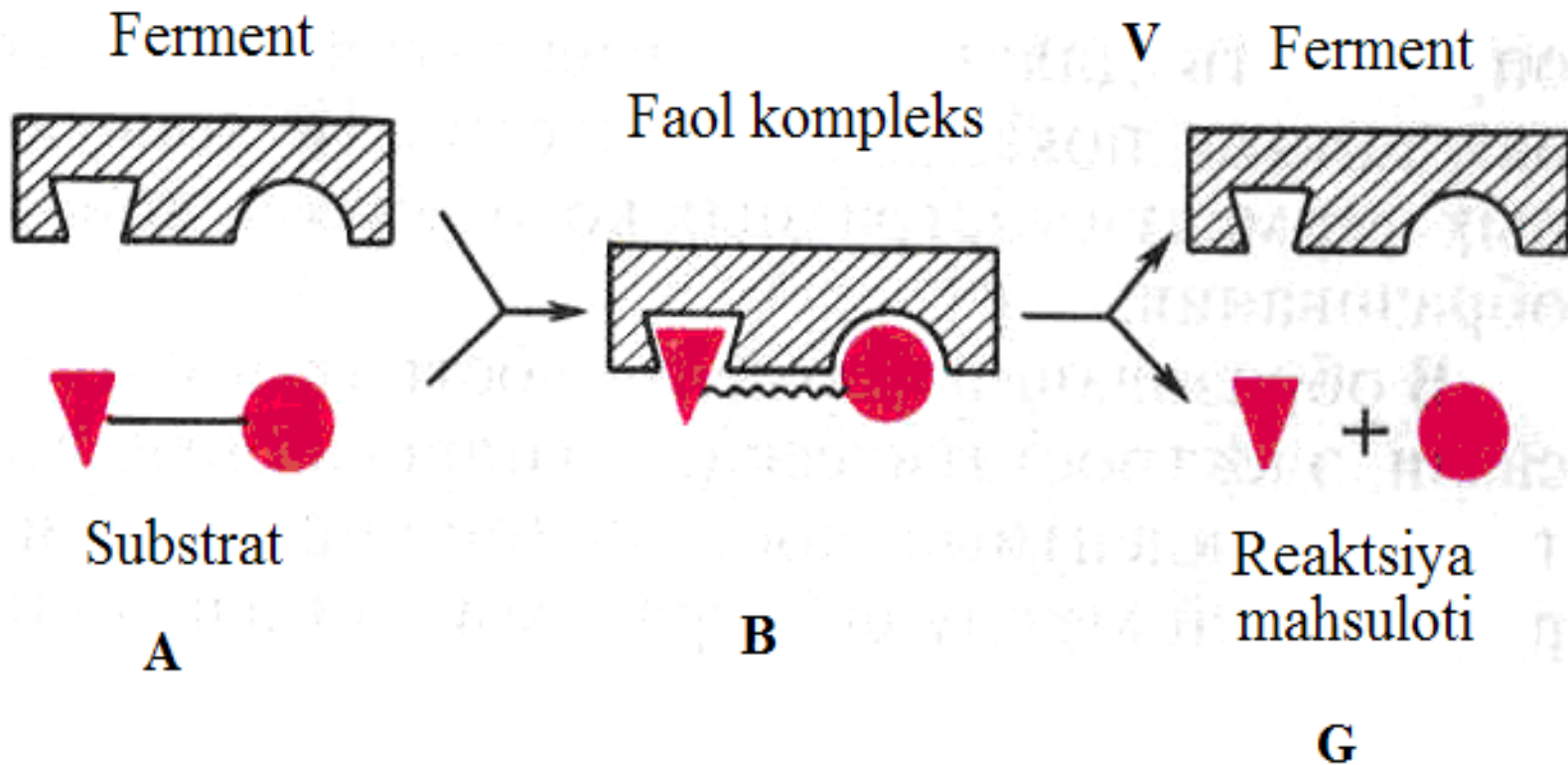


Rasm. VI.1.1. Fermentlar faol markazining tuzilish sxemasi (Maler va Kordes bo'yicha)

To'q chiziqlar ferment polipeptid zanjirining uchastkasi; R – aminokislotalarning qoldiqlari va ularning tartib raqamalri (N-oxiri)

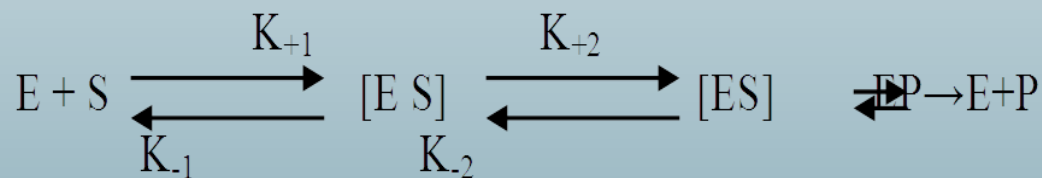
## **Fermentlarning faol markazi.**

Fermentativ reaksiyalarda ishtirok etadigan subctrat molekulari ularni katalizlovchi ferment molekulariga nisbatan birmuncha kichik bo'lganligi sababli ferment bilan substratning o'zaro ta'sirida ferment molekularining hamma qismi emas, balki faol markaz deb ataladigan ma'lum qismigina ishtirok etadi. Demak, faol markaz bu ferment molekularining substratni biriktiruvchi qismidir. Fermentlarning katalitik faolligi va spetsifikligi ham shu faol markazga bog'liq bo'ladi



