

## SIMPLE AND COMPLEX ENZYMES. CHEMICAL COMPOSITION OF ENZYMES

<sup>1</sup> **Raximova Kamola**

*Shahrisabz davlat pedagogika instituti  
Biologiya yo'nalishi talabasi.*

*E-mail: [rahimovakamola39@gmail.com](mailto:rahimovakamola39@gmail.com)*

*+998908859889*

*Kimyo fanlari doktori, Kamolov L.S taqrizi asosida*

<sup>2</sup> **Dilnoza Shavkatova,**

*Shahrasabz davlat pedagogika instituti  
Tabiiy fanlar kafedrasi v.b.dotsenti*

*E-mail: [shavkatova89dilnoza@mail.ru](mailto:shavkatova89dilnoza@mail.ru)*

*tel: 91 949 10 30*

*Kimyo fanlari doktori, Kamolov L.S taqrizi asosida*

### Abstract

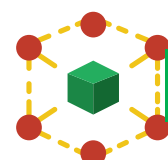
This article provides a scientific analysis of the chemical composition of enzymes. The protein nature of simple and complex enzymes, their structural levels, as well as the roles of apoenzyme, cofactors, and metal ions are discussed. Furthermore, it is substantiated that the structural organization of enzymes is the key factor determining their catalytic activity and biological functions.

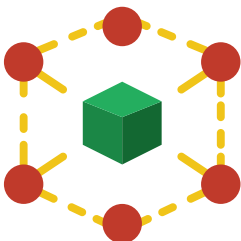
**Keywords:** enzyme, simple enzyme, complex enzyme, protein nature, structural level, apoenzyme, cofactor, coenzyme, metal ions

## ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ФЕРМЕНТЫ. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФЕРМЕНТОВ

### Аннотация

В данной статье научно анализируется химический состав ферментов. Освещаются белковая природа простых и сложных ферментов, их структурные уровни, а также роль апофермента, кофактора и ионов металлов в обеспечении ферментативной активности. Кроме того, обосновывается, что структурная организация ферментов является основным фактором, определяющим их каталитическую активность и биологические функции.





**Ключевые слова:** фермент, простой фермент, сложный фермент, белковая природа, структурный уровень, апофермент, кофактор, кофермент, ионы металлов.

## ODDIY VA MURAKKAB FERMENTLAR. FERMENTLARNING KIMYOVIY TARKIBI.

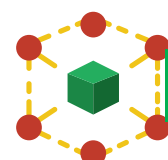
### Annotatsiya

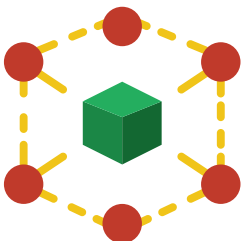
Mazkur maqolada fermentlarning kimyoviy tarkibini ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Oddiy va murakkab fermentlarning oqsil tabiatga egaligi va strukturaviy darajalari, fermentlarning apoferment, kofaktor komponentlari hamda metall ionlarining ahamiyati yoritib beriladi. Shuningdek, fermentlarning tarkibiy tuzilishi ularning katalitik faolligi va biologik funksiyasini belgilovchi asosiy omil ekanligini asoslab beradi.

**Kalit soʻzlar:** ferment, oddiy ferment, murakkab ferment, oqsil tabiat, strukturaviy daraja, apoferment, kofaktor, koferment, metall ionlar.

