

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET UNIWERSITETI

N.ORAZOWA, D. GADAMOW

BIOHIMIÝA

**Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin
okuw gollanmasy**

**Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi**

AŞGABAT – 2010

N.Orazowa, D. Gadamow

Biohimiya. Okuw kitaby. -A.: 343 sah.

GIRIŞ

Biohimiýa (biologiki himiýa) – janly materiýanyň himiki düzümi, onuň ýaşayşa bolan işjeňlik hadysasynda ýerine ýetirýän funksiýany we organizmiň düzüm bölekleriň öwrülişiklerini öwrenýän ylym. Adyndan belli bolşy ýaly, biohimiýa – janly materiýanyň himiýasydyr. Şeýle hem, biohimiýa – ýaşayşyň molekulýar esasyndaky ylym bolup, ol gysga döwrüň içinde pajarlap ösüp başlady. Biohimiýa ylymynyň şeýle tiz ösmeginiň we oňa aýratyn üns berilmeginiň birnäçe sebäpleri bardyr.

Birinjiden, biohimiklere ençeme hadysalaryň himiki esaslaryny aýdyňlaşdyrmak başartdy. Olara mysal edip, dezoksiribonuklein kislotasynyň (DNK) molekulasynyň spiral şekilli goşa zynjyrdan ybaratdygy; genetiki kodlaryň doly suratda düşündirilmeği; organizmde madda çalyşma hadysasynyň (metabolizmiň) esasy ýollarynyň beýan edilmegi ýaly, düýpli açyşlary görkezmek bolar.

Ikinjiden, ýaşayşyň dürli görnüşiniň esasy bolan molekulalaryň öwrülişiginiň umumy ýollary we umumy prinsipleri ýüze çykaryldy. Mysal üçin, *Escherichia coli* bakteriýasy bilen adamynyň arasynda şonça uly tapawut bar hem bolsa, olaryň köp halatlarda molekulýar derejesi boýunça umumylyklary bardyr. Makromolekula öndürmek üçin organizmleriň ikisi hem şol bir meňzeş gurluşyk bloklaryndan

peýdalanýarlar; DNK-dan ribonuklein kislotasy (RNK) we soňra proteina berilýän genetiki maglumatlar (informasiýalar) hem bir meňzeş geçýär; energiýa çeşmesi hökmünde organizmleriň ikisi hem adenzotрифосфатдан (ATF) peýdalanýar.

Üçünjiden, biokimiýa ylmy birnäçe keselleriň emele gelşini öwrenmekde medisina aralaşdygyça çuň ornaşýar. Sebäbi, häzirki wagtda fermentleriň işjeňligini öwrenmek bilen, dürli keselleriň diagnozyny dogry we doly anyklamak bolýar.

Dördünjiden, soňky ýyllarda biokimiýa ylymynyň has pajarlap ösmegi, derňew işlerini geçirýän alymlara medisina we biologiýa ylmlaryna degişli bolan iň zerur we düýpli meseleleri çözmäge ýardam etdi. Mysal üçin:

1. Bir öýjügiň özbaşdak (individual) ösüş döwründe ondan myşsa, nerw we bagyr öýjükleri ýaly dürli görnüşdäki öýjükler nähili emele gelýär?
2. Çylşyrymly organizmleri emele getirmekde öýjükler biri-birini nähili tapýarlar?
3. Öýjükleriň ösüşine nähili gözegçilik edilýär?
4. Ýatkeşligiň mehanizmi nämä bagly?
5. Şöhläniň täsiri esasynda gözüň ýagtylyk kabul edýän içki bardasynda nerw impulsy nähili döreýär?
6. Rak keseliň emele gelmeginiň sebäbi nämäden ybarat?

7. Ruhy näsaglylyk (şizofreniýa) keseliniň emele gelmegine näme sebäp bolýar?

Ine, şular ýaly örän wajyp meseleleri çözmeklik, esasan, dürli görnüşdäki fiziki we fiziko-himiki usullardan peýdalanmagyň hasabyna amala aşyrylýar.

Biohimiýa özbaşdak ylym hökmünde XIX asyryň ikinji ýarymynda girizildi. Onuň özbaşdak ylym bolup emele gelmegine, bir tarapdan organiki himiýanyň köp sanly tebigy birleşmeleri öwrenmekde gazanan üstünligi, şeýle hem haýwanlarda, ösümlüklerde we mikroorganizmlerde bolup geçýän fiziologik hadysalaryň anyklanmagy sebäp bolan bolsa, beýleki bir tarapdan medisina, oba hojalygy we senagat üçin gerek bolan dürli önümleri öndürmekde biohimiýa ylymynyň praktiki taýdan zerurlygydyr. Şoňa görä, biohimiýa ylymynyň ähmiýeti jemgyýet üçin örän ulydyr. Ol ylym hökmünde medisinanyň, oba hojalygynyň, biotehnologiýanyň, genetiki inženeriýanyň, tokaý hojalygy işleriniň we başga-da senagatyň dürli pudaklarynyň ylmy esasy bolup hyzmat edýär.

Maldarçylykda we ekerançylykda dürli görnüşdäki himiki serişdeleriň ulanylmagy doly suratda biohimiýanyň we fiziologiýanyň görkezýän maglumatlaryna esaslanýandyr.

Medisinada täze derman serişdelerini döretmekde we olary ulanmakda, ähli keselleriň diagnozny dogry kesgitlemekde täze usul

çeşmesi bolup hyzmat etmek bilen bir hatarda organizmde emele gelýän patalogik hadysalaryň sebäplerini aýdyňlaşdyrmakda biohimiýanyň ähmiýeti örän ulydyr. Galyberse-de, senagatyň köp sanly pudaklary tehniki biohimiýanyň (biotehnologiýanyň) gazanan üstünliklerinden giňden peýdalanýar. Oňa mysal edip azyk senagatynda: çörek bişirmekde, çakyr ýasamakda, peýnir we syr öndürmekde, her hili önümleri konserwirlemekde, çay önümçiliginde, ösümlük we haýwan ýaglaryny, eti, süýdi we beýleki önümlerini gaýtadan işläp bejermekde gazanylan ýokary üstünlikleri görkezmek bolar. Olar häzirki zaman tehnologiýa usullarynyň giňden ornaşdyrylmagyň netijesidir.

Soňky ýyllardaky köp sanly ylmy açyşlaryň netijesi, janly organizmiň öýjüklerinde bolup geçýän hadysalaryň tebigaty barasyndaky düşüňjämizi düýp göter üýtgetdi. Bu ajaýyp açyşlara mysal edip: organizmde genetiki informasiýanyň saklanmagy we onuň nesilden-nesile geçmeginiň aýdyňlaşdyrylmagy; nuklein kislotalarynyň we proteinleriň strukturalarynyň doly öwrenilmegi; janly organizmlerde energiýanyň täzeden emele gelşi mehanizminiň kesgittenmegi; madda çalyşma hadysasynyň mehanizmini sazlamagyň anyklanylmagy; biologiki öwrülişmelerde öýjükleriň rolynyň kesgittenmegi ýaly ençeme ylmy açyşlary görkezmek bolar.

Biohimiýany janly materiýany öwrenmekde çemeleşýän ugry boýunça statiki biohimiýa we dinamiki biohimiýa ýaly şahalara bölýärler.

Statiki biohimiýa (ýa-da derňewi beýan ediji biohimiýa) janly organizmleriň düzümini, ýagny biologiki obýektlerde birleşmeleriň hil taýdan düzümini, gurluşyny we mukdaryny derňemek bilen meşgullanýar.

Dinamiki biohimiýa organizmde maddalaryň himiki öwrülişmelerini we onuň ýaşayşa işjeňlik hadysalarydaky şol öwrülişmeleriň ähmiýetini derňemek bilen meşgullanýar.

Statiki biohimiýa beýleki bölümlere garanyňda, biohimiýanyň has irki etabydyr. Şeýle-de bolsa, soňa baka bu bölümleriň ikisi hem deň derejede ösdürilýär we olar biri-biri bilen örän ýakyn baglanyşykdadyr.

Derňew obýektlerine baglylykda häzirki zaman biohimiýasyny birnäçe özbaşdak bölümlere bölýärler.

Adam we haywan biohimiýasy, adamynyň we haywanlaryň organizmleriniň düzüminiň we ondaky maddalaryň we energiýanyň öwrülişmelerini derňeýär.

Ösümlikleriň biohimiýasy, ösümlük organizmleriň himiki düzümini we olardaky maddalaryň we energiýanyň öwrülişmelerini derňeýär.

Mikroorganizmleriň biohimiýasy, şol bir meseleleri mikroorganizmlerde çözyär.

Derňew ugurlary boýunça biohimiýany aýratyn kesgitli bölümlere hem bölýärler.

Tehniki biohimiýa (ýa-da biotehnologiýa) ýmit önümleriniň himiki düzümini öwrenmek we olary täzeden (gaýtadan) işläp bejermek (çörek bişirmek, çakyr ýasamak, peýnir we syr öndürmek, her hili önümleri konserwirmek we ş.m.) bilen bir hatarda dürli görnüşdäki biohimiki serişdeleri senagatda ulanmagyň esasy usullarynyň üstünde işleýär.

Medisina biohimiýasy adam organizminiň sagdyn we näsag ýagdaýlarynda bolup geýän biohimiki hadysalary derňeýär.

Ewolýusion biohimiýa dürli sistematiki toparlardaky janly organizmlerde maddalaryň düzümini, olaryň öwrülme ýollaryny we energiýasyny ewolýusion taýdan deňeşdirilýär. Bulardan başgada häzırkı zaman biohimiýasyny, kwant biohimiýasy, kosmos biohimiýasy, radiasion biohimiýasy we beýlekiler ýaly ugurlara bölýärler. Biohimiýanyň bu bölümleri hem organizmde degişli meseleleri çözmekde uly rol oýnaýarlar.

Russiýada ilkinji bolup biohimiýa ylmynyň düýbünü tutan, Kazan universitetiniň biohimiýa kafedrasyna ýolbaşçylyk eden we rus biohimikleriniň mekdebini döreden alym A. Ýa. Danilewskiý (1839-

1923). A.Ýa.Danilewskiý öz döwründe birnäçe uly ylmy açyşlar etdi. Ol adsorbsiýanyň kömegi bilen fermentleri arassalamagyň ajaýyp usulyny işläp düzdi.

Biohimiýany ösdürmekde N.W.Nenskiniň bitiren işi hem örän ulydyr. Ol 1891-nji ýylda Russiýada ilkinji bolup Peterburgyň eksperimental medisina institutynda biohimiýa laboratoriyasyny döretdi. N.W.Nenskiý özüniň birnäçe işdeş ýoldaşlary bilen köp sanly möhüm derňew işlerini geçirdi.

Ol, hlorofiliň we gemyň himiki düzümini öwrenmekde, moçewinanyň (karbamidiň) biosinteziniň mehanizmini aýdyňlaşdyrmakda we başga-da proteinleriň metabolizmine degişli birnäçe işlerini ýerine ýetirdi.

Biohimiýa ylmynda degişli ajaýyp açyşlary eden, rewolýusiýadan öňki rus alymlarynyň hatarynda 1880-nji ýylda witaminleri açan N.I.Luniny, 1899-njy ýylda profermentleri açan I.Pawlowy we Şapowalnikowy, 1903-nji ýylda pigmentleri bölmekde hromatografiýa usulyny işläp düzen M.S.Swet, fotosintez hadysasyny derňemekde uly iş bitiren K.A.Timirýazewy, ösümliklerde azot birleşmeleriniň madda çalyşmasynyň kanunlygyny anyklyk D.N.Prýanişnikowy we başgaly görkezmek bolar.

Okýabr rewolýusiýasyndan soň Russiada biohimiýa işlerine ajaýyp alym A.N.Bah ýolbaşçylyk edipdir. Ol, 1921-nji ýylda

Moskwada ylmy derňew biohimiýa institutyny döretdi we 1835-nji ýylda bolsa ozalky SSSR ylmlar Akademiýasynyň ýanyndaky biohimiýa institutyna ýolbaşçylyk etdi. Häzirki wagtda şol institut A. N. Bahyň adyny göterýär. Soňra köp ýyllaryň dowamynda bu instituta A. N. Bahyň iň ýakyn okuwçylarynyň biri bolan akademik A.I.Oparin ýolbaşçylyk etdi. Ol özüniň “Ýeriň ýüzünde ýaşayşyň emele gelmegi” diýen meşhur teoriýasy bilen dünýä bellidir. A. N. Bah baryp 1897-nji ýylda düýpli ylmy derňewleriň esasynda molekulýar kislorodyň gatnaşmagyndaky dem alyş reaksiýasynyň mehanizmini aýdyňlaşdyrdy. Enzimologiýa barasynda A. N. Bahyň bitiren işleri has hem uludyr. Ol fermentleriň fiziologiki ähmiýeti barasyndaky taglymatyň düýbünü tutan alymdyr. Görnükli rus biohimikleriň ýene-de biri W.I.Palladindir. Ol, dokuma dem alyş hadysasynda substraty degidridlemegiň ähmiýetini esaslandyrdy.

1931-nji ýylda W.A. Engelgardt okislendiriji fosforilirlenme hadysasyny açdy, ýagny dem alyş prosesinde fosforilirlenmäniň okislenme prosesi bilen baglanşykda bolýandygyny görkezdi. 1942-nji ýylda bolsa, ol, M.N.Lýubimowa bilen birlikde mioziniň we başgada birnäçe myşsa proteinleriniň ATF-aza aktiwligini subut etdiler.

Bulardan başga-da şol döwürde biohimiýa ylmyny ösdürmekde uly goşant goşan alymlardan N.N.Iwanowy (8tomdan ybarat bolan “Medeni ösümlikleriň biohimiýasy” atly gollanmanyň awtory); A.R. Kizeli (ol özüniň proteinleriň metabolizmi barasyndaky işleri bilen dünýä bellidir, şeýle hem “Ösümlük biohimiýasy” atly praktiki gollanmanyň awtorydyr); N.Ýa.Demyanowy (ösümlikleriň himiki analizi boýunça metodiki gollanmany düzen); O.Ýa.Parnasy (medisina biohimiýasy boýunça örän döredijilikli işlän alym); B.N.Stepanenkony (uglewodorodlaryň himiýasy we biohimiýasy boýunça ylmy işlere örän uly goşant goşan alym); W.A. Bukiny (vitaminleri öwrenmekde örän uly meseleleri çözen alym) we başgalary görkezmek bolar.

XX asyryň başlarynda biohimiýa ylmyny ösdürmekde daşary ýurtly alymlarynyň bitiren işleri hem örän uldyr. 1905-nji ýylda A. Gorden we W. Long spirtli ajamanyň ilkinji kofermenti – “kozimazany”, häzirki wagtda NAD (nikotinamidadenin dinukleotid) diýip atlandyrylýan kofermenti, bölüp aldylar. Sol Yylda F. Knoop ýag kislotasynyň β -okislenme prosesini derňedi we ony dolý anyklady. 1920-30-njy ýyllarda dem alyş fermentlerini (sitohromoksidaza, flavin degidrogenaza we başgalary) bölüp almakda we olary derňemekde nemis biohimigi O.Warburg ajaýyp

işleri bitirdi. Ol, tebigy nukleotidleri bölüp alyp, olaryň strukturasyny we funksiýasyny doly anyklady.

1933-nji ýylda G. Krebs moçewinanyň (karbamidiň) emele gelmeginiň ornitin siklini jikme-jik öwrendi, soňra, 1937-nji ýylda bolsa ol, uglewodlaryň aerob dargamagynyň biohimiki esasy bolan üçkarbon kislotalarynyň siklini açdy.

1950-53-nji ýyllarda D.Uotson we F.Krik tarapyndan DNK-nyň ikili spiral gurluşynyň aýdyňlaşdyrylmagy biohimiýa ylmynnda täze bir ugur bolan molekulýar biologýanyň döremegine getirdi.

1953-nji ýylda F. Senger ilkinji bolup insulin proteiniň (gormonyň) düzüminde 51 sany aminokislotanyň bardygyny we olaryň yzygiderli ýerleşiş tertibini kesgitledi.

Biohimiýa ylmynyň pajarlap ösmegine soňky ýyllardaky uly açyşlar has-da täsirli boldy. 1959-60-njy ýyllarda A.S. Spirin we P. Doti ribosomal – RNK-nyň ikilenji we üçlenji strukturalaryny anykladylar.

1965-67-njy ýyllarda akademik A.A.Baýew bilen R.Holli biri-birinden bihabar transport RNK-nyň düzümindäki nukleotidleriň ýerleşiş tertibini kesgitlediler.

1969-njy ýylda R. Merifild ribonukmaza fermentini himiki usul bilen sintezledi.

1971-nji ýylda Ýu.A.Owçinnikowyň we A.Ýe.Braunşteýniň laboratoriyalarynda bilelikde geçirilen ylmy işleriň netijesinde aspartataminotransferaza fermentiniň ilkinji strukturasy kesgitlendi, we bu ferment–proteiniň düzüminde 412 sany aminokislotanyň bardygy anyklandy.

1977-nji ýylda F. Senger we onuň işgärleri DNK molekulasyň ilkinji strukturasyň doly suratda anykladylar.

BÖLÜM 1. JANLY ORGANIZMLERİŇ UMUMY BIOHIMIKI HÄSIÝETLENDIRMELERI

§ 1. Organizmleriň himiki düzümi

Alymlaryň hasaplamalaryna görä, ýer üstüniň janly organizmleriniň gury agramyndaky biomassasy $1,8 \cdot 10^{12}$ – $2,4 \cdot 10^{12}$ tonna barabardyr. Ýeriň biomassasyny emele getirýän organizmlerde himiki elementleriň 60-dan gowyragy tapyldy. Olaryň arasynda, görmüşine we gurnalyş derejesine garamazdan islendik organizmleriň düzüminde duş gelýän elementleri şertleýin topara bölmek bolar. Bu elementlere *C, N, H, O, S, P, Na, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Mo, B, V, J* we başgalar degişlidir. Elementleriň ilkinji altysy – biomassada örän möhüm rol oýnaýarlar, çünki proteinler, nuklein

kislotalary, glisidler, lipidler we başgalar janly materiýanyň esasyny düzýän örän wajyp birleşmeler bolup, olar şol elementlerden gurnalandyr. *Na, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Mo* ýaly elementlere bolsa “ýaşayşyň elementleri” diýilýär, sebäbi olar biopolimerleriň strukturasyny we funksional işjeňligini goldamak üçin örän zerurdyr. Bor we wanadiý deňşililikde ösümlik we haýwan organizmleri üçin zerurdyr.

Biomassanyň düzüminde kislorod, uglerod, wodorod, azot we kalsiý ýaly makroelementler iň köp mukdarda duş gelýän elementlerdir. Kremniý, alyminiý, demir we ş.m. elementler metosferada köp mukdarda duş gelýän hem bolsa, organiki dünýäde olaryň konsentrasiýasy az mukdardadyr. Sonuň ýaly hem, biosferanyň esasy massasyny *C, N, P, S* ýaly eňil ereýji we gaz şekilli birleşmeleri emele getirýän elementleri düzýändir, ýöne olar ýeriň üstki gatlagynda onçakly köp däl.

Janly maddalaryň 98%-ni düzýän *H, O, C, N*, we *P* ýaly elementler özlerinde kompleksleýin hil aýratynlyklarynyň bardygyna görä, ýaşayş hadysasynda örän uly ähmiýete eýedirler. Olar elektronlary aňsatlyk (ýeňillik) bilen jübütleşdirip berk kowalent baglanyşgyny emele getirýärler. Şeýle hem. bu elementleriň atomlarynyň kiçi möçberli bolýandygyna görä, gysga we berk himiki baglanyşyklary emele getirmäge ýardam edýär. Şeýle baglanyşykly

molekulalar himiki we beýleki faktorlaryň täsirine has durnukly bolýarlar. Bulardan başgada, ýokarda görkezilen elementleriň köp sanly (ikili we üçli) baglanyşyklary emele getirmäge ukyplylygynyň hem örän uly ähmiýeti bardyr. Şoňa görä. bu elementler, özläriniň emele getirýän birleşmeleriniň dürliligi we örän möhümligi bilen beýleki elementlerden has tapawutlanýarlar.

Janly materiýany emele getirýän köp sanly makro- we mikroelementler, dürli tipdäki himiki birleşmeler görnüşinde duş gelýärler. Organizmiň düzümine girýän birleşmeleriň esasy tiplerine – proteinler, nuklein kislotalary, glisidler, lipidler (ýaglar we ýaga meňzeş maddalar), suw, mineral duzlar we başgalar degişlidir.

Biomassanyň takmynan 75%-mi suwdan ybaratdyr.Ýöne dürli organizmlerde onuň mukdary dürli-dürlidir (mysal üçin, agaçlaryň 40-60%-i, meduzanyň 99%-i suwdyr). Suw, organizmleriň ýaşaýşa işjeňlik şertlerini döretmekde örän uly rol oýnaýar. Ol janly maddalaryň yzygiderli täzelenmegi üçin fiziko-himiki prosesleriň geçýän gurşawyny emele getirýär. Şeýle hem ol, gidroliz reaksiýasyna gatnaşýar.

Biologiki obýektlerde mukdary boýunça ikinji orna, ýöne ähmiýeti boýunça birinji, we esasy birleşmeler klasyna proteinler degişlidir. Organizmleriň gury maddasynyň takmynan ortaça 40-50%-mi proteinlerdir. Proteinleriň ähmiýeti, ýerine ýetirýän

funksiýalary, gurluşy we häsiýetleri barasyndaky doly maglumaty, kitabyň “Proteinler” bölüminden alyp bilersiňiz.

Organizmleriň gury maddasynyň galan 50%-mi nuklein kislotalaryndan, glisidlerden, lipidlerden we mineral duzlaryndan ybaratdyr. Bularan başgada organizmleriň düzüminde az mukdarda karbon kislotalary, uglewodorodlar, aminler, spirtler, aldegidler ýaly beýleki organiki birleşmeler bardyr. Efir ýaglary, alkaloidler, eýleýji maddalar, glikozidler ýaly käbir maddalar diňe ösümlük dokumalary üçin mahsusdyr. Galybersede, janly organizmleriň dokumalarynda düzgün boýunça az mukdarda duş gelýän, ýöne organizmde madda çalyşma prosesini sazlaşdyrmakda, örän möhüm rol oýnaýan – fermentler, gormonlar, witaminler, antibiotikler, fitonsidler we başgalar ýaly has zerur maddalar hem bardyr.

§ 2. Öýjükleriň gurluşy we biologiki funksiýasy

Tebigy şertlerde biohimiki reaksiýalaryň köpüsi (aglabasy) öýjüklerde geçýändigini sebäpli, biz öýjükler we olaryň gurluşy barasynda gysgajyk düşünje bermegi makul bildik.

Öýjükler – bu janly organizmleriň strukturasyny we funksional birligidir. Ýönekeý organizmler ýeke-bara öýjükden durýar. Adam organizmi azyndan 10^{14} öýjükden ybarat bolup, ol ýönekeý

organizmlerden has tapawutlanýandyr. Tebigatda möçberi, formasy we ýerine ýetirýän funksiýalary boýunça biri-birinden aýratyn tapawutlanýan, köp sanly dürli görnüşdäki öýjükler duş gelýär.

Emma olaryň daşky görnüşiniň dürliligine we beýleki tapawutlaryna garamazdan, struktura aýratynlygy boýunça olar biri-birine örän meňzeşdirler. Her bir öýjük belli derejede özbaşdaklygyny we tutuş durkyny çäklendirmek üçin özüniň daşyny ýukajyk membrana bilen örtýändir. /1-nji sur./

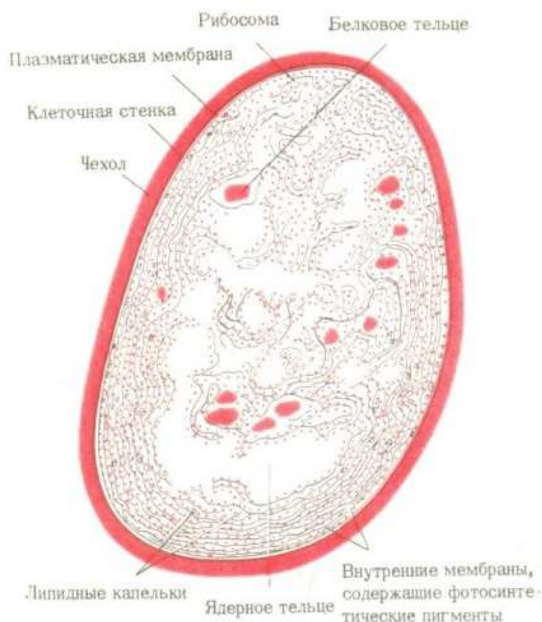
Bu öýjük membrananyň saýlap syzyjylyk ukybyna görä, oňa *plazmatik membrana* hem diýilýär. Ol ýokumly maddalary we duzlary öýjügiň içine siňdirýär, gaýry artykmaç maddalary bolsa ondan daşaryk çykarýar. Şeýle hem öýjük membranasy töweregindäki gurşawyň gerekmejek maddalarynyň öýjüge aralaşmagyndan goraýar. Plazmatik membrananyň molekulýar gurnalyşy hemme öýjüklerde takmynan bir meňzeşdir. Ol lipid molekulalarynyň iki gatlagyndan we oňa goşulan köp mukdardaky spesifik proteinlerden ybaratdyr. Membrananyň proteinleriniň biri fermentativ aktiwligi ýüze çykarýan bolsa, beýlekisi daşky gurşawyň ýokumly maddalaryny birleşdirip öýjüklere geçirmegi üpjün edýär.

Her bir öýjügiň içki giňişligi sitoplazma bilen doldurylandyr, we öýjük metabolizminde fermentler tarapyndan katalizlenýän reaksiýalaryň köpüsi şol sitoplazmanyň içinde amala aşyrylýar. Şoňa

görä, öýjük strukturasyny düzmek we olaryň bitewiligini saklamak üçin, şeýle hem ýygrylmak we hereketlenmek ýaly

32

ЧАСТЬ I. БИОМО:



1-öýjügiň daşky gatlagy; 2-ýag damjalary; 3-ribosoma; 4-ýadro örtügi; 5-öýjükýadrosy; 6-ýadrojyk; 7-mitohondrii; 8- endoplazmatik tory; 9-glikogen bölejikleri; 10- lizosoma.