Rasm VI.1.2. Fermentlarning ta'sir etish mexanizmi. Ferment-substrat kompleksining hosil bo'lishi E.Fisher teoriyasi bo'yicha "qulf-kalit"ning mos kelishi; B-ferment-substrat kompleksining hosil bo'lishi; V-reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lishi; G-hosil bo'gan mahsulotning ajralib chiqishi va fermentning o'z holatiga qaytishi (Spirin bo'yicha)

Ferment - substrat kompleksining hosil bo'lishi va o'zgarishi uch bosqichdan iborat. Fermentativ reaksiyaning birinchi bosqichida substrat molekulari ferment bilan kovalent yoki boshqa kimyoviy bog'lar orqali o'zaro birikadi va birlamchi oraliq modda vujudga keladi; ikkinchi bosqichga birlamchi oraliq birikma o'zgarib, bitta yoki ketma-ket keluvchi faollashgan bir necha kompleks hosil qiladi; uchinchi bosqichda esa reaksiya natijasida hosil bo'ladigan yangi mahsulot ferment molekulasidan ajraladi. Bu bosqichlarni quyidagicha ifodalanadi:

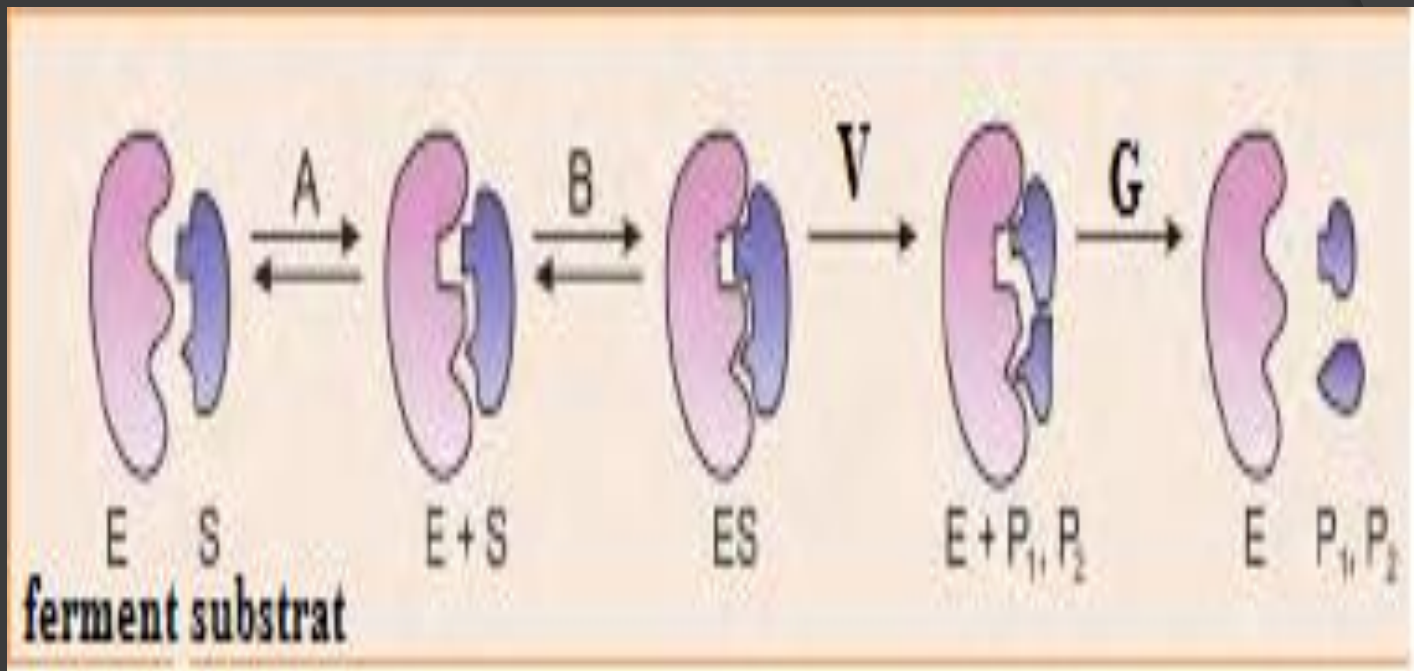


**bu erda E-ferment; S-substrat; ES- ferment-substrat kompleksi; R-hosil bo'lgan mahsulot; K-reaksiya tezligining konstantasi**

Reaksiyaning birinchi bosqichi tez boradi. Ferment-substrat [ES] kuchsiz kimyoviy bog`lar hisobiga va aktivatsion energiya birmuncha past bo`lgan sharoitda hosil bo`ladi.

Substrat molekulalari o`zgarishining ikkinchi bosqichi kovalent bog`larning uzilishi va bog`lanishi bilan boradi. Ferment katalizlayotgan reaksiyaning tezligi bir necha barobar ortib ketadi.

Ferment-substrat kompleksi [ES] hosil bo'lishi juda tez borishi tufayli u har doim E va S bilan muvozanatda bo'ladi. Uchinchi bosqichda ferment mahsulot kompleksi hosil bo'lsa, yakuniy bosqichda esa ferment mahsulot [ES]kompleksidan ferment va mahsulot alohida bo'lib ajraladi.



**Rasm VI.1.3. Fermentlar ta'sir etish mexanizmi. A-fermentning aktiv markazi bilan substartning mos kelishi aniqlanadi;**

B- ferment-substrat kompleksi hosil bo'ladi; V – reaksiya mahsulotlari hosil bo'ladi; G – reaksiya mahsulotlari ajralib chiqadi va ferment erkin holga o'tadi



**Shunday qilib,  
fermentativ reaksiyaning  
tezligi tashqi sharoitlarga  
(harorat, pH muhit, va  
hukozolarga) bog`liq.**



**E'TIBORINGIZ UCHUN  
RAHMAT !!!**