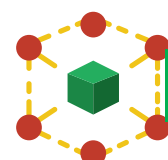
**Kirish.** Fermentlar deb organizmdagi kimyoviy reaksiyalarni tezlashtiruvchi biologik faol oqsillarga aytiladi. (Lotincha «Fermentum» achitqi yoki «enzim» grekcha «en» ichki, «zim» tomizgi). Fermentlar tashqi muhitdan tushgan va organizmning oʻzida hosil boʻlgan moddalarning oʻzgarishini amalga oshiradi. Fermentlar tirik organizmlarda biokimyoviy reaksiyalarni tezlashtiruvchi yuqori spetsifik biologik katalizatorlardir. Ularning funksional samaradorligi bevosita kimyoviy tarkibi va molekulyar tuzilishiga bogʻliq. Fermentlarning tarkibiy qismlarini oʻrganish enzimologiyaning asosiy yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Fermentlar umumiy hisobdan oqsil tabiatli boʻlib, kimyoviy tarkibiga koʻra fermentlar oddiy (bir komponentli) va murakkab (ikki komponentli) fermentlarga boʻlinadi. Oddiy fermentlar tarkibida faqat oqsil molekulasi mavjud boʻlgan biologik katalizatorlardir. Ular murakkab fermentlardan farqli ravishda qoʻshimcha oqsil boʻlmagan qismlarni talab qilmaydi va oʻzining katalitik faolligini toʻliq oqsil tuzilishi orqali amalga oshiradi. Shuning uchun ularning biologik xususiyatlari bevosita aminokislotalar tarkibi va fazoviy tuzilishiga bogʻliq boladi.

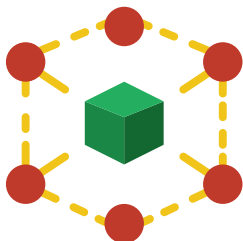
Oddiy fermentlar aminokislotalardan tashkil topgan polipeptid zanjirlaridan iborat bolib, ular peptid bogʻlari orqali birikkan. Ushbu oqsillar globulyar tuzilishga ega va suvli muhitda faol





ishlashga moslashgan. Ularning molekulyar massasi turlicha bo'lishi mumkin, biroq umumiy jihatdan ular yuqori molekulyar birikmalar hisoblanadi. Kimyoviy tarkibi asosan uglerod, vodorod, kislorod va azot elementlaridan iborat bo'lib, ayrim hollarda oltingugurt ham uchraydi. Oddiy fermentlarning biologik faolligi ularning strukturaviy darajalari bilan chambarchas bog'liq. Aminokislotalar ketma-ketligi birlamchi strukturani tashkil etadi va bu ketma-ketlik genetik axborot asosida shakllanadi. Keyinchalik vodorod bog'lari tasirida ikkilamchi struktura hosil bo'ladi. Oqsilning uch olchamli globulyar shakli esa uchlamchi struktura natijasida yuzaga keladi. Aynan shu bosqichda fermentning faol markazi shakllanadi. Bazi oddiy fermentlar bir nechta polipeptid zanjirlaridan iborat bo'lib, ular to'rtlamchi struktura hosil qilishi mumkin. Faol markaz ferment molekulasi eng muhim qismi hisoblanadi. Substrat aynan shu sohada bog'lanadi va kimyoviy reaksiya amalga oshadi. Faol markazning shakllanishida aminokislotalarning fazoviy joylashuvi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Odatda serin, histidin, aspartat, glutamat yoki sistein kabi reaktiv yon zanjirli aminokislotalar katalitik jarayonda ishtirok etadi. Substrat bilan ferment o'rtasida vaqtinchalik kompleks hosil boladi. Oddiy fermentlarning katalitik mexanizmi substrat molekulalarini yaqinlashtirish, otish holatini barqarorlashtirish va aktivatsiya energiyasini kamaytirishga asoslanadi. Ular ko'pincha kislota-ishqor katalizi yoki kovalent kataliz mexanizmlari orqali faoliyat korsatadi. Bu jarayonlar fermentning oqsil tabiatiga bog'liq holda amalga oshadi. Biologik jihatdan oddiy fermentlar organizm metabolizmida muhim o'rin tutadi. Ular oqsillar, uglevodlar va nuklein kislotalarning parchalanish jarayonlarida faol qatnashadi. Ayniqsa hazm qilish tizimida ishtirok etuvchi ko'plab fermentlar oddiy fermentlar turkumiga kiradi. Shuningdek, hujayra ichidagi lizosomal fermentlar ham gidrolitik jarayonlarni amalga oshirishda muhim ro'l o'ynaydi. Oddiy fermentlar oqsil tabiatli bo'lganligi sababli tashqi omillarga sezgir hisoblanadi. Yuqori harorat, kuchli kislota yoki ishqoriy muhit, og'ir metall ionlari hamda ayrim kimyoviy moddalar tasirida ularning uchlamchi strukturasi buzilish yuz beradi. Bu jarayon denaturatsiya deb ataladi. Denaturatsiya natijasida faol markazning fazoviy tuzilishi o'zgaradi va ferment o'z faolligini yo'qotadi. Murakkab fermentlar oqsil qismi (apoferment) va oqsil bo'lmagan qismi (kofaktor)dan iborat. Kofaktor bo'lib metall ionlari yoki organik birikmalar bolishi mumkin. Apoferment va