1-nji surat. Janly öýjügiň gurluşy.

mekaniki işleri yerine yetirmek için gerek bolan himiki energiýa hut şol sitoplazmada boşadylýar. Dem alyş, nerw öýjükleriniň gyjynmasy, töwerekdäki gurşawdan alynýan energiýasynyň we maddalaryň özeleşdirilişi, proteinleriň, glisidleriň, lipidleriň vitaminleriň we ýaşayyş üçin zerur bolan beýleki maddalaryň hemmesiniň sintezi esasan sitoplazmada amala aşyrylýar.

Diametri 0,1 mm bolan öýjükde her sekuntda münlerçe sazlaşykly fermentatiw reaksiýalary amala aşyrylýar.

Ähli öýjükleriň sitoplazmasynda *ribosomlar* hem bardyr. Olar uly bolmadyk /18-19 nm/ granula şekillidir. Ribosomlaryň 40%-mi RNK bolup, 55%-mi hem proteinlerdir. Ribosomlaryň esasy funksiýasy proteinleriň biosintezini üpjün etmekden ybaratdyr. Bulardan başga-da, ähli janly öýjükleriň merkezinde *yadro* ýa-da *yadro bedenjigi* ýerleşýändir. Onda genetiki materialyň emele gelmegi we onuň DNK görnüşinde saklanmagy, şeýle hem öýjükde madda çalyşma prosesiniň kadalaşdyrmagy ýaly hadysalar amala aşyrylýar. Öýjük ýadrosynyň esasy massasy, özboluşly süýndürilen formaly, aňsatlyk bilen reňklenýän, epesli ulurak bedenjiklerden ybaratdyr. Olara *hromosomlar* diýip at berýärler (grekçe “Hromo” – reňkli, “somo” – beden diýmekdir). Her bir organizm üçin hromosomyň formasy we içki gurluşy, şeýle hem olaryň sany berk kanunydyr.

Adam organizminiň her bir öjüginin ýadrosynda 46, makaka-rezus maýmynynyň öjüginin ýadrosynda 42 sany hromosoma bardyr. Edil şonça hromosoma bugdaýyň ýumşak hilinde bardyr. Öýjükleriň ýaşaýşa işjeňligini kesgitlemekde öýjük ýadrosynyň hromosomlary örän uly rol oýnaýarlar.

Mälim bolşy ýaly, ýadronyň ýekeje hromosomynyň ýok bolmagy, hatda radiasiýa ýa-da rentgen şöhleleriniň täsiri esasynda oňa şikes ýetmegi öýjük üçin örän howplydyr.

Soňky ýyllarda elektron mikroskopynyň kömegi bilen öýjükleriň içki strukturasyny öwrenmekde örän gyzykly we täze möhüm netijeler alyndy. Şeýlelikde, her biri belli bir funksiýany ýerine ýetirýän suböýjüklerden ybarat bolan öýjükleriň içinde ýokary derejede gurnalan struktura ýüze çykaryldy. Şoňa görä, häzirki döwürde ýadronyň mitohondriýanyň, plastidleriň, ribosomlaryň, lizosomyň we beýlekileriň suböýjük strukturasyny öwrenmeklige uly üns berilýär.

§ 3. Madda çalyşma prosessi janly materiýanyň möhüm aýratynlygydyr

Ösümlik we haýwan organizmlerindäki organiki birleşmeler zýygiderli himiki öwrülmelere sezewar bolýarlar. Bu öwrülmeler organizmleriň ýaşayyşa işjeňlik ukybyny şertlendirýär. Maddalaryň öwrülmeleri netjesinde organizmler özlerine gerek bolan energiýany we plastiki ösüş prosesine göniden-göni gatnaşýan degerli birleşmeleri kabul edýär.

Madda çalyşma prosesinde *anabolizm* (assimilýasiýa) we *katabolizm* (dissimilýasiýa) hadysalary himiki öwrülmeleriň esasyny düzýändir.

Anabolizm – umumy madda çalyşma prosesiniň bir bölegi bolup, ol organizmde maddalaryň toplanmagyndan we özleşdirilmeginden (siňdirilmeginden) ybaratdyr. Bir söz bilen aýdanyňda, anabolizm – ýönekeý molekulalardan çalşyrymly organiki birleşmeleriň sintezlenmegidir.

Çalşyrymly maddalaryň sintezi gaýtarylma reaksiýasyny öz içine alýar we ol energiýanyň harçlanmagy netjesinde amala aşyrylýar.

Katabolizm – umumy madda çalyşma prosesiniň bir bölegi bolup, ol janly organizmiň özünde ozaldan bar bolan (krahmal, glikogen,

lipidler) ýa-da ýmit arkaly toplanýan- proteinler, nuklein kislotalary, glisidler, lipidler ýaly ýokary molekulýar organiki birleşmeleri deňişli monomerlere dargatmak üçin amala aşyrylýan möhüm fermentativ reaksiýalaryň jemidir. Katabolizm prosesinde ýokary molekulýar organiki birleşmeleriň himiki baglanyşyklaryndan boşayan energiýalar ATF molekulasynyň baýlaşan fosfat baglanyşyklarynda toplanýarlar.

Ösümlükleriň dem alyşy, ajama, glikoliz ýaly katabolik hadysalar madda çalyşma prosesinde aýratyn orna eýedir. Şeýlelikde, janly organizmiň öýjüklerinde şol bir wagtda anabolizm we katabolizm ýaly biri-birine gapma-garşy bolan prosesler bolup geçýär.

Olar ýmitlenmek we daşary çykarmak; özleşdirmek we bozmak; sintez we dargamak, ýagny başga bir söz bilen aýdanyňda dialektiki taýdan bütewi bir prosesler bolan assimiýasiýadan we dissimiýasiýadan ybaratdyr. Bu iki proses biri – biri bilen örän ýakyn baglanyşykda bolup, olar ýeke – täk bütewiligi emele getirýär. Şol prosesleriň jemine bolsa ***madda çalyşmasy*** diýip at berilýär.

Maddalaryň çalyşmasy – örän çalyşymly we utgaşyp gelyän köp sanly dürli birleşmeleriň öwrülişme prosessidir. Olaryň birisi fiziologik proses (ýmitlenmek daşaryk çykarak we ş.m.), beýlekisi himiki proses (dargamak, sintez we ş.m.).

Janly tebigatda madda çalyşma prosesiniň çägi örän giňdir. Alymlaryň hasaplamalaryna görä ýer üstüniň biomassasy birnäçe milliard tonna barabardyr. Bu biomassalar himiki maddalaryň ummysyz mukdaryny özlerine siňdirmek we bölüp çykarmak bilen, elmydama düzümini yzygiderli täzeleýärler. Köp dürli maddalar özleriniň ahyrky önümi bolan CO_2 we moçewina (karbamida) çenli dargamak bilen organizmden daşaryk çykarylýar.

Sowet döwriň alymy A.A.Niçiporowiçin hasaplamasyna görä Ýer üstüniň ösümlikleri bir ýylyň dowamynda atmosferadan 650 mlrd. tonna kömür turşy gazyny kabul edýär we 350 mlrd. tonna kislorody bolsa atmosfera goýberýär. Şeýle hem ösümlikler ýylyň dowamynda toprakdan 5 mlrd. tonna golaý azody, 1 mlrd. tonna fosfory, we 10-15 mlrd. tonna beýleki mineral elementleri sorup alyp, 380 mlrd. tonna biomassany (gury agramynda) emele getirýär. Ýeriň üstünde her günde milliardlarça tonna organiki birleşmeler CO_2 we H_2O dargaýarlar.

Madda çalyşma prosesine dürli tipdäki organiki birleşmeler we mineral duzlar gatnaşýarlar. Olara proteinler, nuklein kislotalary, glisidler, lipidler we beýlekiler ýaly in möhüm birleşmeler degişlidir.

Şoňa görä, olary proteinleriň çalyşmasy, glisidleriň çalyşmasy, lipidleriň çalyşmasy we beýlekiler ýaly tapawutlandyryýarlar.

BÖLÜM 2 . PROTEINLER

§ 1. Janly organizmde proteinleriň orny we ýerine ýetirýän funksiýalary

Proteinler (“protos” grek sözi bolup, ol ilkinji, möhüm diýen manyny aňladýar) - ösümlikleriň, haýwanlaryň we mikroorganizmleriň iň zerur, gerekli komponentidir. Proteinler ähli organizmleriň öýjüklerindäki protoplazmanyň esasy bölegi bolup, ýaşayşa işjeňlik prosesinde uly orny bar. Olar janly organizmiň süňk dokumalaryny, saçlaryny (ýüňlerini), şahalaryny we beýleki skelet böleklerini emele getirmekte esasy maddadyr. Galyberse-de proteinler öýjük ýadrosyny, hromosomlary, mitohondriýany, ribosomlary, plastidleri emele getirmäge hem gatnaşýarlar. Şeýle-hem, poteinler, öýjük arhitekturasyny, katalizi, metabolizmi sazlamagy we organizmleri kesel dörediji agentlerden goramaklygy üpjün etmekde aýratyn ähmiýete eýedir. Umuman protein bolmadyk ýerde ýaşayşy göz önüne getirmek mümkin däldir. Şoňa görä, F.Engels proteinlere şeýle kesgitleme beripdir: -“ýaşayşyň özeni protein maddalarynyň barlygyndadyr ...”

“Bize duş gelyän ýaşayşyň bar bolan ähli ýeri, haýsydyr bir protein maddasy bilen baglanşyklydyr, protein maddasynyň bar bolan

ýerinde (çüýremek prosesinden başga), biz elmydama ýaşayyş hadysasyna duş gelyäris”. F. Engelsiň bu kesgitlemesi häzirk wagta öz ähmiýetini ýitiren däldir.

Proteinler strukturasy boýunça dürli-dürli bolup, olar köp sanly funksiýalary ýerine ýetirýärler:

1. Proteinleriň köpüsi öýjük substratlaryny emele getirmäge gatnaşýarlar. Şoňa görä, bu proteinler plastiki häsiýeti ýüze çykarýarlar.

2. Birnäçe proteinler organizmde, ýaşayşa işjeňlik prosesiniň esasy bolan maddalaryň himiki öwrülmelerini tizleşdirmegi üpjün edýän organiki katalizatorlaryň rolyny ýerine ýetirýärler. Şeýle protein görmüşli katalizatorlara *fermentler* diýilýär.

3. Proteinleriň belli bir topara janly organizmiň kesel döredýän mikroorganizmlere garşy goranmak ukybyny üpjün edýär. Mysal üçin, organizm ýaralananynda ganyň adatdan daşary köp ýitirilmezligini goraýan, gan uýamak prosesi, gan proteiniň fibrinogene öwürilmegine easalanandyr. Bu öwrülişme trombin proteininiň we başga-da uýamak faktorlaryny goldaýan birnäçe proteinleriň gatnaşmagynda amala aşyrylýar. Gyzylödegiň we aşgazanyň içki diwarlaryny goraýjy şire proteini *musin* bilen örtülendir. Haýwanlaryň bedeniniň deri gatlagyny daşky

gurşawyň täsirinden *kollagen* proteini, tüý örtüginini bolsa *keratin* proteini goraýandyr.

4. Proteinleriň başga bir topary birleşdiriji dokuma, kekirdewük, süňk we beýlekiler ýaly *daýanç* dokumalaryny emele getirmeklige gatnaşýarlar.

5. Proteinleriň ýene-de bir topary örän işjeň maddalar bolan *gormonlardyr*. Olar janly organizmiň ýaşayşa işjeňlik prosesini kadalaşdyrmaklyga gatnaşýarlar. Şeýle protein – gormonlara *insulin*, *wazopressin*, *oksitosin* we başgalar degişlidir.

6. Bir näçe protein maddalary myşsalaryň ýygrylmak we ýazylmak proseslerine gatnaşýarlar. Şeýle möhüm ýaşayş prosesini üpjün etmekde, myşsa dokumalarynyň spesifik proteinleri *aktin* we *miozin* uly rol oýnaýarlar. Ýylgyrmak funksiýasy ýeke bir myşsa proteinlerine mahsus bolman, eýsem ol öýjükleriniň ýaşayşa işjeňliginiň örän inçe proseslerini üpjün etmekde sitoskeletde hem amala aşyrylýar. (Mysal üçin, mitoz prosesinde ýadrolaryň hromosomly bölünmesi). Bulardan başga-da proteinler rezerw(iýmit) funksiýasyny hem ýerine ýetirýärler. Olara mysal edip, nesil ösdürmekde iýmit çeşmesi bolan ýumurtga proteini – owalbumini, süýdiň esasy proteini – kazeini görkezmek bolar.

Proteinleriň molekulýar massasy 5-10 müňden 1 milliona çenli bolup bilýär. Molekulýar massasy 5000-e çenli bolan protein

maddalaryna *peptidler* (polipeptidler) diýilýär. Peptidler hem öz gezeginde köp sanly biologik funksiýalary ýerine ýetirýärler.

Proteinleriň düzümünde *C, O, H, N* we az mukdarda *S* elementi girýär we olaryň mukdary dürli proteinlerde şu aşakdaky ýaly çäklendirilýär: uglerod 50,6 – 54,5%; kislorod 21-23,5%; wodorod 6,5-7,3%; azot 15-18,5%; kükürt 0,5-2,5%.

Dürli organlarda we dokumalarda proteinleriň mukdary hem dürli – dürlidir. Mysal üçin, myssada 16-23%, bagyrda 18-19%, ýürekde 16-18%, böwrekde 16-17%, öýkende 14-15%, ýilikde 7-9%. Şonuň ýaly hem ösümlikleriň tohumynda 1,2-3%, köklerinde 0,5-3%, miwelerinde 0,3-1%.

§ 2. Protein maddalaryny öwrenmegiň gysgajyk ösüş taryhy

Protein maddalarynyň himiki tebigatyny öwrenmekligiň ilkinji etaplarynda derňew obýektleri hökmünde *ýumurtga proteini, gan plazmasy, ýüpek fibroiny, süýt proteini (kazein)* we käbir ösümlikleriň tohumyndan alynan proteinler (aýratyn hem unyň kleýkowinasy) ulanylypdyr.

Protein maddalaryny derňemeklige ilkinji başlanlar XIX asyryň 30-njy ýyllarynyň himikleridir (Bussengo 1836 ý., Mulder 1839 ý., Libih 1841 ý. we başgalar). Olar proteinlerde elementleriň ilkinji

analizini geçirip, proteinleriň düzümine haýsy himiki elementleriň girýändigini hil we mukdar taýdan kesgitleýdirlär. 1830-njy ýyllaryň ahyrynda Mulder analitiki mukdar analiziniň görkezýän maglumatlaryna esalanyp proteinleriň gurluşlary barasyndaky ilkinji teoriýany hödürleýdir. Bu teoriýa boýunça ähli proteinler özläriniň esasy hökmünde aýratyn madda protein saklaýarlar. Şoňa görä, oňa *protein teoriýasy* diýip at beripdirler.

Geçen XIX asyryň ikinji ýarymynda ösümlik we haýwan proteinlerini öwrenmekde iki sany esasy ylmy-derňew ugry peýda bolýar. Birinji derňew ugry ösümlik we haýwan materiallaryndan proteinleri bölüp almak üçin dürli görnüşdäki eredijileri ulanmak bilen baglanşyklydyr. Protein maddalaryny derňemekligiň ikinji ugry proteolitik fermentleriň (pepsin we tripsin) täsiri netijesinde proteinleri böljekleýin dargatmak bilen emele gelýän pes molekulaly önümlerini öwrenmekden ybarat. Eýýäm XIX asyryň 70-nji ýyllaryndan başlap proteinleriň düzümini we gurluşyny öwrenmek üçin, olary gidrolizlendiriji (böljeklere bölüji) agent hökmünde fermentlerden başga-da kislotalary we aşgarlary ulanypdyrlar. Şeýlelikde, geçirilen eksperimental işleriň netijesinde fermentleriň, kislotalaryň we aşgarlaryň täsiri bilen proteinleriň aminokislotalara dargaýandygy anyklanyldy.

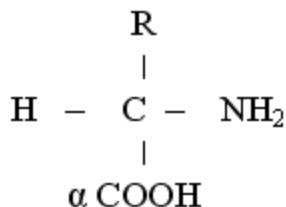
Şu ýerde, protein molekulasynyň aminokislotalardan düzülendigini ilkinjileriň hatarynda anyklan rus alymlary N.N.Lýubawiniň (1870 ý.) we A. Ýa. Danilewskiýniň (1888 ý.) atlaryny agzamak ýerliklidir. Şol döwürde has hem önümlü işlän we ptoteinleriň aminokislotalardan ybaratdygyny tassyklan nemis himigi E. Fişer we onuň şägirtleridir.

XIX asyryň ahyrynda proteinleriň düzüminde 13 sany dürli aminokislota tapylan bolsa, eýýäm XX asyryň başlarynda olaryň sany 17-ä ýetipdir. Şeýlelik bilen, häzirki wagta çenli tebigatda 300-den gowyrak aminokislota belli boldy. Olardan ähli proteinleriň düzüminde hemişe duş gelýän iň möhüm aminokislotalar 20-den gowyrakdyr.

§ 3. Aminokislotalar, olaryň gurluşy we tebigatda ýaýraýşy

Aminokislotalar karbon kislotalarynyň önümi bolup, uglerod zynjyrynyň bir ýa-da iki wodorod atomy amino ($-NH_2$) gruppasy bilen çalşyrylandyr. Aminokislotalaryň köpüsinde aminogruppasy karboksil ($-COOH$) gruppasy ýanaşyk uglerod atomyna α -ýagdaýynda ýerleşendir. Şoňa görä olara α -aminokislotalar diýilýär.

Aminokislotalaryň umumy formulasyny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar



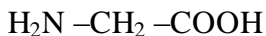
Ösümlik we haýwan organizimlerinde β we γ ýagdaýynda aminotopary bolan aminokislotalar örän seýrek duş gelýärler.

Gapdal zynjyryň (R – toparynyň) gurluşy we häsiýetleri boýunça asiklli (alifatik) we sikilleýin (aromatik) aminokislotalara bölýärler. Amino ($-\text{NH}_2$) we karboksil ($-\text{COOH}$) toparlaryň sanyna görä, asiklli aminokislotalary – *monoaminomonokarbon*, *monoaminodikarbon*, *diaminomonokarbon* we *diaminodikarbon* aminokislotalaryna bölýärler.

Monoaminomonokarbon aminokislotalary

Bu aminokislotalar düzüminde bir sany ($-\text{NH}_2$) we bir sany hem ($-\text{COOH}$) toparyny saklaýarlar we olara şu aşakdaky aminokislotalar degişlidir.

L-Glisin₂ ýa-da glikokol /aminouksus kislotasy/

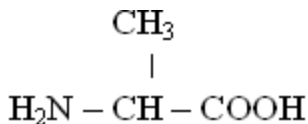


Bu aminokislota uksus kislotasynyň önümi bolup, onuň metil gruppasynyň bir sany wodorod atomy NH_2 - topar bilen çalşyrylandyr. Glisin ilkinji gezek 1820 – nji ýylda želatini (haýwan ýelimini) gidrolizlendirip alynypdyr. Aminokislotanyň glikokol ady grek sözünden bolup, ol *glycos* süýji, *colla* – ýelim diýmekdir.

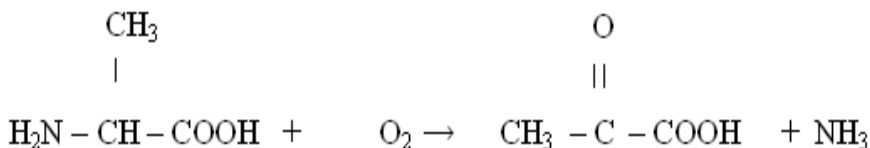
Gilsin tebigatda giňden ýaýran aminokislota bolup, ol ösümlik we haýwan proteinleriniň köpüsiniň düzümine girändir. Ol, puriniň, gemoglobiniň porfirin böleginiň, hlorofilliň we gemyn fermentleriniň esasy emele getiriji maddadyr. Şeýle hem ol, bakteriýalaryň öýjük diwarjyklaryny emele getirmeklige gatnaşýandyr.

L-Alanin / α -aminopropion kislotasy/.

L- Alanina propion kislotasynyň önümi hökmünde garamak bolar. Bu aminokislota ähli proteinlerde duş gelýär.



Ol ilkinji gezek 1886 - nji ýylda ýüpegi gidrolizlemek bilen alynýar. Alanini dezaminirmek / - toparyny aýyrmak/ bilen piroüzüm kislotasyny alyp bolýar.



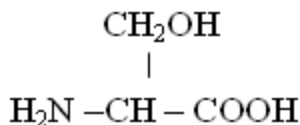
Alanin

Piroüzüm kislotasy

L-Alanin tebigatda giňden ýaýran örän möhüm aminokislotalaryň biridir. Ol haýwanlaryň we ösümlükleriň organiziminde madda çalyşma prosessinde uly rol oýnaýar.

Tebigatda β -alanin hem duş gelýär. Ýöne bu aminokislota proteiniň düzümine girmeyär. Ol pantoten kislotasynyň düzümine girýändir.

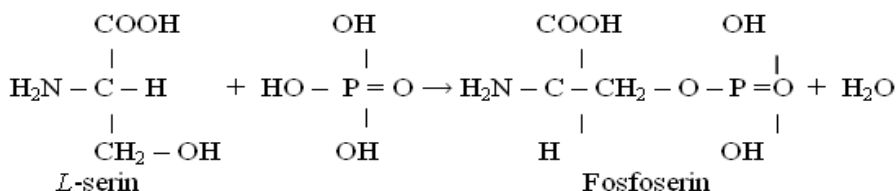
L- Serin / α -amino $-\beta$ -oksiopropion kislotasy/.



L-serin oksiminokislotalar toparyna degişli bolup, ol ähli organizmlerdäki madda çalyşma prosesinde uly rol oýnaýar.

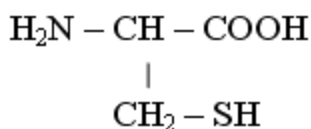
Şeýle hem serin, käbir proteinlerde (süýt proteini – kazeinde, ýumurtga sarysynyň proteini witellinde) çylşyrymly efir-fosfoserin görnüşinde duş gelmek bilen ol, ösüp gelýän ýaş mallaryň organiziminde geçýän madda çalyşma prosessinde aýratyn

funksiýalary ýerine ýetirýär. Fosfoseriniň emele gelşini aşakdaky reaksiýa boýunça görkezmek bolar:



L-Sistein / α -amino- β -tiopropion kislötasy, ýa-da α -amino- β -merkaptopropion

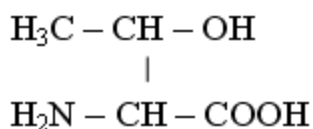
kislötasy/



Bu aminokislöta ösümlik we haýwan organizmleriniň madda çalyşma prosesinde kükürt elementiniň çeşmesi we gaýtaryjy agent bolup hyzmat edýär. Onuň gaýtaryjylyk häsiýeti erkin sulfagidril (–SH) topary bilen baglanşyklydyr. Sistein aminokislötasy glutation tripentidiniň, A kofermentiniň düzümine girýär. Bulara başga-da, sistein birnäçe protein molekulalarynyň arasynda disulfid (–S–S–)

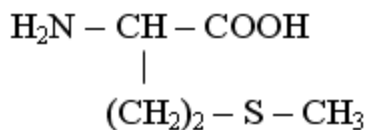
baglanşygyny emele getirmek bilen, proteiniň üçülenji strukturalarynyň ýüze çykmagyny üpjün edýär.

L-Treonin / α -amino- β -oksiýag kislotsy/



Bu aminokislota hem serin ýaly, oksiaminokislotalara degişlidir. Ol B₁₂ witaminiň we D aktinomislin antibiotiginiň sintezine gatnaşýar.

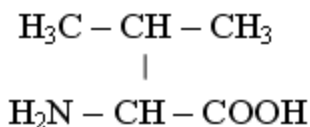
L-Metionin / α -amino- β -metiltioýag kislotsy/



Bu aminokislota ösümlük öýjükleriniň diwarjyklarynda amala aşyrylýan glisidleriň, holiniň, adrenaliniň, kreatiniň, sterinleriň sintezi üçin gerek bolan metil (CH₃-) toparynyň esasy donory bolup,

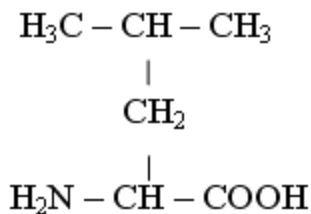
şeyle hem tiamini emele getirmekde küktürt elementiniň esasy çeşmesi bolup hyzmat edýär.

L-Walın / α -aminoizowalerian kislotalasy/



Walın az mukdarda bir näçe proteinleriň düzüminde duş gelýär. Ol alkaloidleriň, siklopentidleriň, pantoten kislotalasynyň we antibiotikleriň sintezine gatnaşýar.

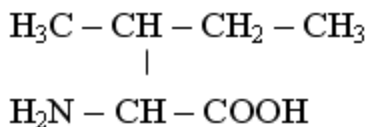
L-Leýsin / α -aminoizokapron kislotalasy/



Leýsin ep-esli mukdarda ähli proteinlerde duş gelýär. Aýratyn hem ol, şinelän dänelerde köpdür. Şeyle hem, leýsin spirtli

ajamasynda emele gelýän ýaramaz ysly ýaglaryň (sıwuş ýaglarynyň) esasy çeşmesidir. Ol çalşyryp bolmaýan aminokislotalara degişlidir.

L – Izeýsin / α -amino- β -metil- β -etilpropion kislotasy/



Bu aminokislota hem, edil leýsin ýaly proteinleriň düzüminde az mukdarda duş gelýär. Izeýsin hem spirtli ajama prosessinde emele gelýän sıwuş ýaglarynyň esasy çeşmesidir.

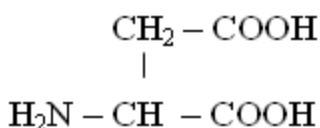
L-izeýsin ilkinji gezek gant şugundyrynyň şiresinden alynandyr. Ol bakteriýalarda, kömeleklerde asetoaldegidden we 2-ketoýag kislotasyndan birnäçe reaksiýalaryň üsti bilen emele gelýär.

Monoaminodikarbon aminokislotalary

Aminokislotalaryň bu topary özleriniň düzüminde bir sany hem amino ($-\text{NH}_2$) we iki sany karboksil ($-\text{COOH}$) gruppasyny

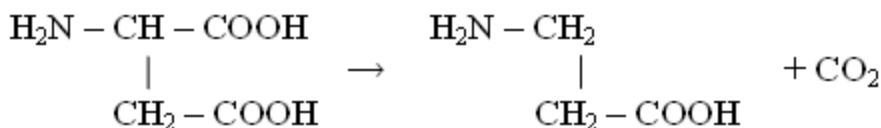
saklaýarlar. Olaryň easay wekilleri asparagin kislotasy bilen glutamin kislotasydyr.