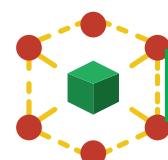


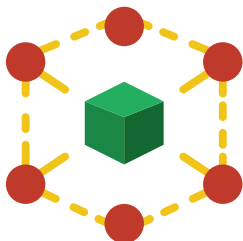


kofaktor alohida faol emasdir, ularning birikishi faol fermentni hosil qiladi va uni xoloferment deyiladi. Kofaktorlar termostabil moddalardir, kopchilik fermentlar qizitilganda faolligini yo'qotadi.

Murakkab fermentlarning faol markaziga kofaktor kiradi. Oligomer fermentlarda faol markazlar soni subbirliliklar soniga teng, yoki ikkita subbirliliklar faol markazni hosil qilishi mumkin. Bazi fermentlarda faol markazdan tashqari regulyator allosterik markaz bolishi mumkin. Bu markaz modifikatorlar bilan birikadi. Modifikatorlar ferment faolligini oshirishi (effektorlar) yoki susaytirishi (ingibitorlar) bo'lishi mumkin.

Faol markazda kontakt ya'ni substrat bilan birikuvchi, katalitik fermentativ reaksiyani katalizlaydigan joy mavjud. Aktiv markaz polipeptid zanjirlarning turli joylaridan o'rin olgan 12-16 aminokislota qoldiqlaridan hosil bo'ladi. Polipeptid zanjirining boshqa aminokislota qoldiqlari faol markazni to'g'ri fazoviy joylashishini va reaksiyon holatini belgilaydi. Oddiy fermentlarda faol markazning kontakt va katalitik joylari aminokislotalarning funksional faol guruhlaridan hosil bo'ladi, murakkab fermentlarda asosiy vazifanib kofaktorlar bajaradi. Fermentativ katalizda quyidagi funksional faol guruhlar ishtirok etadi: dikarbon aminokislotalarning COOH va peptid zanjirining C uchlarining COOH guruhlari; lizinning NH<sub>2</sub> guruhi va polipeptid zanjirining N uchi NH<sub>3</sub> guruhi; argininning guanidin; triptofanning indol; gistidinning imidazol, serin va treoninning OH; oltingugurt tutuvchi aminokislotalarning SH-guruhlari, tirozinni fenol guruhlari ishtirok etadi. Kofaktorlar apoferment bilan birikishiga qarab 2 guruhga bolinadi: Prostetik gruppada kofaktor apoferment bilan kovalent boglanadi. Koferment bunda kofaktor apoferment bilan nokovalent bog'lanadi va tez dissotsiatsiyalanadi. Kofaktorlar strukturasi kora vitaminli va vitamin bo'lmagan kofaktorlarga bo'linadi. Vitaminli koferment tiaminli (TMF, TDF, TTF), flavinli (FAD, FMN), pantotenatli (KoA, defosfo-KoA, 1- fosfopantotenat), nikotinamidli (NAD, NADF), piridoksinli (PALF, PAMF), flavinli (TGFK), kobamidli (metilkobalamin, dezoksimetilkobalamin), biotinli (karboksibiotin), lipoil (lipoamid), xinonli (ubixinon, plastoxinon) va karnitinli (karnitin)larga bolinadi. Vitamin bolmagan kofermentlar oz navbatida nukleotidli (UDFGK), fosfomonosaharidli (glyukoza-1,6-difosfat, 2,3-difosfoglitserrat), metalloporfirinli (gemlar, xlorofillar) va peptidliga (glutation) bolinadi.



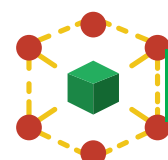


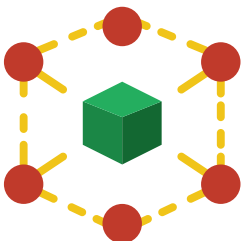
**-Mavzuga oid adabiyotlar tahlili (Literature review).** Fermentlarning oqsil tabiati va ularning tarkibiy tuzilishi haqidagi ilmiy qarashlar biokimyo fanining shakllanishi bilan bevosita bogliqdir. XIX asr oxiri va XX asr boshlarida fermentlar tirik organizm mahsuli sifatida qaralgan bo'lsa, keyinchalik ularning kimyoviy tabiati aniqlanib, oqsil moddalari ekanligi ilmiy jihatdan asoslab berildi. Zamonaviy biokimyoviy tadqiqotlar fermentlarning uch o'lchamli tuzilishi va funksional faolligi o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi.

Biokimyo sohasidagi fundamental tadqiqotlar, xususan Emil Fischer tomonidan ilgari surilgan qulf-kalit nazariyasi ferment va substrat o'rtasidagi moslikni tushuntirib berdi. Keyinchalik Daniel Koshland tomonidan taklif etilgan induksiyalangan moslik modeli fermentning faol markazi substrat tasirida konformatsion o'zgarishga uchrashini ilmiy asoslab berdi. Ushbu nazariyalar oddiy va murakkab fermentlarning strukturaviy xususiyatlarini tushunishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlarda oddiy fermentlar faqat oqsil molekulasidan tashkil topgan biologik katalizator sifatida tavsiflanadi. Ularning katalitik faolligi aminokislotalarning fazoviy joylashuvi va uchlamchi struktura barqarorligi bilan belgilanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, faol markazning shakllanishi oqsilning konformatsion tuzilishiga bog'liq bo'lib, hatto kichik strukturaviy o'zgarishlar ham ferment faolligini keskin kamaytirishi mumkin.

Murakkab fermentlar esa apoferment va kofaktordan tashkil topgan tizim sifatida ilmiy manbalarda keng yoritilgan. Kofaktorlarning metall ionlari yoki organik kofermentlar ko'rinishida bo'lishi fermentning katalitik imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Ayniqsa oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida nikotinamid va flavin hosilalari muhim ro'l o'ynashi qayd etilgan. So'nggi yillarda strukturaviy biologiya, rentgen difraksiyasi, yadro magnit rezonansi va kompyuter modellashtirish usullari yordamida fermentlarning molekulyar arxitekturasi chuqur o'rganilmoqda. Biroq mavjud adabiyotlarda oddiy va murakkab fermentlarning tarkibiy farqlari kopincha umumiy tavsif darajasida berilib, ularning funksional ustunliklari tizimli ravishda solishtirilmagan. Shu sababli mazkur maqolada fermentlarning tarkibiy qismlarini qiyosiy va tizimli tahlil qilish dolzarb ilmiy masala sifatida qaraladi.





Mazkur tadqiqot nazariy-tahliliy xarakterga ega bo'lib, fermentlarning tarkibiy tuzilishi va ularning funksional xususiyatlarini ilmiy manbalar asosida o'rganishga qaratilgan. Tadqiqot jarayonida biokimyó, molekulyar biologiya va enzimologiya sohasidagi darsliklar, ilmiy maqolalar hamda elektron ilmiy bazalardan foydalanildi.

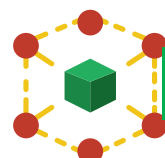
Ma'lumotlarni qayta ishlashda qiyosiy tahlil, sistemalashtirish, umumlashtirish va mantiqiy tahlil usullaridan foydalanildi. Oddiy va murakkab fermentlarning kimyoviy tarkibi, strukturaviy darajalari hamda biologik funksiyalari o'zaro solishtirildi. Shuningdek, fermentlarning faol markazi shakllanishi va kofaktorlarning katalitik jarayondagi o'rni nazariy jihatdan asoslab berildi.