L-Asparagin kislotasy /aspartat, α -aminoýantar kislotasy/

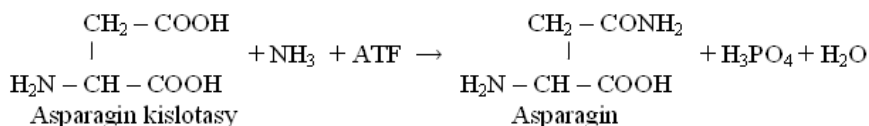


Ösümlik proteinleriniň ählisinde köp mukdarda duş gelýär. Ol ösümlikleriň we haýwanlaryň organizminde geçýän madda çalyşma prosesinde örän möhüm rol oýnaýar.

Asparagin kislotasynyň dekarboksilirlenmegi netijesinde karnoziniň apseriniň we A kofermentiniň sintezi üçin zerur bolan β -alanin emele gelýär.

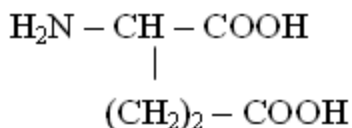


Asparagin kislotasy ammiak (NH_3) bilen reaksiýa girip özüniň amidi – asparagini emele getirýär. Tebigatda bu reaksiýa ATF energiýasyndan peýdalanmak bilen asparaginsintetaza fermentiniň gatnaşmagynda amala aşyrylýar.

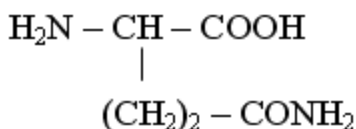


Asparagin gögerip başlan kösüklü ösümlükleriň noýbasynda /dänesinde/ örän köp mukdarda toplanýar. Asparagin gan plazmasynda we käbir haýwan proteinlerinde (insulin, gemoglobin, mioglobin we ş.m.) duş gelýär. Adam we haýwan organizmlerinde asparagin hem edil asparagin kislotasy ýaly pereaminirleme reaksiýasyna aktiw gatnaşmak bilen, ol purin we pirimidin esaslarynyň sintezi üçin başlangyç madda bolup hyzmat edýär.

L-Glutamin kislotasy /glutamat, α-aminoglutamin kislotasy/



Glutamin kislotasy köp mukdarda ähli proteinleriň düzüminde duş gelýär. Şeýle hem ol Bc witaminiň we glutationyň düzümine girýändir. Aýratyn hem ol ösümlük we drožžalaryň proteininde köp mukdarda duş gelýär. Bu aminokislota ösümlükleriň şinelän tohumlarynda we gant şugundyrynyň kökünde özüniň monoamidi – glutamin görnüşinde ýeterlik mukdarda toplanýandyr.



Glutamin

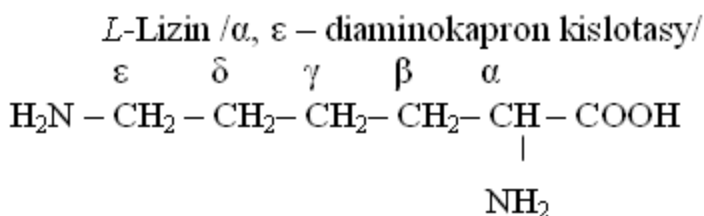
Ösümlük we haýwan organizmlerinde glutamin kislotasynyň amidi azotyň transport formasy bolup ol purin we pirimidin esaslarynyň, nikotin kislotasynyň sintezinde başlangyç madda bolup hyzmat edýär. Ýaponiýa we ABŞ ýaly ýurtlarda glutamin kislotasynyň mononatriý duzy nahara towuk çorbasynyň ysyny we tagamyny berýän jaz hökmünde ulanylýar.

Glutamin kislotasynyň dekarboksilirlenmegi esasynda ýilik metabolizmini kadalaşdyrmaga gatnaşýan γ -aminoýag kislotasy emele gelyär.

Diaminomonokarbon aminokislotalary

Bu aminokislotalar özleriniň düzüminde iki sany ($-\text{NH}_2$) we bir sany hem

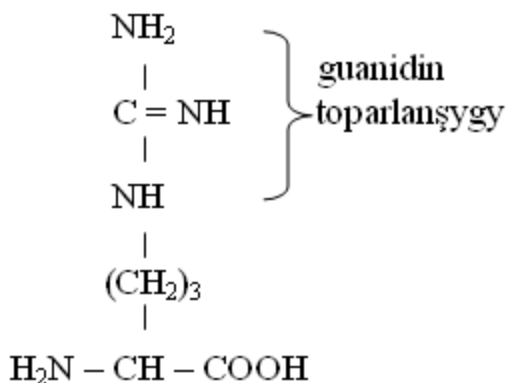
($-\text{COOH}$) toparyny saklaýar. Lizin we argini olaryň iň möhüm wekilleridir.



Proteinleriň aglabasynda duş gelyän bu aminokislota aýratyn hem balyklaryň tohumyndaky proteinlere degişli bolan gistonyň we protaminiň düzüminde has köpdür.

Şeýle hem, lizin galla ösümlükleriniň tohumyndan we mekgejöweniň dânesindäki proteinlerde az mukdarda duş gelyändir. Lizin bir näçe alkaloidleriň (anabazin, nikotin, lupanin, koniün) sintezinde başlangyç önüm bolup hyzmat edýär. Lizin çalşyryp bolmaýan aminokislotalara degişlidir.

L-Argini / α -amino- δ -guanidil-H-walerian kislotasy/



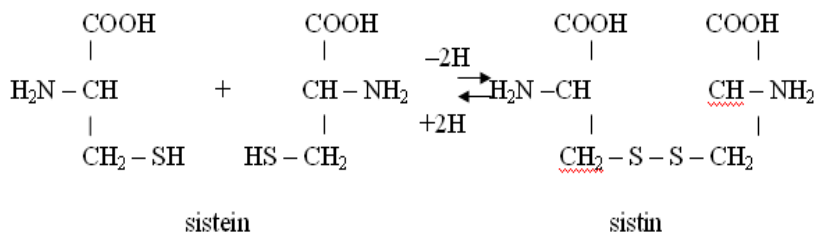
Argininiň molekulasyndaky amino – we guanidin toparlary onuň esas häsiýetini ýüze çykarýar. Arginin örän köp mukdarda haýwanlaryň proteininde (aýratyn hem balyklaryň tohumynda) duş gelýär. Şeýle hem ol hwoýa ösümlükleriniň şinelän tohumlarynda köpdür.

Kreatiniň we moçewinanyň(karbamidiň) sintezinde aralyk önüm bolup hyzmat edýär. Şoňa görä, arginin protein çalyşmasynda örän möhüm rol oýnaýar.

Diaminodikarbon aminokislotalary

Düzüminde iki sany ($-NH_2$) we iki sany hem ($-COOH$) toparlaryny saklaýan aminokislotalara diaminodikarbon kislotalary diýilýär. Bu aminokislotalaryň tebigatda iň köp ýaýran wekili ***sistindir.***

Ol sisteiniň iki molekulasyny okislendirmegiň esasynda emele gelýär:



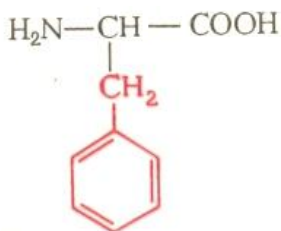
Sistin saçýň, mallaryň toýnaklarynyň we şahlarynyň düzümindäki proteinlerde köp mukdarda duş gelýär.

Siklleyin aminokislotalar

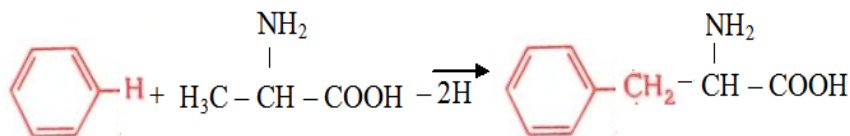
Siklleyin aminokislotalar öz gezeginde gomo- we geterosiklli aminokislotalarda bölünýärler.

Gomosiklli aminokislotalar

L-fenilalanin / α -amino- β -fenilpropion kislotalasy/

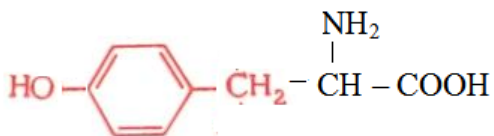


Tebigatda köp ýaýran aminokislotalaryň biridir. Ol ähli proteinlerde duş gelýär. Fenilalanin – alaniniň metil toparyndaky bir sany wodorod atomyny fenil radikaly bilen çalşyrylan önümdir.



Bu aminokislota gramisidiniň we tirosidiniň antibiotikleriniň molekulalarynyň düzümine girýär. Şeýle hem ol alkaloidleriniň we flavonoidleriniň biosintezine hem gatnaşýandyr.

L-Tirozin /α-amino-β-gidroksifenilpropion kislotasy/



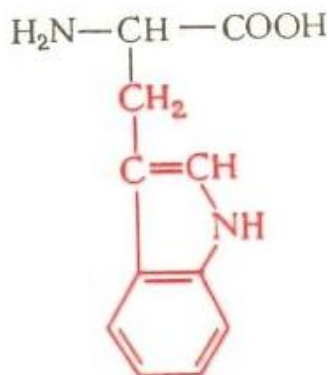
Tirozin hem fenilalanin ýaly köp ýaýran aminokislotaadyr. Ol proteinleriniň aglabasynyň düzümine girýändir.

Bu aminokislota bir näçe gormonlaryň (tiroksin, adrenalin, noradrenalin) biosintezi üçin başlangyç substrat bolup hyzmat edýär. Tirozin suwda örän ýaramaz ereýär.

Tironaza fermentiniň täsiri esasynda, tirozin aňsatlyk bilen okislenýär we gara reňkli madda /melanin/ emele gelýär.

Geterosikilli aminokislotalar

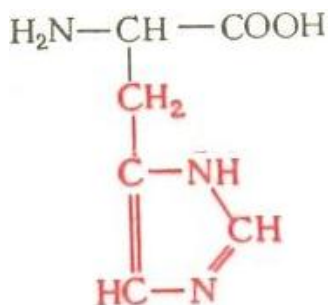
L-Tryptofan / α -amino- β -indololpropion kislota/



Tryptofan proteinleriň aglabasynda duş gelýär. Ol, nikotin kislotasynyň (PP witamini) we geteroauksiniň sintezi üçin başlangyç önüm bolup hyzmat edýär. Tryptofan haýwan organizmlerinde

sintezlenmeyär, şoňa görä ol, çalşyryp bolmaýan aminokislotalara degişlidir.

L-Gistidin / α – amino – β – imidazolpropion kislotasy/

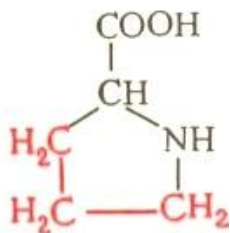


Gistidin, alaniniň meril gruppasyndaky bir sany wodorod atomyny imidazol halkasy bilen çalşyrylan önümdir. Gistidin esas aminokislotalar toparyna degişli bolup, onuň suwdaky ergini aşgar reaksiýasyny ýüze çykarýar. Gistidin ep-esli mukdarda gemoglobiniň düzümindäki globin proteininde duş gelýär. Şeýle hem, ol bir näçe proteolitik fermentleriň aktiw merkezine girýändir.

Proteinleriň gidroliz önümleriniň arasynda aminokislotalardan başga-da iki sany iminokislota tapyldy. Bu birleşmeler özleriniň düzüminde imino gruppa ($>NH$) saklaýarlar. Şoňa görä, olara ***iminokislotalar*** diýilýär.

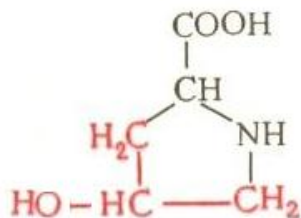
Iminokislotalara pirrolidiniň önümleri bolan – *prolin* we *oksiprolin* degişlidir.

Prolin /pirrolidin – α – karbon kislotasy/



Prolin galla ekinleriniň tohumyndaky proteinlerde /prolaminler/, kollagende, elastinde we dişleriň syrçasyndaky (emalyndaky) proteinlerde örän köpdür. Şonuň ýaly hem, siklopeptid antibiotikleriň – grammisidiniň, liheniforminiň, D aktinomisiniň – düzümine hem girýändir.

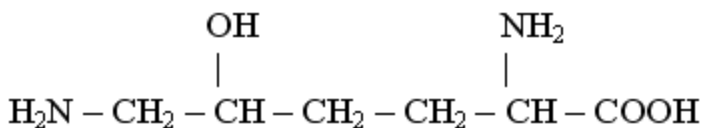
Oksiprolin / γ – gidroksipirrolidin – α – karbon kislotasy/



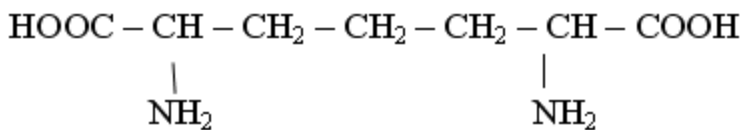
Oksiprolin, proliniň önümi bolup, ol öýjük bakteriýalarynyň proteininde, želatinde (haýwan ýelimi), kollagende köp mukdarda duş gelýär.

Oksiprolin erkin görnüşinde santal agajynyň ýapragynda köpdür.

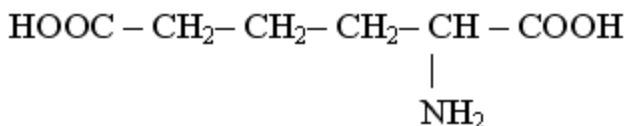
Ýokarda görkezilen adaty 20 sany aminokislotalardan başga-da proteinlerden az mukdarda örän seýrek duşýan käbir aminokislotalar tapyldy. Olara mysal edip kollagenden köp mukdarda alynan – oksilizini; bakteriýalarda duş gelýän – diaminopimelin kislotasyny; mekgejöwen däneleriniň proteininden tapylan α -aminoadipin kislotasyny görkezmek bolar.



oksilizin



L-α,ε – diaminopimelin kislotasy



L – α – aminoadipin kislotasy

Proteinleriň düzüminde duş gelýän aminokislotalaryň we amidleriň polipeptid zynjyrynda yzygiderli ýerleşişlerini aňlatmak üçin gysgaldylan halkara simwollary ulanylýar:

Aminokislotalar:

Alanin
Arginin
Asparagin
Asparagin kislotasy
Walin
Gistidin
Glisin
Glutamin
Glutamin kislotasy
Izoleýsin
Leýsin
Lizin
Metionin
Prolin
Serin
Tirozin
Treonin
Tryptofan
Fenilalanin
Sistein

Simwollary:

Ala
Arg
Asn, ýa-da Asp-NH₂
Asp
Val
His
Gly
Gln ýa-da Glu-NH₂
Glu
Ile
Leu
Lys
Met
Pro
Ser
Tyr
Thr
Trp
Phe
Cys

§ 4. Çalşyryp bolmaýan we çalşyryp bolýan aminokislotalar

Janly organizmler üçin α -aminokislotalaryň esasy çeşmesi bolup iýmit ptoteinleri hyzmat edýärler. Aminokislotalaryň köpüsini adam we haýwan organizmleriniň özleri sintezläp bilýärler. Emma, käbir

aminokislotalary bolsa sintezläp bilmeýärler. Şoňa görä-de adam we haýwan organizmleri ol aminokislotalary diňe iýmit arkaly alýarlar. Şeýle aminokislotalara **çalşyryp bolmaýan aminokislotalar** diýilýär. Olara **leýsin, izoleýsin, lizin, treonin, metionin, fenilalanin, triptofan** ýaly aminokislotalar degişlidir. Ösümlikler aminokislotalaryň hemmesini özüleri sintezleýärler.

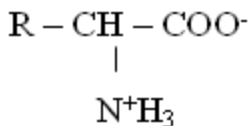
Azyk harytlaryna we mallaryň ot-ýmlik önümlerine çalşyryp bolmaýan aminokislotalaryň az mukdarynyň goşulmagy iýmitiň ýokumlylyk derejesini has ýokarlandyrýar. Mysal üçin, mallaryň iýmitine 0,1–0,25% liziniň goşulmagy iýmitiň harçlanmagyny 15–20% azaldýar we oba hojalyk mallarynyň agramyny (semizligini) bolsa 20% artdyrýar. Şeýle hem, towuklaryň iýmine az mukdarda metioniniň goşulmagy olaryň ýumurtga öndürişini 20% artdyrýar. Iýmit proteinlerindäki çalşyryp bolmaýan aminokislotalaryň haýsy hem bolsa biri ýetmezçilik etse madda çalyşma prosessiniň bozulmagyna getirýändir.

Protein molekulalarynyň düzümine girýän beýleki aminokislotalar çalşyryp bolýan aminokislotalardyr. Adam we haýwan organizmleri bu aminokislotalary çalşyryp bolmaýan aminokislotalardan we beýleki birleşmelerden dürli görnüşdäki himiki öwrülişmeleriň üsti bilen sintezläp bilýändir.

§ 5. Aminokislotalaryň fiziki we himiki häsiýetleri

Aminokislotalaryň fiziki häsiýetleri

Proteinleriň düzümine girýän aminokislotalar reňksiz kristal maddalar bolup, olar otag temperaturasyna durnuklydyr. Olaryň anyk ereýjilik ýa-da dargamaklyk temperaturasy ýokdur. Şoňa görä, aminokislotalary häsiýetlendirmek üçin bu hemişelikleriň çäklendirilen ähmiýeti bardyr. Aminokislotalaryň suwdaky ergini bipolar ionlar (switterionlar) görnüşde bolýarlar:



Olaryň ionlaşan formasy ionlaşmadyk formasy bilen deňagramlylyk ýagdaýyndaky gatnaşykdadýrlar.

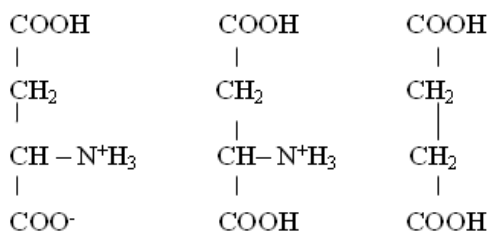
Tejribelerin üsti bilen kăbir aminokislotalaryň suwdaky ergininiň hemişeliginiň (konstantasynyň) K bahasy kesgitlenilendir:

Glisin $10^{5,43}$

Alanin $10^{5,41}$

Leýsin $10^{5,39}$

Tebigatda monoaminodikarbon we diaminomonokarbon aminokislotalary ionlaşmadyk hem-de dürli ýagdaýlarda zarýadlanan formalarynyň garyndysy görnüşinde duş gelýärler. Mysal üçin, asparagin kislotasynyň ionlaşmadyk we dürli ýagdaýlarda zarýadlanan formalary şu aşakdaky görnüşde bolup bilýär:



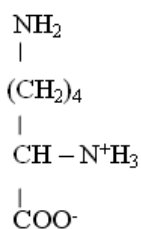
A

B

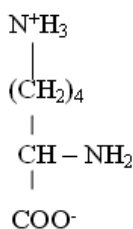
C

A:B:C=28000:1600:1

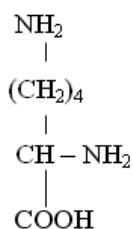
Şonuň ýaly hem diaminomonokarbon aminokislotalarynyň wekili – lizin şeýle görnüşinde duş gelýär:



A



B



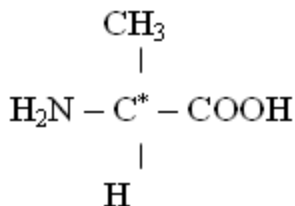
C

A:B:C=320000:1800000:1

Aminokislotalaryň optiki aktiwligi

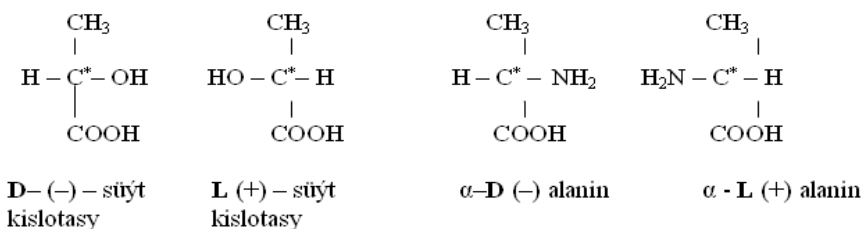
Aminokislotalaryň glisinden özgesi optiki aktiwlik häsiýete eýedir. Optiki aktiwlik diýip, käbir organiki birleşmeleriň şol sanda aminokislotalaryň suwuklyk we gaz halýnda, şeýle hem erginlerde ýagtylygyň polýarlaşan tekizliginde saga ýa-da çepi aýlamlaklyk ukybyna aýdylýar. Aminokislotalaryň bu häsiýetini düzüminde asimmetrik uglerod atomlarynyň bardygý bilen düşündirmek bolýar. Asimmetrik uglerod atomy özündäki dört walentiniň her birini dürli atomlar ýa-da atomlar toparý bilen baglanşdyran uglerod atomydyr. Mysal üçin, alaniniň molekulasyndaky ortaky uglerod atomyň bir walenti *H*, beýlekisi aminotopary ($-\text{NH}_2$), üçünjisi metil topary ($-\text{CH}_3$), dördünjisi bolsa karboksil topary ($-\text{COOH}$) bilen baglanyşandyr. Şoňa görä alaniniň molekulasynda bir sany

asimmetrik uglerod atomy bardyr we ol “ýyldyzjyk” bilen bellenendir.



Şeýle asimmetrik uglerod atomy galan aminokislotalaryň hemmesinde bardyr. Şoňa görä olara optiki **aktiw maddalar** diýilýär. Olaryň iki sany izomeri bardyr. Bu izomerleriň biri polýarlaşan tekizlikde saga tarap aýlanýar, ol (+) alamaty bilen bellenýär, beýlekisi çepes tarap aýlanýar we ol (–) alamaty bilen bellenýär. Şeýlelikde (+) we (–) alamatlary degişli izomerleriň formulasynyň adynyň önünden ýazylyar. Asimmetrik uglerod atomynyň töwereginde ýerleşýän orun çalşyjy toparlaryň (aminokislotalarda ol NH₂ – toparydyr) ýerleşiş ýagdaýyna görä bu stereoizomerleri **D** we **L** hatarlara bölýärler. α – Aminokislotalaryň **D** we **L** hatara degişli izomerleriniň biri-birine gapma – garşy şekilli bolup, olar edil aýnada şekiliň görnüşi ýalydyr. Şoňa görä olara “aýnada şekillendirilişi” ýa-da **enantizomerler** hem diýilýär. α – Alanin iki sany optiki aktiw formada bolýar. Ol saga aýlaýan (+) we çepes aýlaýan (–) görnüşleridir. α – Alaniniň tebigatda iň köp duş

gelyän saga aýlanýan formasy **L** hatara degişlidir. Onuň tebigatda seýrek duş gelyän çepe aýlanýan (–) formasy bolsa **D**–hatara degişlidir. Olar gurluşy boýunça süýt kislotasynyň **D** (–) we **L** (+) hatarlaryna degişli formalaryna çalyşdyr. Şoňa görä α – alaniniň **D** we **L** hatara degişli izomerlerini şu aşakdaky ýaly şekillendirmek bolar.



formulalardan görnüşi ýaly **D** – hatara degişli aminokislotanyň asimmetrik uglerod atomyndaky orun çalşyýy (– NH₂) gruppasy onuň sag tarapynda, **L** – hatara degişlisi bolsa çep tarapynda ýerleşýändir.

Şeýlelikde aminokislotalaryň **D** we **L** hatarlary absolýut konfigurasiýasyny görkezän bolsa, (+) we (–) bellikleri olaryň optiki aktiwligini aňladýandyr.

Aminokislotalaryň amfoter häsiýetleri

Mälim bolşy ýaly ähli aminokislotalar amino (– NH₂) we karboksil (– COOH) gruppalaryny saklaýandyr. Şoňa görä aminokislotalaryň (– NH₂) gruppasy aşgar häsiýete, (–COOH)

gruppasy bolsa kislota häsiýetine eýedir. Şeýlelikde aminokislotalar bir wagtyň özünde gowşak aşgarlar we gowşak kislotalar ýaly reaksiýa gatnaşyp bilýärler. Aminokislotalary özlerinde saklaýan ($-NH_2$) we ($-COOH$) gruppalarynyň san taýdan gatnaşyklaryna görä – neýtral, aşgar we turşy reaksiýa berýän toparlara hem bölýärler. Mysal üçin, monoaminomonokarbon we diaminodikarbon aminokislotalary neýtral häsiýete eýedir. Çünki bu aminokislotalary funksional gruppalary san taýdan deňagramlylygy ýüze çykarýar. Monoaminodikarbon aminokislotalary turşy reaksiýany berýär, sebäbi bu aminokislotalarda ($-COOH$) turşylyk agdaklyk edýändir.

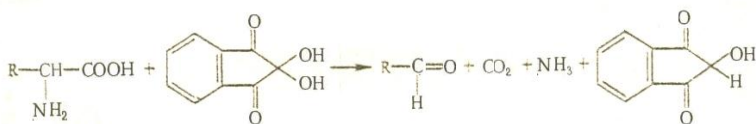
Diaminomonokarbon aminokislotalarynda ($-NH_2$) gruppasynyň agdyklyk edýändigini üçin olar aşgar häsiýetine eýedir. Şeýlelikde, aminokislotalar bir wagtyň özünde hem kislota hem esas häsiýetlerini ýüze çykarýarlar. Şeýle aminokislotalara **amfoter elektrolitler** ýa-da ýöne **amfolitler** hem diýilýär. Olar janly organizmlerde wodorod ionynyň belli konsentrasýasyny saklamakda bufer maddalary hökmünde örän uly rol oýnaýarlar.

Aminokislotalaryň köpüsi suwda gowy ereýärler, ýöne gapdal radikallarynyň üýtgemegi /ulalmagy/ bilen olaryň suwda ereýjiligi peselýär, spirtde bolsa ereýjiligi artýar.