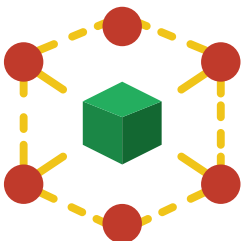
- **Tadqiqot metodologiyasi (Research Methodology).** Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oldi: mavjud ilmiy manbalarni saralash, ularni mazmuniy tahlil qilish, asosiy tushunchalarni tizimlashtirish hamda olingan natijalarni ilmiy umumlashtirish. Natijalar strukturaviy-biokimyoviy yondashuv asosida talqin qilindi.

- **Tajriba va natijalar (Analysis and results).** O'tkazilgan nazariy tahlil shuni ko'rsatdiki, fermentlarning tarkibiy tuzilishi ularning funksional imkoniyatlarini belgilovchi asosiy omildir. Oddiy fermentlar faqat oqsil molekulasidan tashkil topgan bo'lib, ularning katalitik faolligi uchlamchi strukturaning barqarorligiga bog'liq. Faol markaz aminokislotalarning aniq fazoviy joylashuvi natijasida shakllanadi va substrat bilan yuqori spetsifiklikda o'zaro tasirga kirishadi.

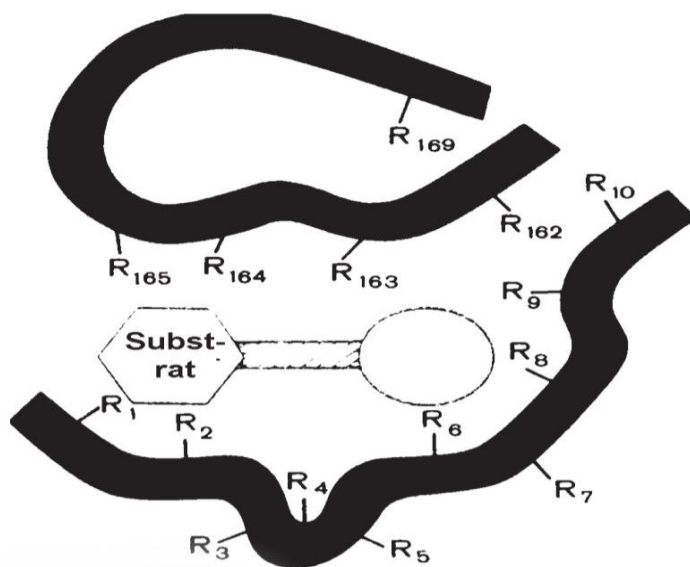
Murakkab fermentlarda esa apoferment va kofaktor o'rtasidagi o'zaro bog'lanish fermentning to'liq faol shaklini hosil qiladi. Kofaktorlarning mavjudligi, ayniqsa metall ionlari va kofermentlar, fermentning elektron tashish, oksidlanish-qaytarilish hamda guruh tashish reaksiyalarida samaradorligini oshiradi. Shu jihatdan murakkab fermentlar metabolizmning murakkab bosqichlarida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Qiyosiy tahlil natijasida aniqlanishicha, oddiy fermentlar asosan gidrolitik jarayonlarda samarali bo'lsa, murakkab fermentlar energiya almashinuvi va oksidoreduktaz reaksiyalarda ustunlikka ega. Bu holat fermentlarning tarkibiy murakkabligi ularning funksional spektrini kengaytirishini korsatadi.



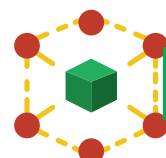


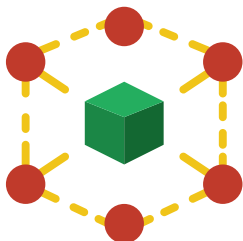
Natijalar shuni tasdiqlaydiki, fermentlarning kimyoviy tarkibi va strukturaviy tashkil topishi ularning biologik rolini belgilaydi. Shuning uchun fermentlarni o'rganishda tarkib va funksiyaning o'zaro bog'liqligini kompleks yondashuv asosida tahlil qilish zarur. 1 - rasmda fermentning faol markazi va substrat bilan o'zaro tasir jarayoni tasvirlangan. Ko'rinib turibdiki, faol markaz aminokislotalarning aniq fazoviy joylashuvi natijasida shakllanadi va substrat molekulasi bilan yuqori spetsifiklik asosida bog'lanadi. Substrat fermentning faol markaziga mos kelishi natijasida fermentsubstrat kompleksi hosil bo'ladi, bu esa reaksiyaning aktivatsiya energiyasini kamaytiradi. Faol markaz tarkibidagi katalitik aminokislotalar substratning kimyoviy bog'larini zaiflashtirib, reaksiya tezligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu holat fermentlarning yuqori selektivligi va samaradorligini ilmiy jihatdan asoslaydi.