Aminokislotalaryň himiki häsiýetleri

Aminokislotalaryň himiki häsiýetleri ilkinji nobatda şol bir uglerod atomynda karboksil we aminogruppalaryň barlygy bilen kesgittenilýär. Aminokislotalaryň gapdal radikallarynyň (aromatik we geterosiklli ýadrolary, (–SH) we (–OH) toparlary, goşmaça (–NH₂) we (–COOH) toparlary) esasy aýratynlyklary, ol her bir aminokislota öwrülişiklerde reaksiýa ukyplylygyny we özbaşdak häsiýetleriniň aratapawudyny, şeýle hem şol bir aminokislota mahsus bolan spesifik reaksiýalarynyň geçip biljek mümkinçiliklerini anyklaýar. Aminokislotalaryň himiki häsiýetleriniň ýene-de bir aýratynlygy, olaryň aýry-áýry funksional toparlary boýunça geçýän reaksiýalardan ybaratdyr. Olardan aminokislotalaryň α – aminotoparlarynyň ningidrin bilen özara täsirleşmek reaksiýasy iň möhüm reaksiýalaryň biridir. Sebäbi bu reaksiýa boýunça erginlerde aminokislotalaryň iň pes konsentrasiýasynyň hem mukdaryny kesgitlemek bolýar.

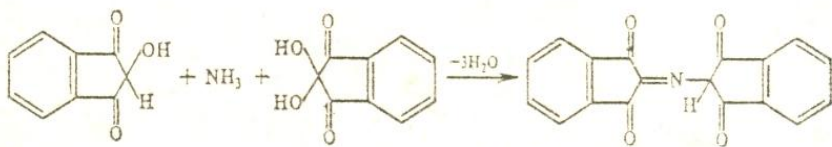
Aminokislotalaryň ningidrin bilen reaksiýasy wodorod görkezijisi (pH) 5-den ýokary bolsa, onda reaksiýa iki stadiýada geçýär. Reaksiýanyň birinji stadiýasynda aminokislotalaryň okislendirilen dezaminirlenmesi netijesinde ningidrininiň gaýtarylan formasy, ammiak, uglerodyň oksidi we degişli aldegid emele gelýär.



okislenen ningidrin

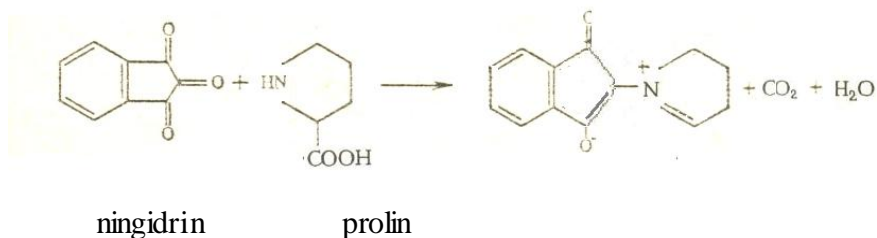
gaýtarylan ningidrin

Reaksiň ikinji stadiýasynda ýokarky reaksiýada emele gelen ammiak okislenen we gaýtarylan ningidrininiň ekwimolýar mukdary bilen reaksiýa girip melewşe gök önüm /Ruemannyň purpury/ emele getirýär. Şeýlekde emele gelen önümiň reňkiniň intensiwligi /goýylygy/ aminokislotanyň mukdaryna proporsionaldyr.



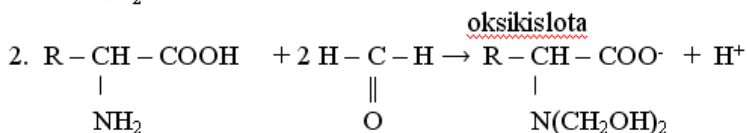
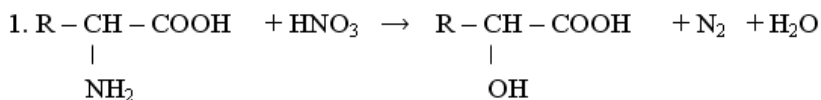
Ruemannyň purpury

Bu reaksiya boyunca orun çalşyýy α – iminogruppa ($>NH$) saklaýan prolin we oksiprolin sary reňkli önüm emele getirýär we ammiak bölünmeýär.



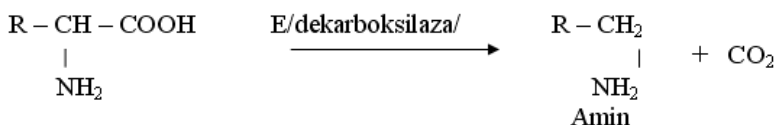
Ningidrin reaksiýasy aminogruppa saklaýan beýleki birleşmeler, şol sanda proteinler bilen hem geýandir. Şoňa görä bu reaksiýanyň spesifiklik häsiýeti ýokdyr. Ningidrin hromatografîya analizinde şekili ýüze çykaryjy /proýawitel/ hökmünde giňden ulanylýar.

Aminokislotalaryň aminogruppasy azot kislotasy /1/ we formaldegid /2/ bilen hem reaksiya girýändir:



Bu reaksiýalar aminokislotalary mukdar taýdan kesgitlemek üçin ulanylýar. Birinjisi Wan-Slaýkyň metody boýunça bölünýän gaz halyndaky azotyň göwrümini ölçemek bilen; ikinjisi formal metody boýunça formaldegid täsir edilende boşaýan protonlary aşgar bilen titirmek esasynda kesgittenilýär.

Değişli fermentleriň täsiri esasynda aminokislotalar dekarboksirlenip (CO_2 bölünip aýrylmagy) aminleri emele getirýärler:



Aminleriň aglbasy fiziologik aktiw maddalardyr
/Aminokislotalaryň karboksil topary boýunça reaksiýasy/.

§ 6 . Protein molekulasynda peptid /amid/ baglansygy

Her bir polimer maddanyň struktura gurluşy, onuň monomer molekulasyňy birleşdirýän himiki baglansyklaryň tebigaty bilen häsiýetlendirilýär.

Geçen XIX asyryň 80-nji ýyllarynda görnükli rus biohimikleri tarapyndan ptoteinleriň gurluşy barasynda gyzykly we örän çuňňur derňew işleri geçirilipdir. Şeýle işleri geçirmekde rus biohimigi A. Ýa. Danilewskiýniň goşandy has hem ulydyr.

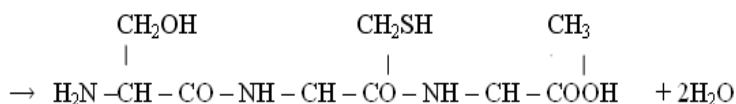
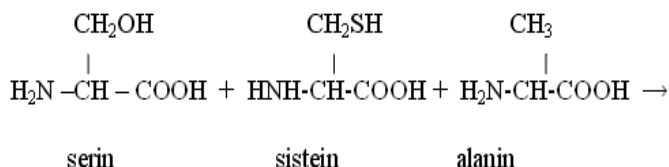
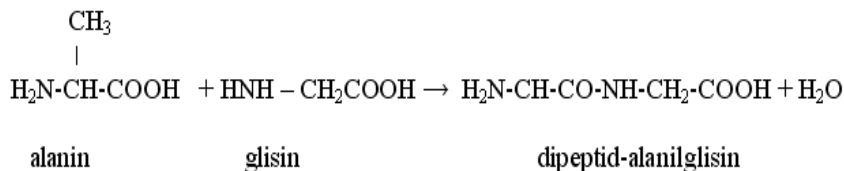
Ol, proteinleriň gidroliz esasynda dargamagy netijesinde emele gelýän önümlerini öwrenmek bilen ilkinjileriň hatarynda protein molekulasyňyň peptid

(– CO– NH–) baglansygyny saklaýandygy barasyndaky ideýany öňe sürdi we proteinleriň gurluşynyň polimer häsiýetlidigini görkezdi. Soňra 1902 – nji ýylda biri-birinden habarsyz Gofmeýster we Fişer goňşy aminokislotalaryň biriniň α – aminotopary bilen beýlekisiniň α – karboksil toparynyň özara molekulasy bölünip amid (– CO– NH–) baglansygynyň emele gelýändigini barasyndaky çaklamalaryny aýtdylar.

Şeýlelikde proteinleriň sintezinde emele gelýän amid baglansygyna **peptid baglansygy** hem diýilýär. Peptid baglansygy arkaly emele gelýän struktura **peptid** diýilýär. Eger peptid iki sany aminokislota galyndysyndan ybarat bolsa, oňa **dipeptid** diýilýär, üç

sany aminokislota galyndysy bar bolsa – *tetrapeptid* we ş.m. ýaly atlandyrylýar.

Di – we tripeptidleriň emele geliş reaksiýasyny şu aşakdaky deňlemeler boýunça görkezmek bolar:



tripeptid – serilsisteilalanin

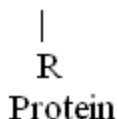
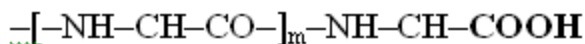
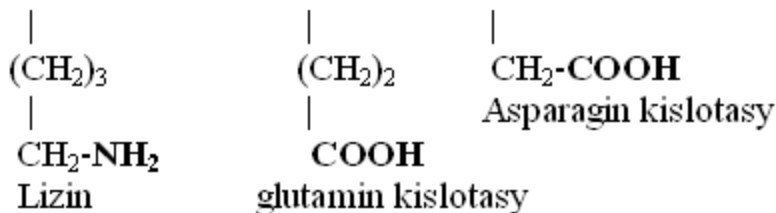
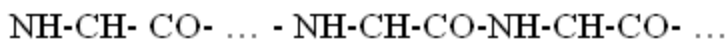
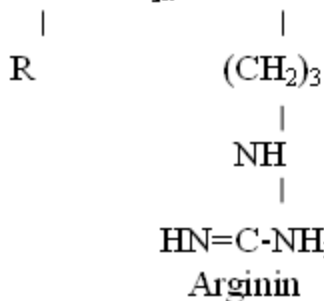
Peptidleriň struktura formulasynyň çep tarapyndan başlaýan (–NH₂) toparyna *N* – uýj diýilýär, we formulanyň sag tarapyndaky ahyrky (–COOH) toparyna bolsa *C* – uýj diýilýär.

Peptidleriň atlary, olaryň düzümine girýän aminokislotalaryň atlaryndan alynýar. Ýöne peptidiň *C* – uýyndaky aminokislotadan özgesiniň atlarynyň soňundaky “in” goşulmasyny “il” goşulmasyna çalşyryp atlandyrylýarlar. Mysal üçin, ýokarda görkezilen mysallarda alaninden we glisinden emele gelen dipeptid alanilglisin diýip atlandyrylýar. Şeýle hem serinden, sisteinden we fenilalanilden emele gelen tripeptidi serilsisteilfenilalanin we ş.m. ýaly atlandyrylýar. Polipeptid zynjyrynda aminokislotalaryň hasaby *N* – uýjyndan başlanýar.

Protein molekulalaryndaky peptid baglansyklaryny şu aşakdaky maglumatlarynyň üsti bilen esaslandyrmak bolar:

1. Proteinler onçakly köp bolmadyk titrlenýän ($-NH_2$) we ($-COOH$) toparlaryny saklaýarlar. Olar protein molekulalarynyň düzümine girýän asparagin we glutamin kislotalarynyň, liziniň, argininiň gapdal zynjyryndaky ($-NH_2$) we ($-COOH$) toparlary, şeýle hem molekulanyň başyndaky we soňundaky degişli aminokislotalaryň karboksil- we aminotoparlarydyr.

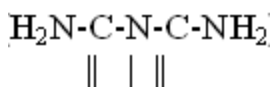
Mysal üçin:



Ýöne proteinler gidroliz edilende titrlenýän ($-\text{NH}_2$) we ($-\text{COOH}$) toparlaryň sany deň derejede örän çaltlyk bilen artyp başlaýar. Bu bolsa her bir peptid baglanşygynyň emele gelmegi üçin bir sany amino ($-\text{NH}_2$) we bir sany hem karboksil ($-\text{COOH}$) toparlarynyň gatnaşandygyny tassyklamaga esas döredýär.

2. Proteinleriň doly däl /bölekleyin/ gidrolizi netijesinde di-, tri- we beýleki oligopeptidleriň emele gelyändigini kesgitlep bolýandygy görkezildi, we ol maddalaryň strukturasyňy sintetiki peptidler bilen deňeşdirip bir meňzeşdigi anyklandy.

3. Proteinleriň molekulasyndaky peptid baglanyşyklary, diňe şol baglanyşygy gidrolizlendirýän ýörite fermentleriň kömegi bilen hem tassyklanyldy.



4. Biurete () we oňa meňzeş baglanyşygy saklaýan birleşmelere

aşgar erginindäki mis sulfaty bilen täsir edilende ol melewşe – gök reňke boýalýar /.biuret reaksiýasy/. Şeýle intensiw biuret reaksiýasynyň proteinler üçin hem mahsus bolmagy olaryň molekulasynda köp sanly peptid baglanyşygynyň bardygyny görkezýär.

5. Proteinleriň infra-gyzyl (IG) we ultramelewşe (UM) spekterleri hem olaryň molekulasyňy peptid baglanyşygy arkaly emele gelyändigine şaýatlyk edýär.

Şeýlelik bilen ýokarda görkezilen maglumatlaryň jemi, Fişer-Gofmeýster tarapyndan aýdylan proteinleriň peptid baglanyşygy barasyndaky çaklamalary doly suratda makullaýar.

Proteinleriň molekulasynda peptid baglanşyklaryndan başga-da disulfid (-S-S-), ion, gidrofob, wodorod we ş.m. ýaly baglanşyklar bardyr. Olar barasynda proteinleriň strukturasyňy öwrenimizde has takyk durup geçeris.

§ 7. Proteinleri bölüp almagyň esasy usullary

Proteinleri bölüp alamagyň we arassalamagyň usullary ilki bilen proteinleriň häsiýetlerine esaslanýýar. Haýsydyr bir biologik materialdan (mysal üçin, ösümlikleriň dānesinden, ýapragyndan, miwesinden, kökünden ýa-da haýwanlaryň belli bir organlaryndan) protein maddasyny bölmekligiň ilkinji etaby şol materiallary ýörite gurallarda (elektrik degirmenjiklerinde, gomogenizatorlarda we ş.m.) mazaly uşatmakdan we belli bir eredijide ekstragirlemekden başlanýar. Erediji hökmünde esasan distillirlenen suw, spirtiň suwdaky ergini, gowşak kislota ýa-da aşgar ergini, duz ergini (esasan NaCl) we ş.m. ulanylýar. Alynan arassa proteinli ergininden proteini çökündi görnüşinde bolup almak üçin ammoniý sulfaty bilen doýdurylýar. Şeýlelikde belli ber wagtyň geçmegi bilen protein çökündi görnüşinde bölünýär. Bölünen proteini, sentrifuga arkaly suwuklykdan bölüp alynandan soňra, dializiň kömegi bilen (45-nji

sahypa seret) beýleki pes molekulaly garyndylardan (duz ionlaryndan) arassalaýarlar. Soňra spirt ýa-da aseton bilen doýdurylýar we neýtrallaşdyrylýar. Şeýlelikde, protein fraksiýalara bölünýär. Ony sentrifuganyň kömegi bilen ýygnaýarlar we ýörite eksikatorlarda guradýarlar.

Proteinleriň dürli fraksiýalaryny bölüp almakda we olaryň arassalygyny kesgitlemekde dürli usullardan peýdalanylýar. Olaryň iň ähmiýetlisi ultrasentrifugirleme, elektroforez we hromatografiýa usullarydyr.

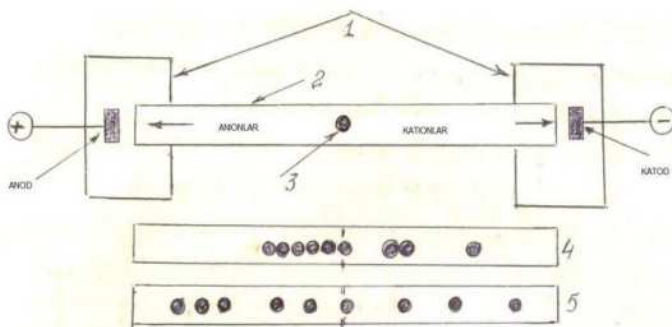
Ultrasentrifugada ilki agyr molekulýar massasy bolan proteinleri, soňra oňa görä ýeňil molekulýar massaly proteinleri bölüp almak bolýar.

Soňa görä ultrasentrifuga, molekulýar massasy boýunça tapawutlanýan proteinleri bölüp almakda örän oňaýly usuldyr.

A.Tizelius tarapyndan işlenilen elektroforez usuly proteinleriň aminokislota düzümini kesgitlemekde giňden ulanylýar. Proteinleriň düzümindäki aminokislotalary kesgitlemegiň ýönekeý usuly kagyz tekizliginde geçirilýän *elektroforezdir* (2-nji surat). Protein erginini (ýa-da aminokislotalaryň garyndysynyň suwdaky ergini) zolak kesilen süzgüç kagyzynyň belli bir nokadyna damdymaly we ony guratmaly. Soňra ol kagzy belli pH görkezijisi bolan bufer ergini bilen öllemeli we oňa güýçli elektrik meýdanyny emele getirýän

ýokary napryáženíaly togy täsir etmeli. Şeýlelikde dürli pK' görkezijisi bolan aminokislotalar süzgüç kagzyň zolagy boýunça bufer sistemasynyň pH-na we täsir edilen napryáženíya baglylykda dürli tizlikde haýsyda bolsa bir tarapa süýşip başlaýar. Mysal üçin, pH görkeziji 1,0 deň bolanynda (ýagny turşy gurşawda) +2 zarýadlanan gistidin, arginin we lizin beýleki +1 zarýadlanan aminokislotalardan önürti otrisatel zarýadlanan katoda tarap hereketlenýär.

Beýleki bir tarapdan pH 6,0 bolanynda položitel zarýadlanan aminokislotalar (lizin, arginin, gistidin) katoda, otrisatel zarýadlanan asparagin we glutamin kislotalary bolsa anoda tarap hereket edýär. Elektroforegrammada bölünen aminokislotalaryň ýerleşen ýerlerini kesgitlemek üçin, ony ilki guratmaly, soňra bolsa kagyz zolagyna ningidrin erginini pürküp gyzdymaly. Şeýlelikde kagyz zolagynda dürli reňkde aminokislotalaryň tegmilleri peýda bolýar. Kagyz – tekizligindäki elektroforeziň iň ýönekeý görnüşi 2 – nji suratda görkezilendir.



2-nji surat. Kagyz tekizligindäki elektroforez usuly boýunça aminokislotalaryň bölünişi /kesgitlenişi/:

1 – buferli kýuweta; 2 – elektroforez üçin süzgüç kagyzynyň zolagy;

3 – aminokislota garyndysynyýa-da protein ergininiň/tegmili;

4 – süzgüç kagyzynyň tekizliginde bölünip başlan wagty;

5 – aminokislotalaryň bölünip gutaran wagty.

§ 8. Proteinleriň molekulýar massasy we ony kesfitlemegiň käbir metodlary

Proteinler ýokary molekulýar birleşmelere degişli bolup, olaryň düzümine ýüzlerçe we münlerçe aminokislota galyndylary girip, birleşen makromolekulany emele getirýärler. Proteinleriň molekulýar massasy 5000-den millionlara barabardyr. Olardan çuňňur öwrenilen proteinleriň molekulýar massasy 1-nji tablisada berilendir.

1-nji tablisa. Käbir proteinleriň molekulýar massasy

Proteinleriň ady	Molekulýar massasy	Proteinleriň ady	Molekulýar massasy
İnsulin	5 733	Ulitkanyň gemosianini	6 600 000
mioglobin	17 000	Temmäki mozaikasynyň wirusy	40 000 000
Bugdaý gliadin	27 500		
Ýumurtga albumini	45 000		
Mekgejöwen zeini	50 000		
Adam gemoglobini	64 500		
Uýan ganyň albumini	68 500		
Adam globulini	160 000		
Kendir edestini	300 000		
Fibrinogen	330 000		
Kollagen	345 000		
Miozin	49 3000		

Proteinleriň molekulýar massasy dürli görnüşdäki fiziki usullar bilen

kesgitlenilýär. Olara mysal edip, sedimentasiýa (ýokary aýlaw tekizlikde çökdürmek), gelsüzüji (gelfiltrasion) grawitasiýa (dartyş güýji) we elektroforez ýaly usullaryny görkezmek bolar. Proteinleriň molekulýar massasyny kesgitlemegiň has köp ulanylýan usuly – sedimentasiýa tizligini ölçemek usulyna esaslandyrylýandyr.

1925–nji ýylda şwed biohimigi T.Swedberg tarapyndan oýlanyp tapylan ultrasentrifuganyň kömegi bilen merkezden daşlaşýan güýji Ýeriň dartyş güýjinden 250 esse artdyryp bolýandygy anyklanyldy. Şoňa görä, sentrifuga apparatynda ergindäki diffuzion güýjüň garşysyna hereket edýän merkezden daşlaşýan şeýle güýç meýdanynda protein molekulalaryny çökdürmek bolýar.

Proteinleriň molekulýar massasyny kesgitlemek üçin birnäçe sedimentasiýa usullary ulanylýar. Olaryň has amatlysy – **tizlik sedimentasiýa** usuly we **deňagramlyk sedimentasiýa** usulydyr.

Tizlik sedimentasiýa usuly boýunça molekulýar massasyny kesgitlemeklik ýörite ýasalan ýokary tizlikde aýlanýan rotorly sentrifugalarda geçirilýär. Şeýle sentrifugalaryň rotornyň aýlaw sany 60000 – 70000 aýlaw/min. we merkezden daşlaşýan tizlenmesi bolsa 500000 g barabardyr (g – dartyş güýjüň ululygy). Şoňa görä, molekulýar massasyny kesgitlemek üçin derňelýän protein ergini ýokary tizlikde sentrifugirlenýär. Şeýlelikde ergindäki protein molekulalarynyň diffuziýa güýjiniň garşysyna hereket edýän

merkezden daşlaşýan güýç has ýokary bolup protein molekulalary erginiň üstki gatlagyndan başlap ýuwaş-ýuwaşdan endigan aşak çöküp başlaýar we belli bir wagtdan soň protein molekulasy bilen eredijiniň arasynda anyk araçäk emele gelýär.

Şeýlelikde protein molekulasy sentrifuga kýuwetasynyň (probirkasynyň) düýbine çökdigiçe onuň hereketiniň tizlik araçägi optiki usul bilen synlanyp başlanýar we dürli ýagdaýlarda ol araçägiň döwülme görkezijisi ölçelýär.

Sedimentasiýa tizligi kesgitlenende eredijiniň we proteiniň optiki häsiýetleri peýdalanylýar. Sedimentasiýa tizligi S bilen bellenen sedimentasiýa hemişeliginiň üsti bilen aňladylýar. Ol protein bölejikleriniň massasyna we formasyna baglydyr:

$$S = v / (\omega^2 l)$$

bu ýerde v – erediji – protein araçägiň üýtgemek tizligi sm/s; ω – rotoryň burç tizligi rad/s; l – rotoryň merkezinden içi protein erginli kýuwetanyň ortasyna çenli bolan aralyk (sm). Sedimentasiýa hemişeligi wagt bilen ölçelýär we ol sekundlarda aňladylýar. Sedimentasiýa hemişeliginiň S ululygy $1 \cdot 10^{-13}$ s deňdir. Ol şertleýin birlik hökmünde kabul edildi **we swedberg (S)** diýip atlandyryldy. Adatça proteinleriň köpüsi üçin sedimentasiýa hemişeliginiň ululygy 1–50 S çenli çäklendirilýär, ýöne kähalatlarda ol 100 S – den hem

ýokary bolýar. Molekulýar massasynyň ýokarlanmagy bilen sedimentasiýa hemişeligiň ululygy hem artýar. Şeýlelikde, ýönekeý proporsionallyk ýüze çykmaýar. Çünki sedimentasiýa hemişeligiň ululygy erginiň sürtülme garşylygyna we maýda bölekleriň formasyna hem baglydyr. Şoňa görä belli bolan ululyga we käbir goşmaça maglumatlara salgylanyp proteinleriň molekulýar massasyny /*M*/ Swedbergiň deňlemesi boýunça kesgitlemek bolar:

$$M=RTS/[D(1-v\rho)]$$

bu deňlemede *R* – gaz hemişeligi (erg./mol.grad); *T* – absolýut temperatura (Kelwiniň şkalasynda); *S* – sedimentasiýa hemişeligi; *ρ* – eredijiň dykzlygy; *v* – proteiniň parsial udel göwrümi; *D* – diffuziýa koeffisienti.

Parsial udel göwrüm diýip, eredijiniň çenden – aş a artykmaç mukdaryna 1,0 g gury madda goşulanynda göwrümiň ulalmagyna aýdylýar. Suwda eredilen proteinleriň köpüsi üçin bu ulylyk 0,74 golaýdyr. Eger-de proteiniň diffuziýa koeffisienti ýokarda görkezilen usul boýunça eksperimental ýagdaýda kesgitlenen bolsa, onda Swedbergiň deňlemesiniň kömegi bilen proteinleriň molekulýar massasyny kesgitlemek bolar. Sedimentasiýa we diffuziýa koeffisientleriniň has takyk bahasyny almak üçin, protein erginini tükeniksiz suwuklandyrmak bilen onuň dürli konsentrasiýasyny ölçäp, netijede alynan maglumatlar boýunça kesgitleýärler.

Şeýlelikde alynan sedimentasiýa koeffisientiniň ululygyna *sedimentasiýa hemişeligi* (S) diýilýär.

Deňagramlylyk sedimentasiýa

Deňagramlylyk sedimentasiýa usulynyň kömegi bilen alynan molekulýar massanyň ululygy molekulanyň formasyna bagly däldir. Şoňa görä sentrifuganyň rotorynyň aýlanmak tizligi hem şeýle ölçegler üçin ýokary bolmaýar. Ýagny sistemada sedimentasiýa we diffuziýa güýjiniň garşylykly sazlaşmagy netijesinde emele gelýän deňagramlylyk ýagdaýyny kesgitlemek ýeterlikdir. Deňagramlylyk ýagdaýynda meniskiň töwereginde arassa eredijiniň zonasy görünmeýär we sentrifuga probirkasynyň uzaboýuna protein konsentrasiasynyň gradiýenti kadalaşýar. Üstesinde probirkanyň aşaky bölegindäki erginiň konsentrasiasy ýokary bölegine garanyňda 2 esse golaý köpdür.

Şeýlelikde okuň aýlanmagynda dürli aralykdaky proteiniň konsentrasiasyny ölçemek bilen alynan maglumatlar esasynda onuň molekulýar massasyny şeýle deňleme boýunça kesgitlemek bolar:

$$M=2RT\ln(C_2/C_1)/[\omega^2(1-\nu\rho)(X_2^2-X_1^2)]$$

bu ýerde: R we T deňşililikde gaz hemişeligi we absolýut temperatura; C_1 we C_2 – okuň aýlanmagynda probirkanyň iki

nokadyndaky $/X_2$ we $X_1/$ proteiniň konsentrasiýasy; ω – burç tizligi; ρ -eredijiniň dykyzlygy; v – proteiniň parsial udel göwrümi.

Görnüşü ýaly bu deňlemä diffuziýa koeffisienti girýän däldir. Deňagramlylyk sedimentasiýa usuly beýleki sedimentasiýa usullaryna garanyňda has takyk usuldyr.

§ 9. Proteinleriň fiziko-himiki häsiýetleri

Her bir proteiniň fiziko-himiki häsiýeti onuň düzümine girýän aminokislotalaryna we strukturasynyň gurluşyna baglydyr. Proteinler kislota – esas, bufer, kolloid we osmos ýaly häsiýetlere eýedir.

Proteinler amfoter makromolekulalardyr

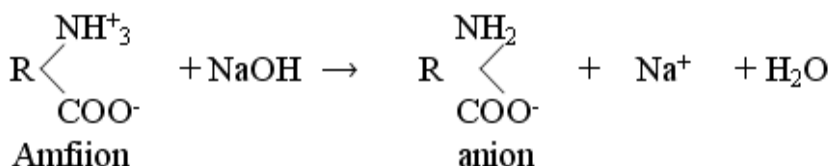
Proteinler amfoter polielektrolitler bolup, olar hem aminokislotalar ýaly kislota we esas häsiýetlerini özlerinde utgaşdyrylýar. Mälim bolşy ýaly, aminokislotalaryň kislota–esas häsiýetleri, olaryň α -amino we α -karboksil toparlaryna bagly bolsa, proteinlerde ol toparlar peptid baglanyşygyny emele getirmäge gatnaşýarlar. Şoňa görä proteinlerde kislota–esas (amfoter) häsiýetlerini polipeptid zynjyryndaky aminokislotalaryň gapdal

zynjyryndaky amino ($-\text{NH}_2$) we karboksil ($-\text{COOH}$) toparlary ýüze çykarýar (3-nji surat).

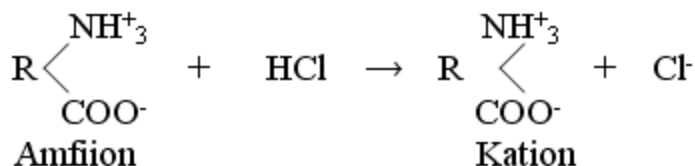
Üçülenji strukturasy bolan her bir tebigy proteiniň molekulasynda bir sany ahyrky ($-\text{NH}_2$) topary we bir sany hem anyrky ($-\text{COOH}$) topary bardyr. Dördülenji strukturasy bolan proteinlerde bolsa ol toparlaryň sany sub-birlikleriň ýa-da protomerleriň sanyna görä artýandyr. Ýöne ol toparlaryň sany protein molekulasynda örän ujypsyz bolandygyna görä onuň amfoterlik häsiýetleriniň doly beýany tapmaýar. Emma polýar toparlaryň köp böleginiň globulýar proteinleriň üstki tekizliginde ýerleşmekleri netijesinde proteinleriň amfoter häsiýetlerini hut şol toparlar kesgitleýändir.

düzümünde esas aminokislotalary näçe köp boldugyça, onuň esas häsiýeti hem şonça güýçlenýär. Sisteiniň (–SH) toparynyň we tiroziniň fenil ýadrosynyň (gowşak kislota hökmünde) proteiniň amfoter häsiýetine onçakly täsiri ýokdur.

Proteinler aşgar ergininde otrisatel zaryadlanyp **aniona** öwürülýär. Mysal üçin, natriý gidroksidiniň gatnaşmagynda (–N⁺H₃) topardan (H⁺) protonyny ýitirip **anion** emele getirýär.



Kislota ergininde bolsa kislota toparynyň dissosirlenmesi basylyar we protein **kationa** öwürülýär. Mysal üçin, duz kislotasy bilen:



Şeýlelikde, proteinleriň kation ýa-da anion häsiýetlerini kesgitleýän faktory– reaksiýa gurşawdyr. Ol wodorod ionynyň konsentrasiýasyny görkeziji pH manysynda aňladylýandyr. Bu görkezijiniň (pH) ululygynyň belli bir derejesinde položitel we otrisatel zaryadlaryň sany deňleşýär we molekula elektroneýtral ýgdaýyna geçýär, ýagny ol elektrik meýdanynda hereket etmeýär. Şoňa görä pH

gurşawyň şeýle ululygyna proteinleriň *izoelektrik nokady* diýilýär. Elektroneýtral ýagdaýynda proteinleriň durnuklylygy örän peselýär we pH gurşawyň az-kem turşy ýa-da aşgar tarapyna üýtgemegi netijesinde protein çökündi bolup aşak düşýär. Tebigy proteinleriň aglabasynyň izoelektrik nokady gowşak turşy gurşwada ($\text{pH}=4,8-5,4$) emele gelýär. Bu bolsa proteinleriň düzüminde dikarbon kislotalarynyň agdyklyk edýändigini görkezýär. Proteinleriň amfoter häsiýetleri olary elektroforez usuly boýunça fraksiýalara bölmekde uly rol oýnaýar.

Proteinleriň kolloid häsiýetleri

Ýokary molekulýar massaly tebigy proteinler janly organizmlerde adatça kolloid halynda bolýarlar. Şoňa görä proteinleriň kolloid erginlerindäki maýdaja bölejikleriniň möçberi 1 mkm-den 1nm barabardyr.

Proteinleriň suwdaky ergini örän durnuklydyr we deňagramlylyk halyndadyr. Olar wagtyň geçmegi bilen çökündä öwürülmeýäler, ýagny koagulirlenmeýärler. Şeýlelikde olar özleriniň durnuklylygyny saklamak üçin stabilizatora mätäç dälendir. Emma adaty hakyky kolloid erginleriniň möçberi 1 nm-den kiçi hem bolsa olaryň

durnuklylygy diňe stabilizatora baglydyr. Çünki stabilizator erän madda bilen eredijiniň araçäginde ýerleşip kolloid erginiň çökündä öwrülmegine päsgel berýär.

Makromolekulýar birleşmeler bolan proteinler, kolloid sistemanyň dürli häsiýetlerini özünde jemleýär:

1. Protein erginleriniň (aýratyn hem konsentrlenen erginleriniň) özlerine mahsus bolan optiki häsiýetleriniň aýratynlygy (erginiň opalessensiýasy, ýagny erginiň kolloid sistemasynda göze görüňän ýagtylyk şöhesini özünde ýaýratmaga ukyplylygy).
2. Erginiň az (ujypsyz) diffuziýa tizligi.
3. Erginiň ýarym syzyja membranadan syzyp geçmäge ukypsyzlygy (osmos häsiýeti).
4. Erginiň ýokary şepbeşikligi.
5. Erginiň gel emele getirmek ukyby.

Proteinleriň optiki häsiýeti

Proteinleriň konsentrlenen ergininden ýagtylyk toplumjygy goýberileninde şöhläniň ýoly ýagtylanan konus şekilli ýagtylyk zolagy görüňär. Onuň sebäbi kolloid erginindäki iri bölejikler geçýän şöhlä päsgel berýär, we ony ýaýramaga mejbur edýär. Bu

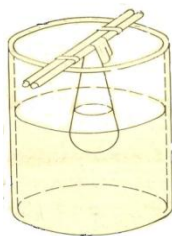
hadysa **Tindalyň effekti** diýilýär. Emma proteiniň örän suwuklandyrylan ergininde kolloid bölejikleri has maýdaja bolany üçin Tindalyň ýagtylanan konusy görünmeýär.

Öýjükleriň protoplazmasynda proteinler kolloid ergini görnüşinde bolýar diýip hasaplanylýar. Proteinleriň we beýleki biologik molekulalaryň (nuklein kislotalaryň, polisaharidleriň we ş.m.) ýagtylygy ýaýratmaklyk ukyplary mikroskopda öýjükleriň strukturasyny öwrenmekde giňden peýdalanylýar. Çünki mikroskobuň garaňky meýdançasynyda kolloid bölejikleri sitoplazma pytyradylan ýagty tegmiljikler görnüşinde menek – menek bolup görünýär.

Erginiň az diffuziýa tizligi. Ergin maddalaryň molekulasyň gradient konsentراسیasy sebäpli, ýagny ýokary konsentراسیaly zonadan pes konsentراسیaly zona özbaşdak erkin aralaşmagyna **diffuziýa** diýilýär. Diffuziýa tizligi yüzlerçe esse tiz geçýän. Adaty molekulalara we ionlara garanyňda proteinleriň diffuziýa tizligi örän çäklidir we haýaldyr. Proteinleriň diffuziýa hereketi, olaryň molekulýar massasyna we aýratyn hem olaryň molekulasyň görnüşine baglydyr. Globulýar proteinleriň suwdaky ergininiň diffuziýa tizligi fibrillýar proteinleriňkä garanyňda ýokary hereketdedir.

Öýjükleriň normal ýagdaýda işlemegi üçin proteinleriň diffuziýasynyň uly ähmiýeti bardyr. Sebäbi diffuziýa bolmasa öýjükleriň islendik böleginde (ribosomyň bar bolan ýerinde) sintezlenen proteiniň şol bölekde toplanyp galmagy iki uçly dälär. Şoňa görä öýjükleriň içinde proteinler diffuziýa arkaly peýdalanylýar. Proteinlerde diffuziýa tizliginiň haýal bolmagyna görä, ol öýjükleriň dürli böleklerinde diffundirlenýän proteine bagly bolan prosesleriň tizligini hem çäklendirýär.

Proteinleriň osmos häsiýeti. Proteinler özleriniň ýokary molekulýar birleşmeler bolandygyna görä, olar ýarym syzdyrýan membrananan syzyp geçip bilmeýärler. Emma oňa derek pes molekulaly maddalar membrananan kynçylyksyz geçýärler. Proteinleriň bu häsiýeti praktikada protein erginini pes molekulaly garyndylardan arassalamak üçin giňden peýdalanylýar. Şeýle prosesse bolsa **dializ** diýilýär. Proteinleri dializ arkaly arassalamagyň ýönekeý guraly 4-nji suratda görkezilendir.



4- nji surat. Proteinleri dializ arkaly arassalamagyň ýönekeý guraly.

Protein ergini salynan sellofan haltajygy ýarym süzüji membranadyr. Ondan suwuň molekulasy we ergindäki NaCl, sulfat ionlary we glýukoza ýaly pes molekulaly garyndy maddalar aňsatlyk bilen çykyp bilýärler. Şoňa görä protein ergini salynan sellofan haltajygyny distillirlenen suwly gapda birnäçe wagtlap saklamak bilen proteini pes molekulaly garyndy maddalardan arassalamak bolýar. Onuň üçin gapdaky suwy wagtal – wagtal täzelemek zerurdyr.

Proteinler ýarym syzdyrýan membranadan diffundirlenmäge ukypsyzlygy osmos hadysasyna alyp barýar, ýagny suw molekulasynyň ýarym syzdyrýan membranadan geçip protein erginine aralaşmagyna getirýär. Eger sellofan membranasy arkaly

protein erginini suwdan bölüp aýyrsak, onda deňagramlylyk derejesine ýetmek üçin ymtylýan suw molekulasy protein erginine diffundirlenýär. Şeýlelikde suw molekulasy proteiniň ýerleşýän giňişligine aralaşyp, onda gidrostatik basyşyny (ýagny suw sütüniň basyşyny) artdyryr we suw molekulasyň proteine mundan bu ýanky diffuziýasyna päsgel berýär.

Suwuň osmos akymyny togtadyan güýje ýa-da basyşa **osmos basyşy** diýilýär.

Biologik membranalar hem protein erginini syzdyрмаýarlar. Şoňa görä protein tarapyndan dörän osmos basyşy onuň öýjükleriniň içindeki we daşyndaky konsentrasiýasyna baglydyr. Protein tarapyndan şertlendirilen osmos basyşyna **onkotik basyşy** diýilýär.

Proteinler gidrofil birleşmelerdir

Proteinleriň esasy häsiýetleriniň biri hem olaryň gidrofilligidir, ýagny suwy özüne güýçli (intensiw) depginde endigan siňdirip bilýändir. Eger-de uşak üwelen gury (külke şekilli) protein suwda eredilse, onda edil beyleki ýokary molekulýar birleşmeler ýaly, ilki

suwda çişýär, soňra bolsa protein molekulalary ýuwaş – ýuwaşdan ergine öwrülýär. Diýmek, protein çişýän döwründe suwuň molekulasy proteine siňip onuň polýar toparlary bilen baglanyşýandyr. Şoňa görä dykyz ýerleşen polipeptid zynjyrlary ýumşayar we protein molekulasy özüne mundan beýläk hem suwy siňdirmegi netijesinde ol umumy massadan üzülýär we ergine öwrülýär. Emma proteinleriň suwda çişmekligi elmydama olaryň eremekligine getirmez. Käbir proteinler, mysal üçin, kollagen özüne köp mukdarda suwy siňdirip çişirilen ýagdaýda togtaýar.

Eremeklik, proteinleriň gidrotasiýasyna, ýagny suw molekulasyň protein bilen birleşmegine baglydyr. Gidrat suwy protein makromolekulasy bilen örän kynçylyk bilen hem aýrylýandyr. Muny ýönekeý adsorbsiýa hadysasy bilen däl-de, suw molekulasyň peptid zynjyryndaky turşy aminokislotalaryň otrisatel zarýadlanan we esas aminokislotalaryň položitel zarýadlanan gapdal radikallarynyň polýar toparlarynyň arasyndaky elektrostatik baglanyşygy bilen düşündirmek bolar. Ýöne gidrat suwunyň belli bir bölegi peptid toparyna birleşip suw molekulasy bilen wodorod baglanyşgyny emele getirip hem bilýändir. Şeýlelikde, suw peptid bilen baglanyşyp süýndirilýän polipeptid zynjyrlaryň arasyndaky disulfid (–S–S–) baglanyşyklary protein molekulasyndaky polipeptidleriň biri – birinden üzülip gitmegine ýol bermeýär. Şoňa

görä protein ergine öwrülýär. Proteinleriň eremegine neýtral duzlar, pH gurşawy, temperatura we beýleki faktorlar täsir edýändir.

Proteinleriň denaturasiýasy

Dürli görnüşdäki maddalaryň täsir etmegi netijesinde protein molekulasy özüniň ýokary gurnalyş derejesiniň ilkinji strukturasyndan özgesini (ýagny ikilenji, üçülenji we dördülenji strukturalaryny), fiziko – himiki we biologik häsiýetlerini ýitirýär. Bu hadysa proteinleriň **denaturasiýasy** diýip at berildi. Denaturasiýa netijasinde proteinleriň ikilenji, üçülenji we dördülenji strukturalaryny durnuklaşdyrýan baglanyşyklary üzülýär. Şoňa görä polipeptid zynjyry ýazylyp ergine geçýär we ol erginde ýazgyn halnda bolýar ýa-da tertipsiz saralan ýumak şekilli düýrlenýär.

Proteinleriň denaturasiýa prosessine **fiziki** we **himiki** faktorlaryň täsiri bardyr. *Fiziki faktorlara* temperatura, basyş, mehaniki täsirler, ionlaşdyryjy şöhlemenme ýaly faktorlar degişlidir. Proteinleriň has köp öwrenilen denaturasiýa faktorlarynyň biri ýylylygyň täsiri esasynda olaryň häsiýetleriniň doly suratda üýtgemegidir.

Proteinler gyzdyrlanda uýaýarlar we çökündä öwrülýärler, bu bolsa olaryň häsiýetleriniň esasy nyşanlary hasap edilýär. Emma

proteinleriň köpüsiniň **termolabillik** häsiýetleri bar hem bolsa, käbir proteinler gyzgynlyga durnuklydyr. Oňa mysal edip tripsini, himotripsini, lizosini we birnäçe biologik membranalaryň proteinlerini görkezmek ýeterlikdir. Aýratyn hem gyzgyn çeşmelerde ýaşayan bakteriýalaryň proteinleri ýokary temperatura durnuklydyr. Birnäçe proteinler, olaryň tersine pes temperaturada özlerriniň tebigy häsiýetlerini (durkuny) ýitirýärler.

Proteinleri denaturirlenmäge sezewar edýän himiki faktorlara – kislotalar we aşgarlar, organiki eredijiler (spirt, aseton we ş.m.), detergentler (ýuwujy serişdeler), käbir amidler (moçewina, guanidiniň duzlary we ş.m.), alkaloidler, agyr metallaryň duzlary we ş.m. degişlidirler. Himiki maddalaryň denaturirlendiriji täsiriniň mehanizmi olaryň fiziko-himiki häsiýetlerine baglydyr. Kislotalar we aşgarlar proteinleri çökdüriji madda hökmünde giňden ulanylýar. Birnäçe proteinler pH gurşawyň iň iki gyraky ululyklarynda, ýagny pH= 2-den pes ýa-da pH=10–11– den ýokary bolanynda özlerriniň tebigy durkuny ýitirýärler. Ýöne käbir proteinler kislotalaryň we aşgarlaryň täsirine durnuklydyr. Mysal üçin, gistonlar we protaminler pH=2 ýa-da pH=0 ýagdaýynda hem özlerriniň tebigy durkuny saklaýarlar. Etanol we aseton ýaly eredijiler proteinleri bölüp almakda giňden ulanylýan hem bolsa, olaryň güýçli erginleriniň denaturasiýa prosessine täsiri bardyr.

Denaturasiýa prosessinde proteinlerde şu aşakdaky üýtgeşmeler peýda bolýar:

1. Proteinleriň tebigy molekulasyňa garanyňda, durkuny ýitiren protein molekulalarynda funksional toparlaryň ($-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{SH}$, $-\text{OH}$) sany artýar. Ony denaturasiýa prosessinde polipeptid zynjyrlarynyň üzülmegi netijesinde peptid baglansygyndan boşayan funksional toparlaryň we molekulanyň içinde gizlenen käbir toparlaryň ýüze çykandygy bilen düşündirmek bolar.
2. Proteinleriň ereýjiligi azalyp çökündä öwrülýärler.
3. Protein molekulasyňyň konfigurasiýasy üýtgeýär.
4. Denaturasiýa prosessinde protein molekulalarynyň hakyky struktura gurnalyşy bozulýar, netijede olar özläriniň biologik aktiwligini ýitirýärler.

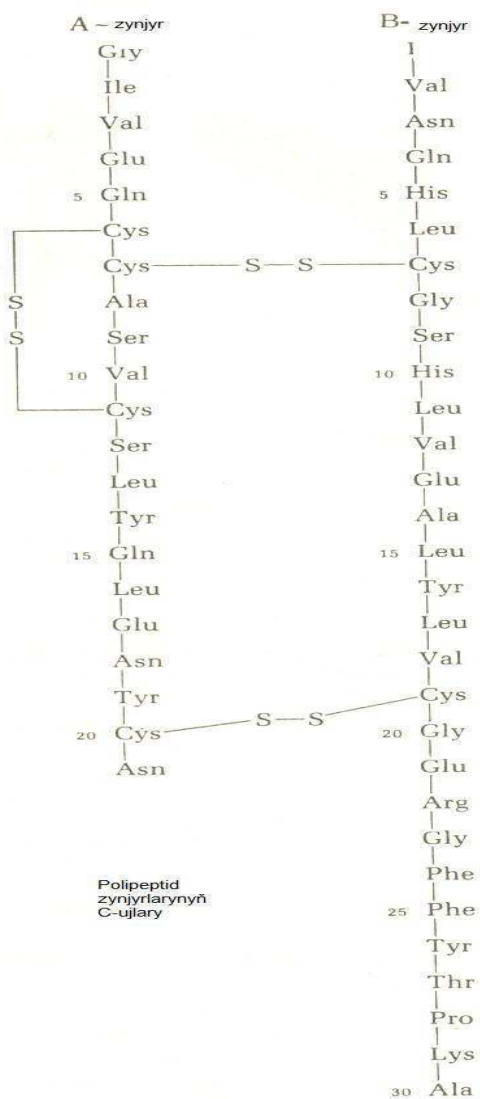
§ 10. Proteinleriň gurluşy we struktura gurnalyş derejeleri

Proteinleriň strukturasynyň gurnalyşyny aýdyňlaşdyrmak häzirki zaman biohimiýa ylmynyň esasy meseleleriniň biridir. Ol janly organizmlerde proteinleriň ýerine ýetirýän funksiýalaryna göz ýetirmek örän möhüm ylmy- praktiki ähmiýete eýedir.

Proteinleriň dört gurnalýş derejesi bardyr. Olar, proteinleriň **ilkinji, ikilenji, üçülenji we dördülenji strukturalarydyr.**

Proteinleriň birlenji strukturasy

Aminokislotalaryň peptid baglanşygy arkaly birleşip yzygiderli tertipde polipeptid zynjyryny emele getirmegine proteinleriň ilkinji strukturasy diýilýär. Bir sany polipeptid zynjyryndan ybarat bolan proteniň molekulasyndaky aminokislota galyndylarynyň yzygiderli tertipde ýerleşişini takykklamak bilen, onuň ilkinji strukturasyň anyk formulasyny ýazmak mümkindir. Häzire çenli 2 500-den gowyrak dürli görnüşdäki proteinleriň ilkinji strukturasy anyklanyldy, ýöne tebigatda 10^{12} dürli proteinleriň bardygyny nazarda tutsak, onda bu san örän ujypsyzdyr. 1951- 1954 - njy ýyllarda F.Senger ilkinji gezek öküziň garynasty mäslerinden alynan insuliniň düzüminde 51 sany aminokislota galyndysynyň bardygyny we olaryň polipeptid zynjyrlarynda yzygiderli ýerleşişlerini dolý suratda anyklanyldy (5-nji surat).

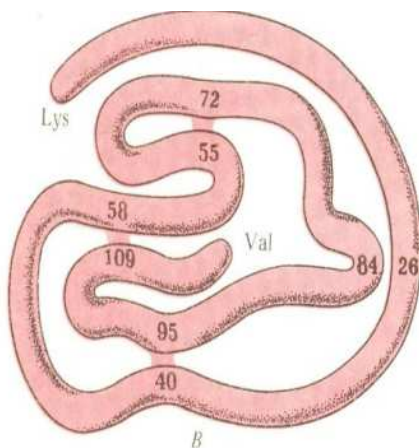


5-nji surat. Insulin molekulasynyň gurluş shemasy.

S.Mur we U.Steyn tarapyndan ilkinji strukturasy öwrenilen ikinji protein–ferment ribonukleazadyr (6-njy surat). Ribonukleaza garnasty mäslerden bölünip alyndy we ol RNK molekulasynyň gidrolizini ratalizlendirýär. Bu fermentiň düzüminde 124 sany aminokislota galyndysy bolup, onuň polipeptid zynjyrynyň N–ujy lizin bilen, S–ujy bolsa walin bilen tamamlanýandyr. Onuň molekulasynyň dört ýerinde sistein galyndysynyň disulfid (–S–S–) baglanşygy bardyr.

Lys·Glu·Thr·Ala·Ala·Ala·Lys·Phe·Glu·Arg¹⁰
 Gln·His·Met·Asp·Ser·Ser·Thr·Ser·Ala·Ala²⁰
 Ser·Ser·Ser·Asn·Tyr·Cys·Asn·Gln·Met·Met³⁰
 Lys·Ser·Arg·Asn·Leu·Thr·Lys·Asp·Arg·Cys⁴⁰
 Lys·Pro·Val·Asn·Thr·Phe·Val·His·Glu·Ser⁵⁰
 Leu·Ala·Asp·Val·Gln·Ala·Val·Cys·Ser·Gln⁶⁰
 Lys·Asn·Val·Ala·Cys·Lys·Asn·Gly·Gln·Thr⁷⁰
 Asn·Cys·Tyr·Gln·Ser·Tyr·Ser·Thr·Met·Ser⁸⁰
 Ile·Thr·Asp·Cys·Arg·Glu·Thr·Gly·Ser·Ser⁹⁰
 Lys·Tyr·Pro·Asn·Cys·Ala·Tyr·Lys·Thr·Thr¹⁰⁰
 Gln·Ala·Asn·Lys·His·Ile·Ile·Val·Ala·Cys¹¹⁰
 Glu·Gly·Asn·Pro·Tyr·Val·Pro·Val·His·Phe¹²⁰
 Asp·Ala·Ser·Val¹²⁴

A



B

6-njy surat. Öküzüň aşgazan asty mäsinden alnan ribonukleazanyň:

A – Aminokislota yzygiderligi; B – sistiniň galyndylaryndan emele

gelen 4 sany keseleýin disulfid baglanyşyklarynyň ýerleşişini

görkezýän ribonukleaza molekulasyň şemaly görnüşi.

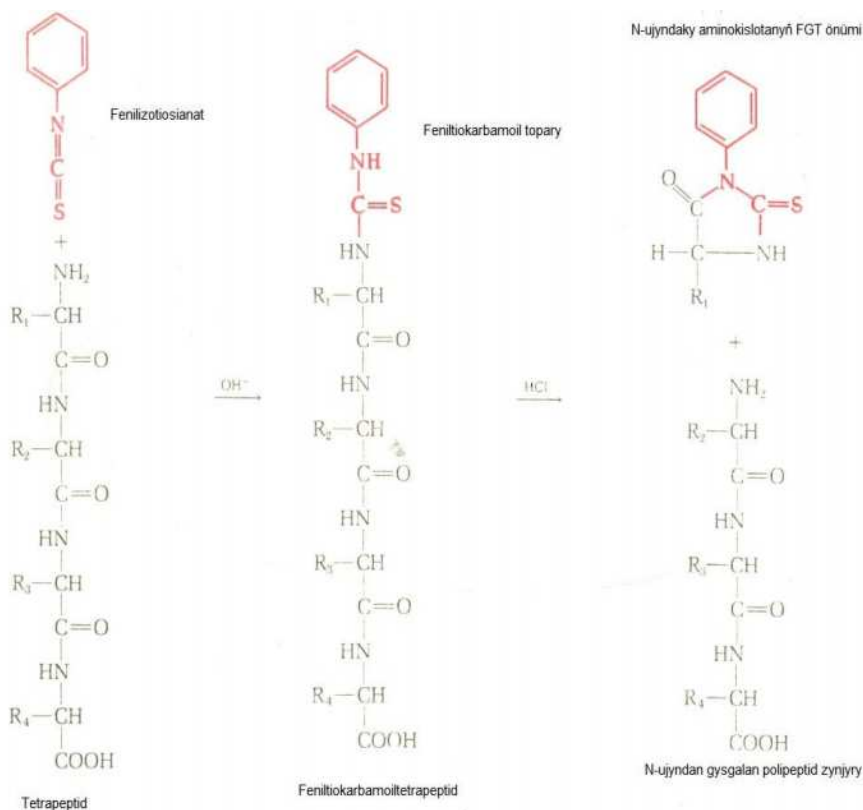
Soňra adamyň ýürek myşsasyndan alynan sitohromyň düzüminde 104, adam miogloblininde 153, adam gemogloblininiň α – zynjyrynda 141, β – zynjyrynda bolsa 146, ene süýdindäki lizosimde 130 we has iri protein bolan immunoglobuliniň dört sany polipeptid zynjyrynda 1 300 aminokislota galyndylarynyň bardygy belli boldy.