1-rasm. Fermentlarning faol markazi.

- **Xulosa (Conclusion).** Mazkur tadqiqot natijalari fermentlarning kimyoviy tarkibi va strukturaviy tashkil topishi ularning biologik funksiyasini belgilovchi asosiy omil ekanligini tasdiqlaydi. Fermentlar oqsil tabiatli biologik katalizatorlar bo'lib, ularning katalitik faolligi aminokislotalar tarkibi, fazoviy konformatsiyasi va faol markaz tuzilishi bilan chambarchas bog'liqdir. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, oddiy fermentlar faqat oqsil molekulasidan iborat bo'lib, ularning funksional samaradorligi uchlamchi struktura barqarorligiga asoslanadi. Faol markazning





aniq fazoviy shakllanishi substrat bilan yuqori darajadagi spetsifik bog'lanishni taminlaydi. Murakkab fermentlar esa apoferment va kofaktordan tashkil topgan bo'lib, kofaktorlarning ishtiroki fermentlarning katalitik imkoniyatlarini kengaytiradi. Ayniqsa metall ionlari va kofermentlar elektron tashish hamda oksidlanish-qaytarilish jarayonlarida muhim rol o'ynaydi.

Qiyosiy tahlil fermentlarning tarkibiy murakkabligi ularning funksional xilma-xilligini oshirishini ko'rsatdi. Oddiy fermentlar asosan gidrolitik jarayonlarda faol ishtirok etsa, murakkab fermentlar metabolizmning murakkab bosqichlarida, xususan energiya almashinuvi jarayonlarida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Shunday qilib, fermentlarning tarkibi va tuzilishini chuqur organish nafaqat nazariy biokimyo uchun, balki tibbiyot, farmatsevtika va biotexnologiya sohalari uchun ham muhim ilmiy ahamiyatga ega. Fermentlarning molekulyar mexanizmlarini yanada chuqur tadqiq qilish kelgusida yangi biokatalitik texnologiyalar va terapevtik yondashuvlarni ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

## ADABIYOTLAR

1. Babior, B.M. Biologik himoya mexanizmlari. Potensial bakteritsid agenti bo'lgan superoksidning leykotsitlar tomonidan ishlab chiqarilishi [Matn] / B.M. Babior, R. S. Kipnes, J. T. Kurnutte // Klinik tekshiruvlar jurnali. 1973 yil. V.52. No 3. P.
2. Kulinskiy, V.I. Reaktiv kislorod turlari va makromolekulalarning oksidlovchi modifikatsiyasi: foyda, zarar va himoya [Matn] / V.I. Kulinskiy // Soros ta'lim jurnali. 1999. T. 1. No 2. B. 2-7.
3. Zenkov, N.K. Oksidlanish stressi [Matn] / N.K. Zenkov, V.Z. Lankin, E.B. Menshchikova - M.: MAIK "Fan / Interperiodiklar". 2001. 343 b.
4. Zenkov, N.K. Biologik tizimlarda faollashtirilgan kislorod metabolitlari [Matn] / N.K. Zenkov, E.B. Menshchikova // Zamonaviy biologiyaning yutuqlari. 1993. T. 113. No 3. B. 286-296.
5. Wendel, A. Reaktiv kislorodga qarshi ta'sir qiluvchi fermentlar [Matn] / A. Wendel // Fermentlar: asboblari va maqsadlar. - Bazel: Karger. - 1988. - B. 161-167.
6. Esterbauer, H. LDL oksidlovchi modifikatsiyasida lipid peroksidatsiyasi va antioksidantlarning roli [Matn] / H. Esterbauer, J. Gebicki, H. Puhl, G. Yurgens // Erkin radikal biologiya va tibbiyot. - 1992. - V. 13. - B. 341-390.