Protein molekulalaryndaky aminokislotalaryň gezekleşip ýerleşiş tertibini peptidiň N-ujyndan we C - ujyndan başlap kesgitlemegiň birnäçe usullary işlenip düzüldi.

Peptidleri N-ujyndan kesgitlemek üçin fenilizotiosianat (FITS) reagenti örän giňden ulanylýar. Reaksiýanyň netijesinde FITS reagenti peptidleriň NH_2 - topary bilen özara täsirlenşip

aminokislotalaryň feniltiokarbonil önümini (ýa-da FTK-önümini) emele getirýär. Alynan önüm turşy gurşawda sikkelenip peptid zynjyrdaky amid baglanyşygyny üzýär we zynjyryň N- uýyndaky aminokislotalaryň feniltiogidantion (FTG) önümini emele getirýär. Soňra alynan aminokislotalaryň FTG önümi hromatografiýa usulynyň dürli wariantlary boýunça işlenip peptidiň N- uýyndaky aminokislota anyklanylýar. Şeýlelikde peptidiň gysgalýan zynjyryny FITS reagenti bilen işlemegi gaýtalaýan galan aminokislotalary kesgitlemek bolýar.

Reaksiýany şu aşakdaky shema boýunça aňlatmak bolar:

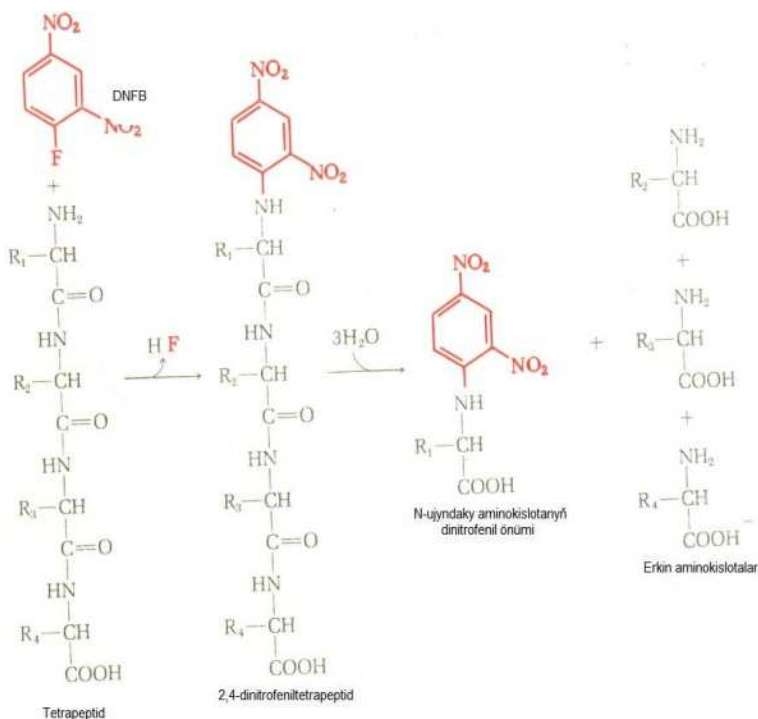


Peptidleriň N- uýyndaky aminokislotalary takykklamakda F.Senger tarapyndan ilkinji gezek ulanylan dinitroftorbenzol (DNFB) proteinleriň NH_2 - toparyna täsir ediji reagentleriň biridir. Reaksiýanyň netijesinde polipeptidiň çetdäki NH_2 - topary DNFB reagenti bilen özara reaksiýa girip onuň dinitrofenil (DNF) önümini

emele getirýär. Soňra polipeptidiň DNF önümini kislota (HCl) bilen gidroliz geçirleninde molekulalaryndaky ähli peptid (-CO-NH-) baglanyşyklarynyň üzülmegi netijesinde onuň

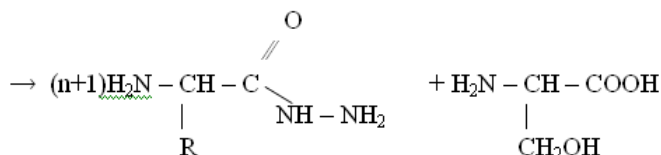
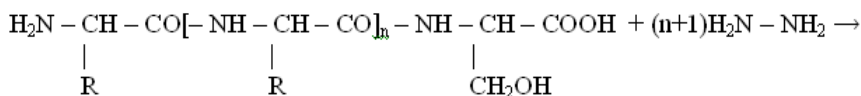
N- uýyndaky aminokislota DNF önümüne we polipeptidiň galan bölegi bolsa birnäçe erkin aminokislotalara dargaýar.

Şeýlelikde gidroliz netijesinde emele gelen önümleri “şäýatlyk” DNF-aminokislotalardan peýdalanyňp hromatografiýa usuly boýunça anyklanýar.



Proteinleriň molekulasynda yzygiderli ýerleşiş tertibini polipeptid zynjyrynyň C-ujyndan hem kesgitlemek bolýar. Onuň üçin polipeptid zynjyrynyň ahyrky erkin karboksil ($-\text{COOH}$) topary tarapyndan (C-ujyndan) aminokislotalary bölüp aýyrýan karboksipeptidaza fermentinden peýdalanylýarlar. Bu ferment polipeptid zynjyrynyň C-ujyndan başlap amid baglansyklaryny üzmek bilen ony degişli aminokislotalara dargadýar. Soňra emele gelen aminokislotalary hromatografiýa usuly boýunça kesgitleýärler.

Proteiniň molekulasyndaky peptid baglansyklaryny **gidrazinoliz** esasynda üzmek bilen onuň C-ujyndaky aminokislota barasynda maglumat almak bolýandyр. S.Askabori tarapyndan hödürlenen bu usul polipeptidiň gidrazin bilen reaksiýasyna esaslanandyр we bu reaksiýa suwsyz gurşawda 100°C geçýär:



Reaksiýadan görnüşi ýaly polipeptid zynjyryndaky erkin (-COOH) toparyny saklaýan aminokislotalardan özgesi aminokislota gidrazidine öwrülýär. Soňra erkin aminokislota we aminokislota gidrazidleri “şaýatlyk” aminokislotalardan we aminokislota gidrazidlerinden peýdalanmak bilen hromatografiýa usuly boýunça anyklanylýar.

Proteinleriň ikilenji strukturasy

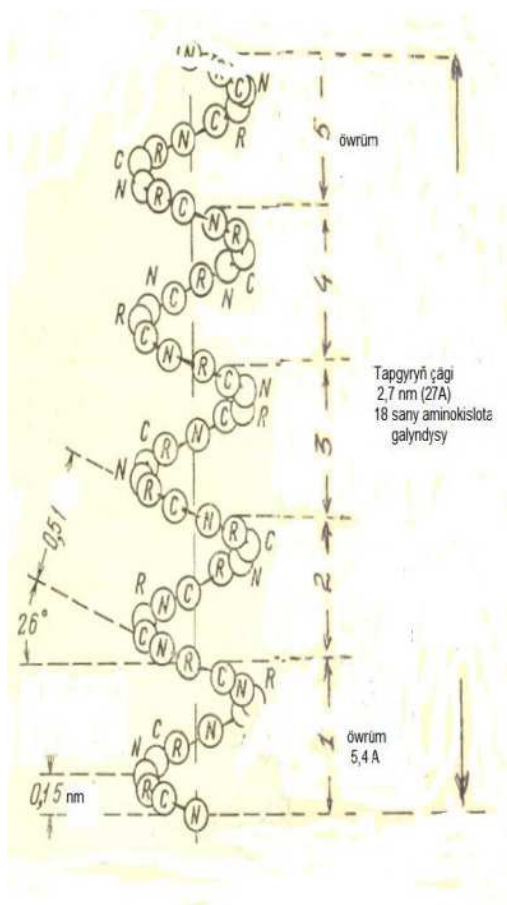
L.Poling we R.Kori tarapyndan alynan proteinleriň rentgenogrammasynda proteinleriň göni polipeptid zynjyry bilen bir

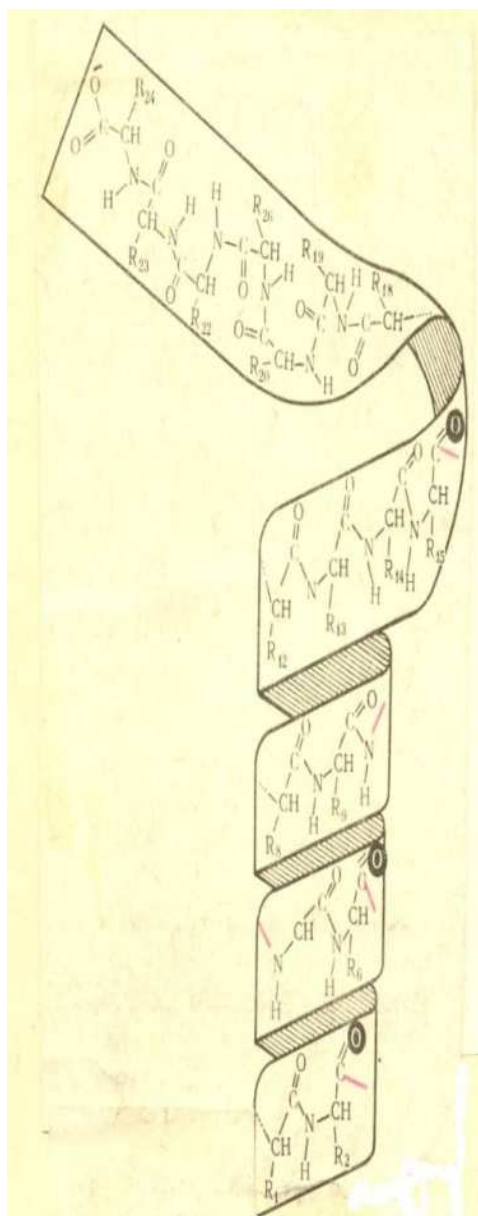
hatarda olaryň belli derejede towlanan bölekleriniň hem bardygyny anyklanyldy. Şeýlelikde rentgende alynan suratlaryň hemmesi proteiniň zynjyrynda 0,54 nm gaýtalanýan haýsydyr bir tertipde ýerleşen ýa-da towlanan struktura elementleriniň bardygyny görkezdi.

Proteinleriň ikilenji strukturasyny – polipeptid zynjyrdaky aminokislotalaryň gapdal radikallarynyň tipini we konformasiýasyny hasaba almazdan, zynjyryň belli bölekleriniň giňişleýin tertipli ýerleşişlerini aňladýar. Ol peptid gruppalarynyň arasyndaky wodorod baglanşyklarynyň galtaşmagy netijesinde emele gelýär. Proteinleriň ikilenji strukturasyny α -spiral, eplenen gatlaklar / β -struktura/, β -önüm ýaly birsyhly /regulyar/ strukturalaryň hasabyna döreýär. Polipeptid zynjyrynyň strukturasynyň talabyna we eksperimental maglumatlaryna laýyk gelýän α -spiral we β -struktura ýaly iki sany esasy konfigurasiýalary jikme-jik öwrenildi.

L. Polingiň eksperimental derňew işleri esasynda globulyar proteinleriň iň ähtimal gurluş tipi α -spiral hökmünde kabul edildi /7-nji sur./. Polipeptid zynjyrynyň towlanmaklygy sagat peýkamjygynyň ugry boýunça amala aşyrylýar. Ol bolsa tebigy proteinleriň L-aminokislota düzümine görä şertlendirilýär. α -Spiralyň /şeýle hem β -strukturasynyň/ döremeginde esasy hereketjeň güýç aminokislotalaryň wodorod baglanşyklaryny emele getirmäge ukyplylygydyr. α -Spiral

strukturasynda birnäçe kanunylyk ýüze çykaryldy. Spiralyň her bir oram sargysynda 3,6 aminokislota galyndysy yerleşýär. Spiralyň ädiminiň /okuň ugry boýunça aralygy/ bir öwrümi 0,54 nm deňdir, onuň bir aminokislota galyndysynyň çägi bolsa 0,15 nm barabardyr. Spiralyň ýokarky galýan burçy 26^0 deňdir. Spiralyň /18 aminokislotadan ybarat bolan/ polipeptid zynjyrynyň struktura konfigurasiýa her 5 oram sargysyndan gaýtalanyp dutýar. Bu bolsa α -spiral strukturanyň meňzeşlik tapgyrynyň gaýtalanmasynyň 2,7 nm barabardygyny aňladýar.





7-nji surat. α -spiralyň strukturasy we 8-nji surat. Polipeptid zynjyrynyň parametrleri. Towlanan spiralyň modeli.

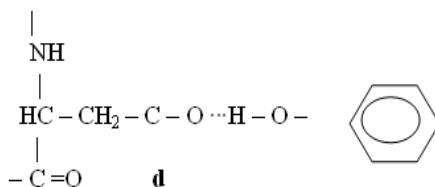
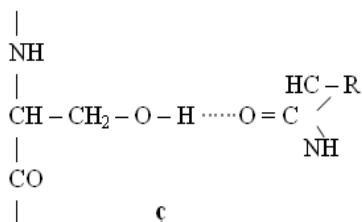
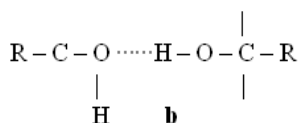
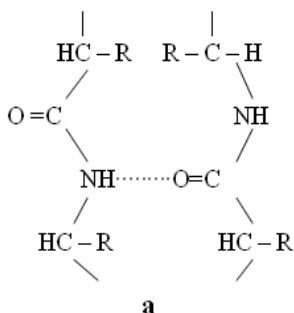
Her bir protein molekulasy üçin, onuň polipeptid zynjyrynyň belli derejede spirallaşmasy mahsusdyr. Zynjyryň spirallaşma derejesi polýarlaşan ýagtylyk tekizliginde udel aýlanmasyny ölçemek esasynda kesgitlenilýär.

Globulyar proteinleriň hemmesiniň polipeptid zynjyry uzaboýuna spirallaşan däldir. Protein molekulasynda α -spiral bölegi göni zynjyry bilen gezekleşip gelýändir. Mysal üçin, gemoglobiniň α we β -zynjyrlarynyň 75%, mioglobiniň 75%, albuminiň 50%, ýumurtga albumininiň 45%, lizosimiň 42%, pepsiniň 30% spirallaşandyr.

Şeýlelik bilen α -spiral – bu proteinleriň ikilenji strukturasyň bir görnüşi bolup, ol bir peptid zynjyrynyň çäginde kadaly spiral şekilli, peptidara wodorod baglanşygy esasynda emele gelýän konformasiýasydyr. Şoňa görä proteinleriň ikilenji strukturasyň /stabilligini/ durnuklylygyny esasan amid we karboksil ($-\text{CO}\dots\text{HN}-$) gruppalarynyň arasynda emele gelýän wodorod baglanşygy üpjün edýändir.

Protein molekulasynda iň möhüm wodorod baglanyşyklary kem-käseýin položitel zaryadlanan kowalent baglanyşan wodorod atomy bilen otrisatel zaryadlanan kowalent baglanyşan kislorod atomynyň arasynda emele gelýär. Aşakda protein molekulasynda duş gelýän wodorod baglanyşyklary mysallarda görkezilendir:

- a) peptid zynjyrlarynyň arasynda;
- b) iki sany gidroksil gruppanyň arasynda;
- ç) tiroziniň ionlaşan (-COOH) gruppasy bilen (-OH) gruppasynyň arasynda;
- d) peptid baglanyşygy bilen seriniň (-OH) gruppasynyň arasynda:

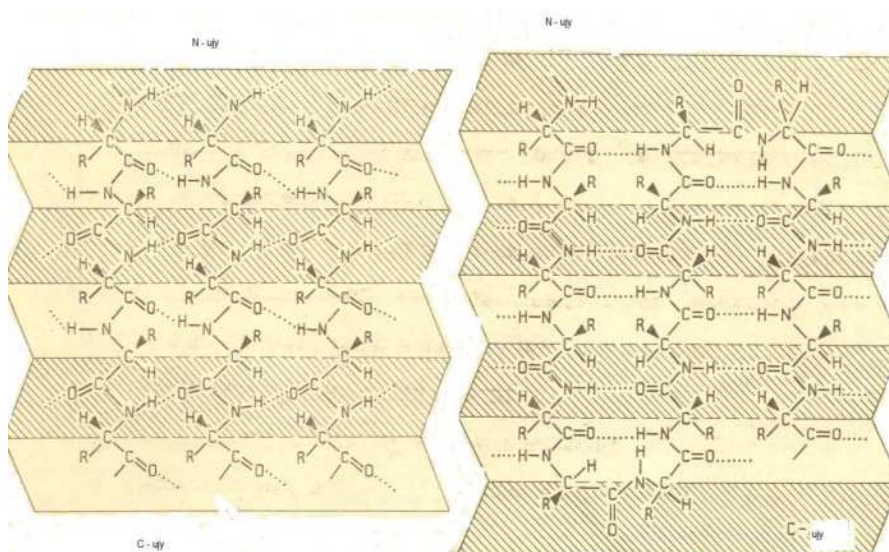


Atom-akseptorlarynyň himiki tebigatyna görä wodorod baglanşyklary özleriniň dürli berklikleri bilen biri-birinden tapawutlanýarlar.

Proteinler molekulasyndaky wodorod baglanşyklarynyň sanyny izotop usuly boýunça kesgitleýärler.

Saçyň, ýüpegiň, myşsalaryň proteinleriniň we fibrillýar proteinleriň polipeptid zynjyrynyň konfigurasiýasynyň ikinji tipi β -strukturadyr.

β -Struktura – bu proteinleriň polipeptid zynjyrynyň ikilenji strukturasynyň bir görnüşi bolup, ol çala epilen konformasiýaly polipeptid zynjyryndan ybarat bolan ýeke ýa-da garyşyk polipeptid zynjyrynyň belli bir böleginiň çäginde peptidara wodorod baglanşygynyň kömegi bilen emele gelýär. /9-njy sur./.



A

B

9-njy sur. Polipektid zynjyrynyň β -strukturasy.

A – parallel β -eplenlen gatlagy. Zynjyryň N-ujy ýokarda, C-ujy aşakda ýerleşendir.

B – antiparallel β -eplenlen gatlagy. Onuň N-ujy çepden ýokarda, C-ujy bolsa sagdan aşakda ýerleşendir.

Şoňa görä peptid zynjyrlarynyň özara anyk ýerleşişlerine /oriýentirlenmegi/ baglylykda olary parallel we antiparallel /9a,b surat/ β -strukturalary boýunça tapawutlandyryýarlar.

Polipeptidiň parallel zynjrlarynda, olaryň N-uçlary bir tarapa gönükdirlendir; antiparallel zynjrlarynda bolsa N-uçlarynyň hersi bir tarapa gönükdirlendir.

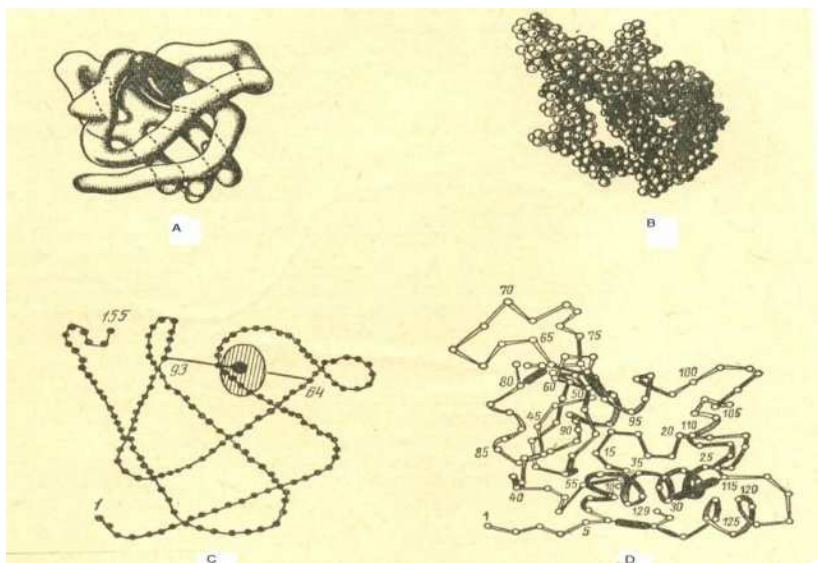
Proteinleriň β -strukturasynda iki we ondan hem köpüräk parallel ýerleşen polipeptid zynjrlary wodorod baglanyşygy bilen berk baglanyşan gatlama-epinli strukturany emele getirýändir. Şol strukturanyň gatlama epinlerindäki tekizligiň aşagynda we ýokarsynda radikallar /R-toparlar/ hatar boýunça gezekleşip ýerleşendir.

Tebigatda gurluşy boýunça α - we β -strukturalaryna laýyk gelmeýän proteinler hem bardyr. Ol proteinlere adam we haýwan organizmlerindäki birleşdiriji dokumalaryň esasy massasyny düzýän fibrillýar proteini – kollagen degişlidir.

Proteinleriň üçülenji strukturasy

Polipeptid zynjrynyň giňişlikde ýerleşiş usulyna proteiniň **üçülenji strukturasy** diýilýär. Proteinleri üçülenji strukturasynda formasy boýunça esasan globulýar we fibrillýar proteinlere bölýärler. Globulýar proteinler ellips görnüşli formada, fibrillýar proteinler bolsa /ýüplük şekilli/ süýndirilen formada bolýandyr. Proteinleriň ilkinji strukturasy, onuň spirallarynyň tipi we spiralyň göni zynjyr

bölegi bilen gezekli utgaşyp gelmegi, barasynda alnan maglumatlar, polipeptid zynjyrynyň göwrümini ýagny onuň giňişleýin ýerleşişini we formasyny kesgitlemäge hiç hili düşünje bermeýärdi. Şoňa görä, alymlaryň öňünde proteinleriň üçmerte gurluşyny ýa-da giňişleýin konfigurasiýasyny kesgitlemek meselesi durýardy. Bu meseläni çözmekde örän ýokary takyklygy bolan rentgenstruktura analizi uly rol oýnady. Bu usul proteinleriň himiýasynda iki sany esasy problemany üstünlikli çözmäge ýardam etdi. Birinjiden, polipeptid zynjyrynda aminokislota galyndylarynyň yzygiderli gezekleşip ýerleşişleriniň kanundygyny; ikinjiden protein molekulalarynyň konfigurasiýasynyň kanundygyny doly suratda kepillendirdi.



10-njy surat. Mioglobiniň /A/, Lizosimiň /B/, ribonukleazanyň /Ç/ we himotripsiniň / D / üçülenji strukturalary.

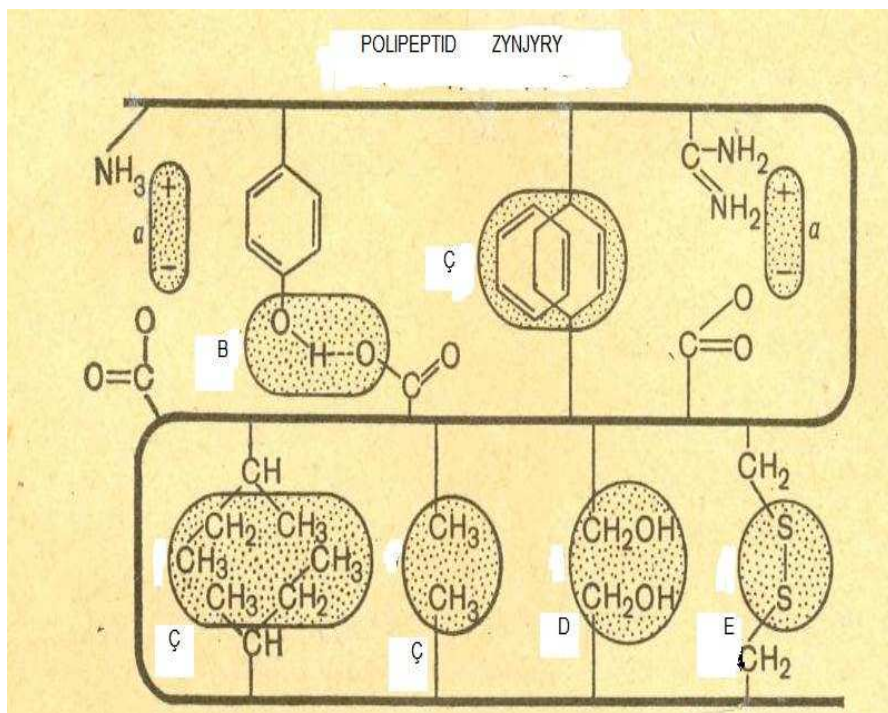
J. Kendrýu tarapyndan rentgenostruktura analizi esasynda mioglobin proteiniň üçülenji strukturasyny şekillendirýän ikilenji modeli döredildi. Aşakda mioglobiniň, ribonukleazanyň, lizosimiň we himotripsiniň üçülenji strukturalarynyň shemada şekillendirilişi görkezilendir (10-njy surat).

Suratlaryň hemmesinde polipeptid zynjyrynyň konfigurasiýasy we gerişleriniň giňişleýin ýerleşşi görkezilendir. Aminokislota galyndylarynyň ýerleşýän ýerleri we tertip nomerleri sanlar bilen görkezilendir.

A – içi ştrihlenen tegelek halka gemdir. B, Ç – (-S-S-) disulfid baglanşyklaryny aňladýar. D – ştrih bilen gistidiniň (başburçlyklar) we seriniň (gysgajyk şaha) gapdal radikallary görkezilendir.

Onçakly uly bomadyk bu proteiniň molekulýar massasy 16700 barabar bolup, onuň ýekeleýin polipeptid zynjyryny 153 sany aminokislota galyndysy düzýändir. Şekillendirilen modelinden (11-nji surat) görnüşi ýaly mioglobiniň polipeptid zynjyry gemiň töwereginde towlanan simjagazy ýada salýandyr. Mioglobiniň esasy funksiýasy myşsalary kislorod bilen üpjün etmekden ybaratdyr.

Proteinleriň üçülenji strukturasyňyň durnuklaşmagynda, aminokislotalaryň gapdal radikallaryňyň arasyndaky baglanşyklary uly rol oýnaýarlar. Bu baglanşyklara berk (kowalent) we gowşak (polýar, Wander-waals) baglanşyklary degişlidir (11-nji surat).



11-nji surat. Protein molekulasyňyň üçülenji strukturasyňyň durnuklylygyny saklaýan kowalent däl baglanşyklar: **a** – elektrostatik

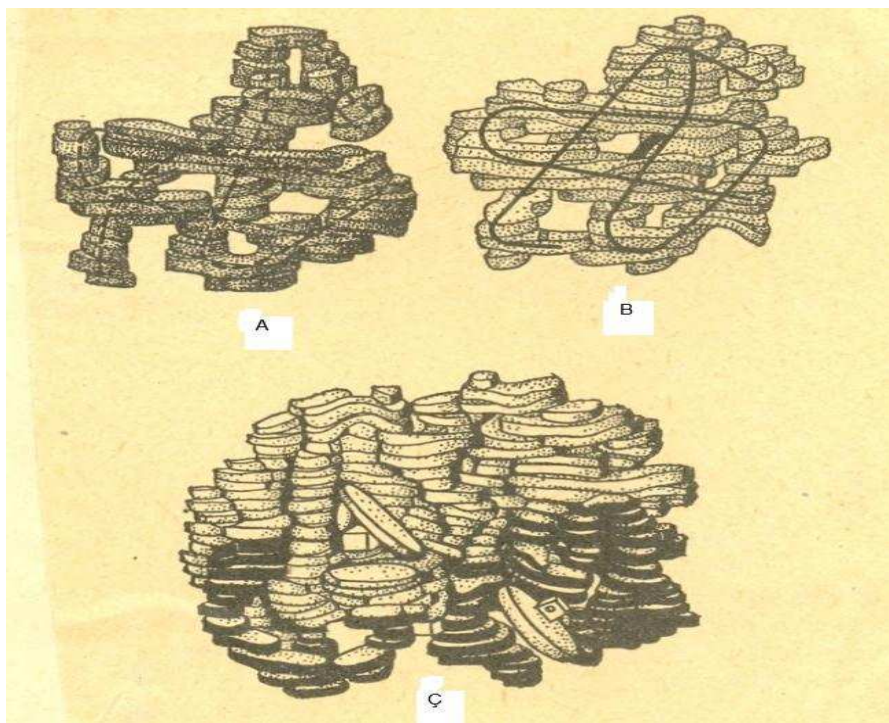
özara täsirleşme; **b** – wodorod baglanşygy; **ç** – gidrofob özara täsirleşme; **d** – dipol-dipol özara täsirleşme; **e** – disulfid baglanşygy.

Häzire çenli, köp ýyllaryň dowamynda geçirilen rentgenstruktura analizi, IG /infra gyzy/, ÝaMR /ýadromagnit rezonansy/ we başgada dürli görmüşdäki fiziki metodlaryň kömegi bilen 250-den gowrak proteinleriň we fermentleriň üçülenji strukturalary anyklanyldy.

Proteinleriň dördülenji strukturasy

Bir sany polipeptid zynjyryndan ybarat bolan protein molekulary dine birlenji, ikilenji we üçülenji strukturalary esasynda gurnalandyr. Emma tebigatda iki we ondan hem köpüräk polipeptid zynjyrlary özara kowalent däl baglanşygy arkaly birleşen ýokary molekulýar massaly /50000 – 100 000-den ýokary/ proteinler duş gelýär. Şeýle proteinleriň her bir polipeptid zynjyrynyň üçülenji strukturasy bardyr. Şoňa görä, bu proteinler üçin **dördülenji struktura** düşüňjesi girizildi. Dördülenji strukturasy bolan proteinlere **oligomer** diýilýär, onuň üçülenji strukturaly her bir polipeptid zynjyryna protomer ýa-da sub-birlik diýilýär.

Protomer /ýa-da sub-birlik/ diýip atlandyrylýan her bir aýratyn polipeptid zynjyrynyň köplenç halatlarda biologik aktiwligi bolmaýar. Proteiniň şeýle ukybyny düzümine girýän protomerleriň belli usulda giňişleýin birleşmegine getirýär. Molekulýar massasy bir näçe müňden 100000 daltona /Da/ çenli oligomer proteinler köplenç protomerleriň jübüt sanlaryndan /2-den 4-e, seýrek ýagdaýlarda 6-dan 8,10,12 ýa-da 24 çenli/ düzüldir. Mysal üçin, gemoglobiniň molekulasy iki sany bir meňzeş α we iki sany hem β –polipeptid zynjyryndan ybaratdyr, ýagny ol tetromerdir /12-nji surat /

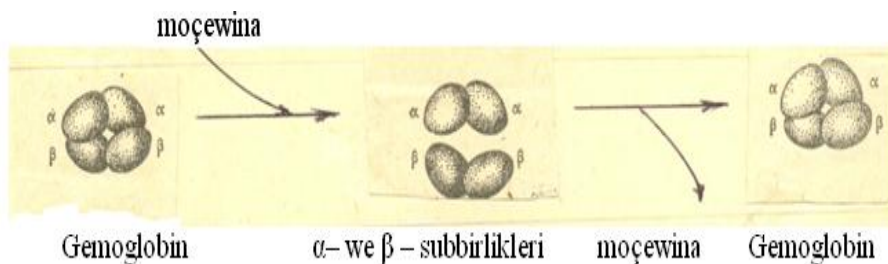


12-nji sur. Gemoglobiniň dördülenji strukturasy: a) Gemoglobiniň α -sub-birligi, b) β -sub-birligi, c) gemoglobiniň oligomer molekulasy (tegelek disklar bilen gem topary aňladylandyr).

Diýmek gemoglobiniň molekulasy dört sany polipeptid zynjyryndan (sub-birlikden α_2 , β_2) ybarat bolup, onuň her biri aýratyn gemiň daşyna gabap alandyr.

Belli şertlerde (duzuň, moçewinanyň täsiri esasynda ýa-da pH sredanyň birden üýtgemeginde) gemoglobiniň molekulasy iki sany α we iki sany hem β zynjyrlara (sub-birliklere) öwrülişikli dissosirlenýär. Bu bolsa wodorod baglansygynyň üzülmegi bilen şertlendirilýär. Soňra duzuň ýa-da moçewinanyň aýrylmany netijasinde gemoglobiniň başlangyç molekulasy öz-özünden assosirlenýär (13-nji surat).

Bu prosesa şu aşakdaky shemada görkezmek bolar:



13-nji surat. Gemoglobin molekulasyň öwrülişikli dissosiasiýasy.

Häzirki wagta çenli roentgenstruktura analiziniň kömegi bilen ýüzlerçe proteinleriň, şol sanda gemoglobiniň molekulasyň dördülenji strukturasy doly suratda kesgitlenildi. Şeýlelik bilen, proteinleriň struktura gurnalýşynyň dördülenji derejesi baradaky düşüňjäni doly suratda tassyklamaga ýeterlik esaslary bardyr.

§ 11. Proteinleriň klaslara bölünişi

Ähli proteinleri iki sany uly topara bölýärler: 1) düzümi dine aminokislotalardan ybarat bolan ýönekeý proteinler ýa-da proteinler; 2) proteinleriň proteinlere deňişli bolmadyk maddalar (uglewodlar, proteinler, nuklein kislotalary, lipidler we ş.m.) bilen birleşmesi – çylşyrymly proteinler ýa-da proteidler.

Ýönekeý proteinler /proteinler/

Ýönekeý proteinleri dürli görnüşdäki eredijilerde ereýjilik häsiýetleri boýunça klaslara bölýärler.

Albuminler. Bu proteinler suwda gowy ereýärler. Suwdaky erginlerini aram duzlar /ammoniy sulfaty/ bilen doýdurylanynda çökündi bolup düşýärler. Gyzdyrlanda bolsa olar lagta-lagta çökündä öwrülýärler.

Albuminler tebigatda giňden ýaýran proteinlerdir. Olara mysal edip ýumurtga proteini – owalbumini, süýdüň düzümindäki – laktalbumini, gan plazmasynyň albumini, ösümliklerde düş gelýän albuminler toparyna degişli bugdaý tohumynyň düwünçejiğinden alynan – leýkozini, nohudyň tohumyndan alynan – legumelini we başgalary görkezmek bolar. Albuminler az mukdarda gök otlaryň düzüminde hem düş gelýärler. Leýkazin we legumelin ýaly ösümlik albuminleri birnäçe protein garyndysyndan ýa-da kompleksinden ybarat bolup, olar käbir fermentativ aktiwliklerini hem ýüze çykaryrlar. Häzire çenli birnäçe albuminler kristal görnüşinde alyndy.

Globulinler. Suwda eremeýärler, ýöne aram duzlaryň suwdaky gowşak erginlerinde gowy ereýärler. Emma şol duzlaryň konsentirlenen erginleri globulinleri çökündi görnüşinde çökdüriýärler.

Köplenç halatlarda globulinleri dürli obýektlerden bölüp almak üçin erediji hökmünde hlorly natriniň 10%-li ýyly ergini ulanylýar. Ösümlik tohumlaryndaky proteinleriň esasy bölegi

globulinlerdir. Aýratyn hem olar kösükli we medeni ýag ösümlikleriň tohumlarynda köpdür. Olara mysal edip, nohutdan alynan – legumini, noýbadan – fazeolini, kenepden – estedini, soýadan – glisinini we başgalary görkezmek bolar. Haýwanlardan alynýan globulinlere süýtdäki – laktoglobulin, uýan gandaky – fibrinogen degişlidir.

Prolaminler. Proteinleriň bu topary galla ösümliklerinde köp duş gelýär. Prolaminler 60-80%-li etil spirtinde gowy ereýärler. Olaryň düzüminde prolin we glutamin kislotasy köpdür, lizin, arginin we glisin ýaly kislotalar bolsa az mukdardadyr. Ösümlik prolamilerine bugdaý tohumyndan alynan – gliadin, arpadan – gordein, mekgejöwen dänesinde – zein, sorgodan – kafirin, süleden – owein we başgalar degişlidir. Bu prolaminiň hemmesi özlerniň düzümi we molekulýar massasy boýunça tapawutlanýan proteinleriň kompleksidir. Prolaminleri arassa görnüşinde, uny 70%-li etil spirit bilen ekstragirlän soňra ol spirti wakuumda bugarmak /peregodka/ bilen alynýar. Alynan ýelim şekilli goýy massany täzeden spirtde eredip, ondan asetonyň köpüräk mukdary bilen arassa prolamini çökdürüp soňra süzgüçden süzüp guradýarlar.

Glýutelinler. Aşgar erginlerinde /0,2-2% NaOH/ gowy ereýärler. Bu proteinler hem galla ekinleriniň tohumlarynda we beýleki medeni ösümliklerde duş gelýär. Iň gowy öwrenilen glýutelinlere bugdaý tohumyndan alynan – glýutelin, tüwiden – orizenin, mekejöwenden

alynan glýutelin we başgalar degişlidir. Bu proteinler hem özleriniň düzümine girýän aminokislotalary we molekulýar massalary boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar.

Gistonlar. Bu proteinler esas häsiýete eýedir, sebäbi olaryň düzüminde arginin, lizin we gistidin ýaly aminokislotalar agdyklyk edýär. Molekulýar massasy 12000-30000 Da: Gistonlar kislotalaryň gowşak ergininde /0,2 n HCl/ ereýärler, ammiakda we spirtde çökündi bolup çökyär.

Gistonlar esasan haýwanlaryň ösümlükleriň öýjükleriniň ýadrosynda duş gelyärler we hromatiniň strukturasynda möhüm rol oýnaýarlar.

Protaminler. Pes molekulýar massaly /1000-12000 Da/, esas häsiýetli proteinlerdir. Protaminler hem gisronlar ýaly kislotalaryň gowşak erginlerinde ereýäler we gyzdyrylanda çökündä öwrülýärler. Olaryň molekulasyň 80%-I esas häsiýetli aminokislotalarydyr, aýratyn hem arginin köp mukdardadyr. Protaminler tebigatda örän giňden ýaýrandyr. Olar adamynyň we haýwanlaryň jyns öýjüklerinde duş gelyärler we hromatin proteinleriň esasy massasyny düzýärler. Protaminler dezoksiribonuklein kislotalaryna /DNK/ biohimiki inertlik bermek bilen, organizmiň nesile geçiljilik häsiýetlerini saklamaga zerur bolan şetrleri döredýär.

Protaminler jyns öýjükleriniň sitoplazmasynda spermatogenez prosesi netijesinde sintezlenen, soňra fosforirlenýär we öýjük ýadrosyna aralaşýar. Şeýlelikde jyns tohumy ösüp ýetişdigiçe nukleoproteindäki gistonlary gysyp çykarýar we DNK bilen berk kompleks emele getirýär. Şoňa görä, şýözara täsirleşme netijesinde organizmiň nesile geçiljilik häsiýetleri zyýanly hadysalaryň täsirinden goralýar. Protaminler balyklaryň tohumynda köp mukdarda duş gelýär. Olara mysal edip azatmahy /gyzyl balyk/ balygynyň tohumyndan alynan – salmini, sýomga balygynyň tohumyndan alynan – selmini, takgaz balygynyň tohumyndan alynan – kupeini görkezmek bolar. Protaminler ösümlik dünýäsiniň wekillerinden hem tapyldy.

Protenoidler. Örän kynlyk bilen ereýän fibrillýar proteinler bolup olar köp mukdarda kükürt saklaýarlar. Protenoidlere ýüpek proteini – fibroin, saç proteini – keratin, birleşdiriji dokumalaryň proteini – kollagen, deňiz gubkolarynyň proteini – snopgin we başgalar degişlidir.

Çylşyrymly proteinler /Proteidler/

Ýönekeý proteinleriň, proteinlere degişli bolmadyk maddalar bilen emele getirýän birleşmelerine çylşyrymly proteinler diýilýär.

Şoňa görä olaryň proteinlere degişli bolmadyk maddalaryna prostetip /gruppasy/ topary diýilýär /grekçe *prostheto* – birleşýärin, goşulýaryn. /. Prostetik gruppalar protein molekulasy bilen örän berk baglanşykda bolýarlar.

Proteidleriň düzümine girýän prostetik toparynyň himiki tebigatyna görä, hromoproteidlere, nukleoproteidlere, glikoproteidlere, lipoproteidlere, fosfoproteidlere we başgalara bölýärler.

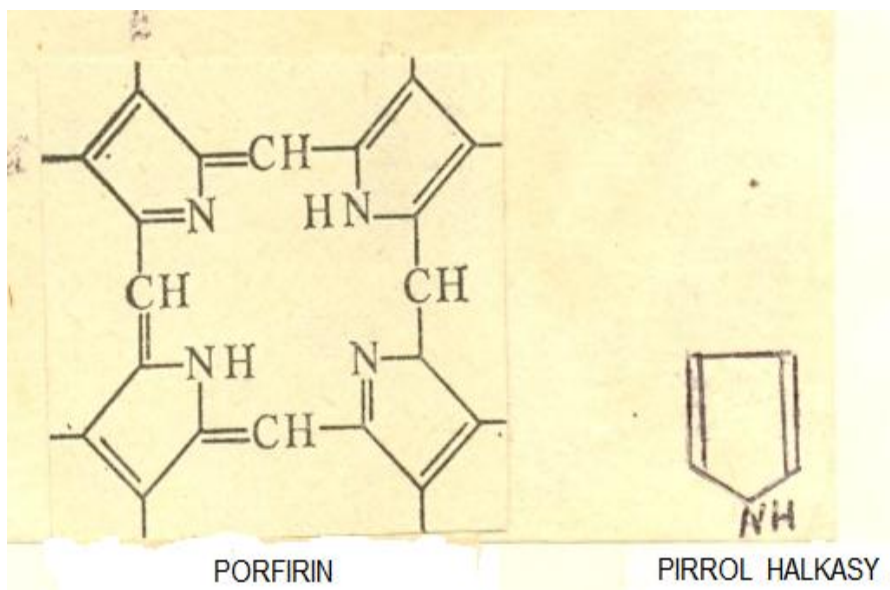
Hromoproteidler*. Ýönekeý proteinler dürli görnüşdäki reňkli maddalar /pigmentler/ bilen birleşip hromoproteidleri emele getirýärler. Şoňa goä pigmentler hromoproteidleriň prostetik toparydyr. Hromoproteidler örän möhüm biologik funksiýalary yerine ýetirýärler, olar fotosintez, öýjükleriň dem alşy we organizmiň bitewiligini saklamak, kislorody we uglerody goçurmek, okislenme-gaýtarylma reaksiýasy, ýagtylygy we reňki kabul etmek ýaly birnäçe düýpli, ýaşagyň örän wajyp proseslerine gatnaşýarlar.

Hromoproteidler ösümlük we haýwan organizmlerinde örän giňden ýaýrandyr. Olaryň arasynda gemogloblin aýratyn ähmiýete eýedir. Ol, adam we haýwan organizmlerindäki gyzyň gan öýjüklerinde /eritrosidlerinde/ bolmak bilen, ähli öýjükleri kislorod bilen üpjün edýär we kömür kislotasyny geçirmäge gatnaşýar. Şoňa görä,

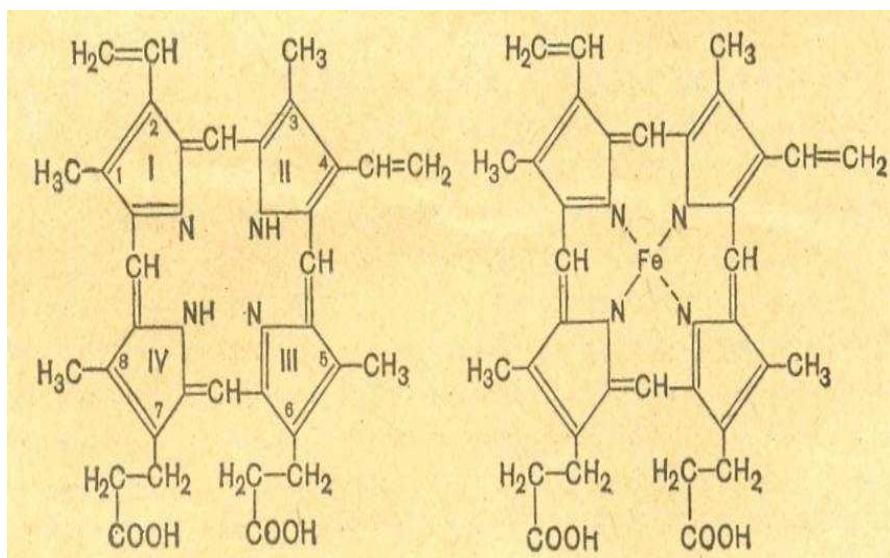
gemoglobin ganyň dem alyş funksiýasynyň molekulýar esasyňy düzýär.

*Häzir çylşyrymly proteinleriň tipleri hromoproteinler, glikoproteinler, lipoproteinler we ş.m. ýaly atlandyrylýar.

Gemoglobiniň düzümine ýönekeý protein-globin we dört sany GEM-den ybarat bolan prostetik topary /gruppasy/ girýändir. Gem – çylşyrymly madda bolup, onuň molekulasynda metin ($=CH-$) gruppasy arkaly özara birleşen dört sany pirrol halkasy we demir /II/ atomy bardyr. Gemiň esasyňy dört sany pirrol halkasy düzýär we ol porfirin diýip atlandyrylýar.



Porfirin 1,3,5 we 8-nji ýagdaýlarynda metal gruppasyny ($-\text{CH}_3$), 2 we 4-nji ýagdaýlarynda winil ($-\text{CH}=\text{CH}_2$) radikalyny, 6 we 7-nji ýagdaýlarynda bolsa propion kislotasynyň radikalyny ýerleşdirip protoporfirini emele getirýär. Protoporfirin bolsa özüniň merkezinde demir /II/ atomyny birleşdirip gemiň molekulasyny emele getirýär. Oňa demir porfirini hem diýilýär.

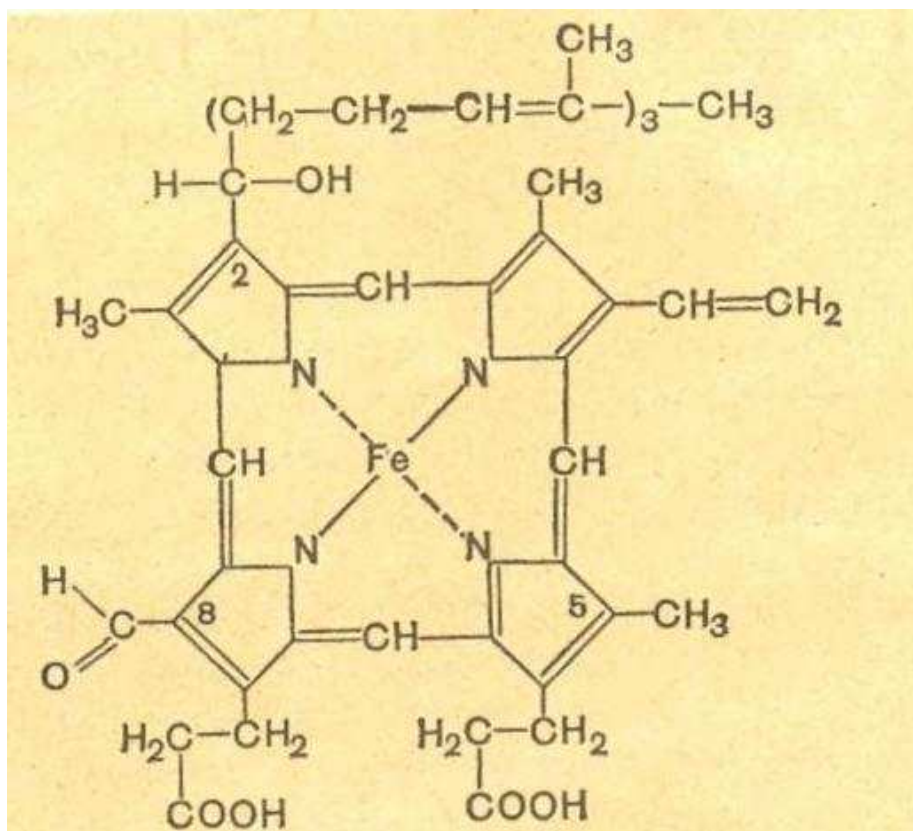


Protoporfirin IX

Gem

A-shema

Gem, gem-porfirin görünüşünde ýeke bir gemoglobiniň we onuň önümleriniň prostetik gruppasy bolman, eýsem ol mioglobiniň, katalazanyň, peroksidazanyň we sitohromlaryň /a, c we c₁/, şeýle hem sitohromoksidaza diýip atlandyrylýan integral kompleksiniň düzümine girýän a we a₃ sitohromlary hem a gemini saklaýandyr: oňa formilporfirin hem diýilýär.

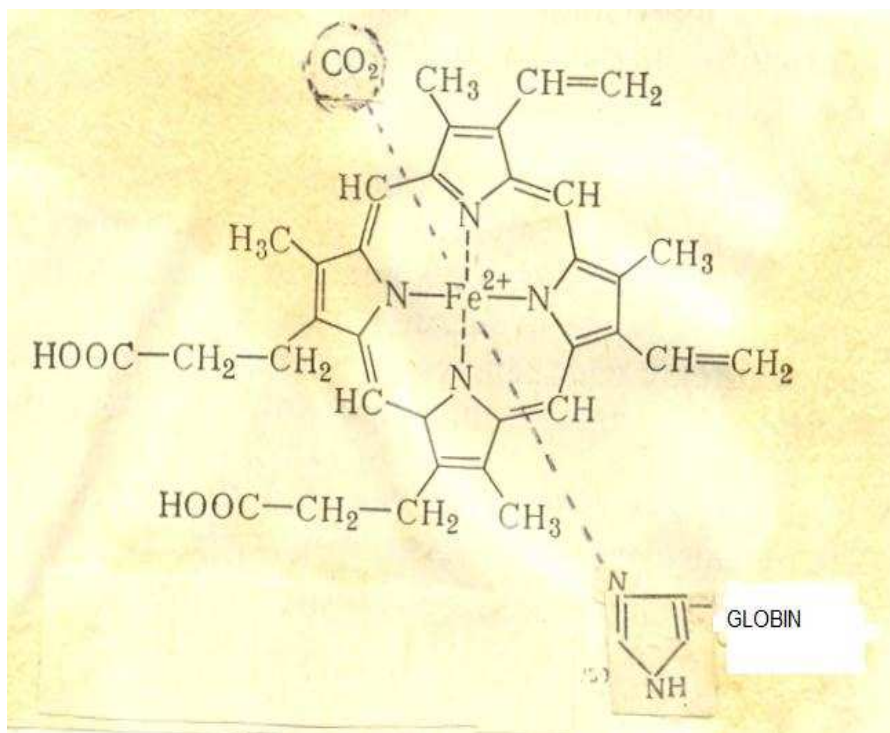


A gemi (Formilporfirin)

B-shema

A Gemi (8-nji ýagdaýda) metil toparynyň deregine formil toparyny we (2-nji ýagdaýda) winil radikalynyň deregine bolsa

izoprenoid zynjyryny saklaýar. Demir özüniň dört sany baglanşygy arkaly porfirin bilen kompleks emele getirýär. Gemoglobiniň we sitohromlaryň molekulalaryndaky demiriň galan 5-nji we 6-njy koordinasion baglanşyklary bolsa protein komponentleri bilen dürli ýagdaýlarda baglanyşýarlar. Hususan hem gemoglobinlerde (we mioglobinde) demir özüniň başinji koordinasion baglanşygy arkaly protein molekulasyndaky gistidiniň imidazol gruppasyna birleşýär (B-shema). Demiriň altynjy koordinasion baglanşygy bolsa kislorody birleşdirmek üçin bellenedir. Ol bolsa oksigemoglobiniň, oksimoglobiniň ýa-da ligandlaryň emele gelmegine getirýär.

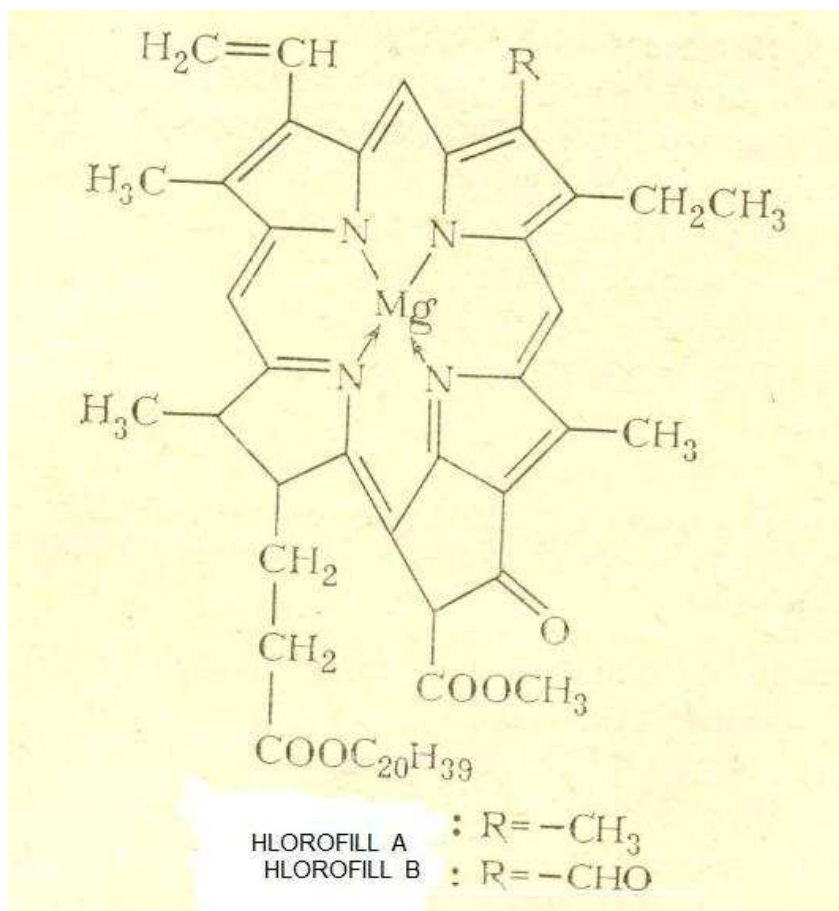


Ç-shema. Gemoglobiniň molekulasýnda gem bilen globiniň baglanyş shemasy.

Sitohromlarda demiriň 5 we 6-njy koordinasion baglanyşyklary protein molkulasýndaky gistidiniň we metioniniň galyndylary bilen birleşendir /C – sitohromynda bolsa ol baglanyşyklardan başgada gem molekulasyndaky bar bolan iki sany winil radikallary /gruppalary/ sisteiniň galyndylary bilen birleşendir/.

Ösümlük dünýäsinde reňk beriji maddalarda hlorofill degişlidir. Hlorofill ösümlükleriň hloroplastynda emele gelyän ýaşyl reňkli pigmentdir. Oňa fotosintetik pigmenti hem diýilýär.

Ç. Darwiniň aýtmagyna görä, hlorofill janly tebigatyň iň täsin organiki birleşmeleriniň biridir. Häzirki /wagta/ döwürde çenli M.W. Nenskiniň, K.A. Timirýazewiň, M.S. Swetin, R. Wilşetteriň we G. Fişeriň ajaýyp işleriniň netijesi esasynda hlorofilliň häsiýetleri dolý suratda öwrenildi. Ösümlükleriň ýapraklarynda a we b, suwotylarda c we d hlorofilleri bardyr. Käbir bakteriýalardan ösümlük we suwotylardaky hlorofillere meňzeş – bakteriohlorofill bölünip alyndy. Hlorofilliň molekulasyndaky pirrol halkalarynyň dört sany azot atomy, onuň merkezinde ýerleşen magniý atomy bilen koordinirlenendir. Şoňa görä, hlorofille magniý-porfirin hem diýilýär. Hlorofilliň halkalaýyn porfirin strukturasy gemiň strukturasyndan birnäçe parametrleri boýunça tapawutlanýandyr: 1) pirrol halkalarynyň biri kem-käsleýin gaýtarylandyr; 2) pirrol halkalarynyň biri siklopentanon halkasy bilen birigendir; 3) Hlorofilliň molekulasyndaky gapdal kislota galyndylarynyň ikisi hem efirleşendir, gemiň molekulasynda bolsa ol kislotalar erkindir. Hlorofilde ol kislotalaryň biri metal efirini, beýlekisi fitol ($C_{20}H_{39}OH$) efirini emele getirýändir. a-Hlorofilliň struktura formulasyny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:



b-Hlorofilliň struktura formulasynda porfiriniň II pirol halkasyndaky metal ($-\text{CH}_3$) gruppasy aldegid ($-\text{CHO}$) gruooasy bilen

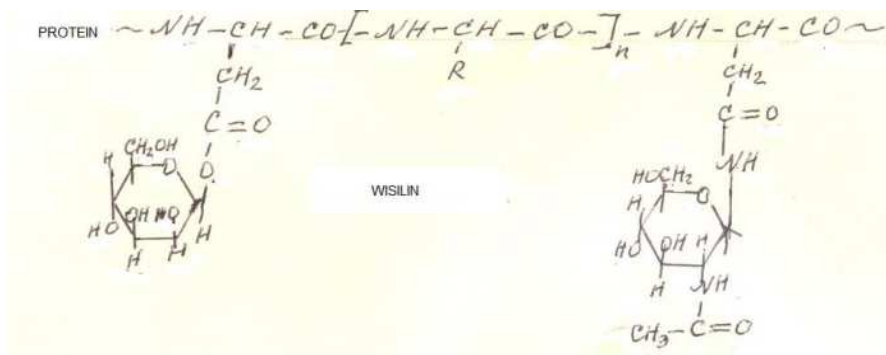
çalşyrylandyr we onuň a-hlorofillindwen tapawudy hem şondan ybaratdyr.

Ösümliklerde hlorofiller protein molekulalary bilen kompleks emele getirýärler we fotohimiki reaksiýalara gatnaşýarlar.

Glikoproteidler. Glikoproteidleriň prostetik topary uglewodlardan we olaryň önümlerinden ybarat bolup, bu komponentler molekulanyň protein bölegi bilen örän berk baglanşandyr. Uglewodlar köplenç halatlarda glikoproteidleriň düzüminde ýokary molekulýar birleşmeler bolan polisaharidler görnüşinde duş gelýärler. Şeýle polisaharidler gidroliz netijesinde glýukoza, mankoza, galaktoza, geksozaminlere /glýukozamin, galaktozamin/, pentozalara /arabinoza, ksiloza/ we ş.m. monosaharidlere we olaryň önümlerine dargaýarlar.

Uglewodlar protein molekulasyndaky arginin, treonin, serin, oksiprolin ýaly aminokislota galyndylaryna kowalent baglanşygy arkaly birleşýäler.

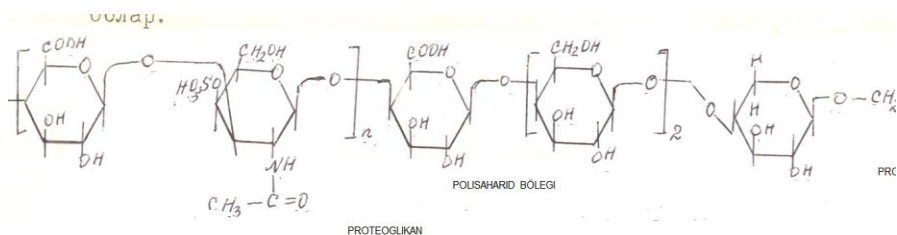
Glikoproteidler haýwan organizmlerinde, ösümliklerde we mikroorganizmlerde duş gelýärler. Ösümlik glikoproteidlerine mysal edip noýba tohumyndan alynan /ätiýaç proteini/ - wisilini görkezmek bolar. Onuň molekulasynda prostetik topar hökmünde mankoza we N-asetilglýukozamin girýändir. Bu monosaharidler degişlilikde O-glikozid we N-glikozid baglanşyklary arkaly protein molekulasyndaky asparaginiň galyndysyna birleşendir.



Haýwanlarda duş gelýän glikoproteidlere musinler we başgalar deňişlidir. Musinler tüýkülikde, aşgazan şirelerinde we beýleki şirelerde duş gelýän süýgeşik maddalardyr. Olar iýmit bişiriji organlaryň üstki gatlagyndan iýmitleriň ýeňillik bilen geçmegi üçin amatly şertleri döredýär. Şonuň bilen bir hatarda olar aşgazany we içegeleri beýleki gyjyndyryjy maddalaryň täsirinden hem goraýarlar.

Musiniň gurluşyny köp sanly alymlar öwrenipdir. Hususan hem goçuň äň mázlerinden alynan musiniň uglewod bölegi nemes himigi we biohimigi A.Gottşlak tarapyndan ýeterlik derejede anyklanylypdyr. Onuň molekulasy galaktozadan, N-asetilgalaktozaminden, N-asetilneýtramin kislotasyndan we fukozadan düzülen O-glikozid zynjyryndan ybaratdyr.

Ozal bellenişi ýaly glikoproteidleriň prostetik topary polisaharidlerden ybarat bolan glikoproteidlere mysal edip proteoglikany görkezmek bolar. Onuň molekulasyňyň protein bölegindäki serin aminokislotasyňyň galyndysyna hondroitinsulfat polisaharidi kowalent baglansygy arkaly berk baglanşandyr. Proteoglikanyň strukturasynyň fragmentini şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:



Struktura formulasyndan görnüşi ýaly proteoglikanyň prostetik topary bolan hondroitinsulfatyň düzümine glýukuron kislotasy, N-asetilgalaktozaminsulfat, β -galaktoza we ksiloza ýaly monomerler girýändir.

Lipoproteidler. Lipoproteidler – proteinleriň we lipidleriň kompleks birleşmeleridir. Olar ähli biologik membranalaryň struktura esaslaryny düzýärler, şeýle hem erkin halnda gan plazmasynda we limfasynda duş gelýärler.

Lipoproteidler bagyrda we ýogyn içegäniň diwarjyklarynda emele gelyärler we olar lipidleriň metabolizminde we transportynda esasy orny eýeleýärler.

Soňky ýyllarda lipidleriň himiki tebigatyny we strukturasy anyklamakda belli derejede üstünlik gazanyldy. Çylşyrymly proteinleriň bu klasy ýönekeý proteinden we prostetik gruppasy – haýsydyr bir lipidden ybaratdyr. Hususan hem, lipoproteidleriň düzümine aram ýaglar, erkin ýag kislotalary, fosfolipidler, holesteridler girýändir.

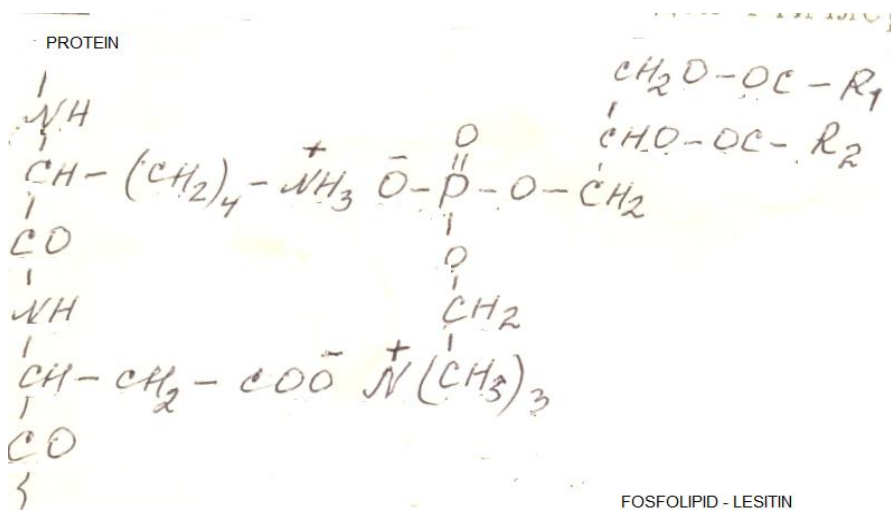
Adam ganyndaky lipoproteidleri dykzyzlygy boýunça biri-birinden tapawutlanýan dört fraksiýa bölýärler. Bu lipoproteidleriň dykzyzlygy molekuladaky protein we lipid komponentleriniň dürli gatnaşygy bilen baglydyr. Lipoproteidleriň birinji fraksiýasy ýokary dykzyzlykly lipoproteidler /Ýo.D.L/ ýa-da α -lipoproteidler bolup, olaryň takmynan 52% proteinden we 50% lipidlerden, esasan hem holesteridden we fosfolipidlerden ybaratdyr.

Ikinji fraksiýasy pes dykzyzlygy bolan lipoproteidler /P.D.L/ ýa-da β -lipoproteidler. Bu lipoproteidleriň takmynan 25% proteinden we 75% lipidlerden, esasan hem holesteriniň efrilerinden ybaratdyr. Üçünji fraksiýasy örän pes dykzyzlygy bolan lipoproteidler /ÖPDL/. Lipoproteidleriň bu fraksiýasynyň takmynan 10% proteinden 90% lipidlerden, esasan hem trigliseridlerden ybaratdyr. Dördünji

fraksiýasy hilomikronlar, bu lipoproteidleriň 2% protein we 98% lipidlerden ybaratdyr.

Protein komponentiniň lipidler bilen baglanyş mehanizmi barasynda ýeterlik maglumatlar bardyr. Lipoproteidleriň emele gelmegi üçin onuň lipid komponentinde ionlaşan atomlar toparynyň barlygyny ýa-da ýoklygyny kesgitleýän dürli tebigatly kowalent däl güýçler gatnaşýarlar.

Eger-de lipoproteidleriň emele gelmegi üçin fosfolipidler gatnaşýan bolsa, onda olar bilen protein molekulasyň arasynda ion tipli baglanyşyk emele gelýär /D-shema/. Şeýle hem protein molekulasyň we lipid komponentleriniň /mysal üçin, ýag kislotalarynyň radikallarynyň/ polýar däl gruppalarynyň arasynda gidrofob özara täsirleşmäniň bardygy subut edildi. Ýöne köplenç lipoproteidlerde biomembrananyň ýokary derejede tertibe salynan protein-lipid strukturasyň emele gelmegini goldaýan dürli görmüşdäki kombinirlenen kowalent däl güýçler hereket edýärler.

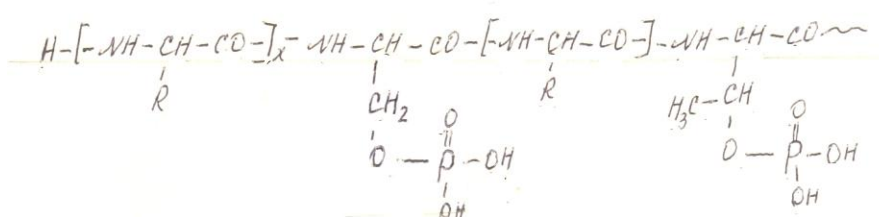


D-shema. Lipoproteidde protein bilen lipidiň arasynda ion tipli baglanşygyň mele gelişi.

Lipoproteidlere öýken dokumalarynyň tromBölümlastik proteini ýumurtga sarysynyň lipowittelini, süýtdäki birnäçe fosfolipidler we beýlekiler degişlidir.

Fosfoproteidler. Bu proteinleriň düzümine goşmaça gruppа hökmünde fosfor kislotasynyň galyndysy girýändir. Ol protein molekulasyndaky seriniň we treoniniň gidroksil gruppalary bilen özara täsirleşip çylşyrmly efir baglanşygy arkaly birleşendir.

Şoňa görä fosfoproteidleriň struktura gurluşyny umumy görmüşde şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:



Fosfoproteidleriň esasy wekilleriniň biri süýdüň düzümindäki kazein proteinidir. Onuň düzümindäki fosfor kislotasynyň mukdary 1%-e barabardyr. Ýumurtga sarysyndan alynan witellin, witellinin, foswitin we ýumurtga proteindäki owalbumin, balygyň tohumyndan alynan ihtulin we beýlekiler hem fosfoproteidlere degişlidir. Fosfoproteinlere köp mukdarda merkezi nerw sistemada /MNS/ bardyr. Fosfoproteidler fosfor saklaýan birleşmeleriň biohimiýasynda ýeke bir struktura gurnalşynyň özboluşlylygy bilen çäklenmän, eýsem olar madda çalyşma prosesinde örän giň gerimli biologik funksiýalaryny ýerine ýetirýändir.

Nukleoproteidler. Nukleoproteinler ýönekeý proteinlerden we nuklein kislotalaryndan ybarat bolan çylşyrymly proteinlerdir.

Nukleoproteidler öýjükleriň ählisinde duş gelýärler, çünki olar ýadro materiallarynyň we sitoplazmanyň iň zerur komponentleridir.

Tebigatda nukleoproteidleriň dezoksinukleoproteidler /DNP/ we ribonukleoproteidler /RNP/ ýaly iki tipi duş gelýär. Olar özleriniň düzümi, möçberi we fiziko-himiki häsiýetleri boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar. Nukleoproteidler haýwanlarda we ösümliklerde kesel döredýän iň owunjak wiruslaryň düzüminiň esasy komponentidir. Nukleoproteidleriň protein komponentleri gistonlar we protaminlerdir. Kä halatlarda nukleoproteidleriň düzümine beýleki proteinler hem girýändir. Dürli nukleoproteidlerde nuklein kislotalarynyň mukdary 40-65% barabardyr. Wiruslarda bolsa olaryň mukdary umumy massanyň 2-5%-ne barabardyr.

BÖLÜM 3. FERMENTLERİN UMUMY HÄSİYETNAMASY

Fermentler – protein tebigatly biologik katalizatorlar /boikatalizatorlar/, bolup olar ähli janly organizmleriň öýjiklerinde emele gelýärler. Şeýlelikde fermentler organizmde ýaşayan esasy bolan münlerçe himiki reaksiýalary kataliki tizleşdirýärler. I.P.Pawlow fermentlere “ýaşayşyň oýandyryjysy” diýip erän ýerlikli kesgitleme beripdir.

Häzirki wagtda, alymlar fermentleriň gurluşyny, işleýiş mehanizmlerini we fermentatiw aktiwligini sazlamagy /regulirlemegi/ öwrenmeklige uly üns berýärler. Fermentlere şeýle üns berilmegi tötänden däldir. Sebäbi fermentlere organizmiň öýjikleriniň esasy komponentleri bolup, olar ýaşayşa işjeňlik protesine örän ýakyndan baglydyr. Aşgazanda iýmit önümleriniň siňdirilmegi we öwrülmeleri fermentleriň gatnaşmagynda amala aşyrylýär. Janly organizmleriň dokumalaryndaky proteinleriň, nukleýin kislotalarynyň uglewodlarynyň, ýaglaryň, gormonlaryň we beýleki maddalaryň sintizleri we dargamaklary fermentleriň täsiri astynda geçýändir.

Her bir janly organizmde bolup geçýän funksional ýagdaýlar bolan dem alyş, myşsalaryň ýygrylmasy, nerw-psihiki işjeňligi, jandarlaryň köpelişi we ş.m. göniden – göni degişli ferment

sistemalarynyň täsiri esasynda geçýändir. Janly organizmlerde yzygiderli bolup geçýän maddalaryň çalyşmasynyň özüni, fermentleriň täsiri bilen amala aşyrylýan biohimiki reaksiýalaryň jemleridir.

Biokatalizatorlar /fermentler/ özleriniň dürli alamatlary boýunça organiki däl katalizatorlardan düýp göter tapawutlanýandyr.

Birinjiden, biokatalizatorlar örän mylaýym /ýumşak/ şertlerde adaty temperaturada, normal basyşda, ýokary bolmadyk pH-sredada we ş. m. ýokary derejede aktiwlik bilen “işleýärler”. Mysal üçin organiki däl katalizatorlaryň /güýçli kislotalaryň ýa-da aşgarlaryň/ kömegi bilen proteinleri aminokislotalara bölmek üçin gidroliz geçirlende 100⁰ C –deň hem ýokary temperaturada we onlarça sagat wagty talap edýän bolsa, biokatalizatorlaryň gatnaşmagynda bu proses bary ýogy 30-40⁰ C-de we onlarça minutda amala aşyrylýär.

Ikinjiden, fermentleriň organiki däl katalizatorlardan aýratynlygy, olaryň örän ýokary derejede spesifiki täsir edijiligidir, ýagny her bir ferment adatça belli bir reaksiýany ýa-da şol bir tipdäki reaksiýalar toparyny katalik taýdan tizleşdirmäge ukyplydyr.

Fermentleriň, organiki däl katalizartorlardan ýene-de bir aýratynlygy, olar proteinlere degişliligidir, ýagny termolabilligi, aktiwligiň pH-sreda baglylygy, ingibitorlyk we aktiwatorlyk we ş.m.

ýaly proteinlere mahsus bolan häsiýetlere eýe bolmagyndan ybaratdyr.

§ 1. Kataliz barada düşünje

Reaksiýanyň ahyryna çenli himiki taýdan üýtgemän şol prosesse gatnaşýan dürli maddalaryň /katalizatorlatynyň/ täsiri esasynda himiki reaksiýanyň tizlik derejesiniň üýtgemesine – kataliz diýilýär.

Eger-de katalizatoryň goşulmagynda himiki reaksiýanyň tizligi artýan bolsa oňa položitel, peselýan bolsa otrisatel kataliz diýilýär.

Katalizatorlary himiki tebigaty boýunça organiki we organikidäl katalizatorlara bölýärler. Biologiki katalizatorlar bolan fermentler hem organiki katalizatorlara degişlidir. Maddalar özara reaksiýa gireninde, katalizatorlaryň täsirine düşünmek üçin, ilki bilen kataliz sözünüň düýp manysyna gysgaça seredeliň. Her bir himiki reaksiýanyň tizligi, reaksiýa girýan maddalaryň aktiv molekulalarynyň biri-biri bilen öz-ara çaknyşmalarynyň sanyna baglydyr. Özünde belli energiýa ätiýäçligi bolan molekulalara aktiwleşen mollekulalar diýilýär. Şeýle molekulalaryň özara täsiri, haçanda bu mollekulalaryň ätiýäçlyk energiýasy olaryň arasynda energetik päsgeçiligi diýip atlandyrylýan iteriş güýji ýeňip geçende amala aşyrylýar.

Eger-de reaksiya giryan molekularyň energiya derejesi energetik päsgelçiligiň derejesinden ýokary bolsa, onda reaksiya geçip bilýär, eger-de energiya ätiýäçlygy energetik päsgelçilikden pes bolsa, onda reaksiya geçip bilmeýär. Bu ýagdaýda reaksiyanyň geçmegi üçin molekulary aktiwleşdirmek zerurdyr. Onuň üçin goşmaça energiya bermek bilen, molekularyň energiya potensialynyň jemi birneme ýokarlandyrylýär. Şoňa görä, berilen goşmaça energiýanyň, mukdaryna bolsa aktiwleşme energiýasy diýilýär. Molekullary aktiwleşdirmek üçin gyzdymak, basyşy ýokarlandyrmak, şöhlendirmek /şöhle goýbermek/ ýaly birnäçe usullar ulanylýar.

§ 2. Fermentleriň himiki tebigaty

Fermentleriň himiki tebigatyny öwrenmekde geçirilen köp sanly ylmy tejribeleriň netijesinde olaryň proteinlere deňişlidigi anyklanyldy. Şeýlelik-de, fermentler ýa-da yönekeý proteinler /bir komponentli fermentler/ ýa-da çylşyrymly proteinler iki we köp komponentli fermentler/ bolup, olaryň strukturasynyň belli bir ýerinde aktiw merkezi bardyr. Şoňa görä, fermentler adaty proteinlerden tapawutlanýarlar.

Bir komponentli fermentleriň düzümine diňe aminokislotalar girmek bilen, olara peptid-peptidogidrolazalar /tripsin, himotripsin, pepsin, we papain/, ribonukleaza, ureaza we başgalar deňşlidir.

Iki we köp komponentli fermentleriň düzüminde protein komponentinden /aminokislotalardan/ başga-da organiki molekulalardan, metal ionlaryndan ýa-da organiki molekulalaryň we metal ionlaryň kombinasiýasyndan ybarat bolan protein däl bölegi hem bardyr. Şoňa görä, fermentleriň protein däl bölegine koferment ýa-da prostetik gruppa diýip atlandyrylar. Fermentleriň protein däl bölegine vitaminler, mononukleotidler, nukleozidtrifosfatlar, mineral maddalar ýaly birleşmeleriň girmegi mümkindir.

Fermentleriň protein komponentine apoferment diýilýär. Fermentleriň apofermentlerden we kofermentlerden ybarat bolan bütewi molekulasy holoferment diýilýär.

Köp komponentli fermentleriň koferment /prostetik/ gruppasy adatça fermentleriň aktiw merkeziniň düzümine girýär.

Fermentleriň molekulýar massasy onlarça münden bir näçe milliona barabardyr /1-nji tabl/.

Her bir ferment özüniň düzümindäki aminokislotalaryň sanyna olaryň ferment molekulasynda yzygiderli tertipde ýerleşişlerine we özleriniň giňişleýin struktura gurluşlaryna görä biri-birinden tapawutlanýandyr.

Häzirki wagtda köp sanly fermentleriň aminokislota düzümi, olaryň yzygiderli tertipli ýerleşişleri we haýsy aminokislotadan başlanyp haýsy birinde hem gutaryandygy doly suratda anyklanyldy.

Olardan ribonukleazalar, himotripsin, tripsin, papain, sitohrom-c, lizosim ýaly fermentleri görkezmek bolar.

2-nji tablisa. FERMENTLERIŇ MOLEKULÝAR MASSASY

Fermentleriň ady	Molekulýar massasy
Ribonukleaza	13700-14000
Lizosin /ýumurtga proteini /	14000
Sitohrom c	15000
Himotripsin	23000
Tripsin	23800
Pepsin	32000-35000
Geksokinaza	45000
Aşgarly fosfotaza	80000
Laktadegidrogenaza	140 000
Aldolaza	142 000
Katalaza	248 000
Glutamatdegidrogenaza	336 000 – 1 000 000
Ureaza	480 000
Piruwatdegidrogenaza /kompleksi/	4 500 000

§ 3. Izofermentler

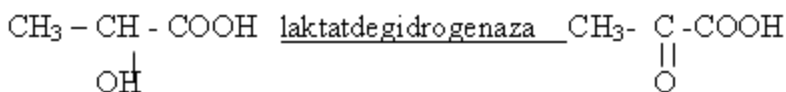
Madda çalşma prosessiniň kadaly geçmegi üçin fermentleriň dürli formalarynyň gatnaşýandygy mälimdir. Ýöne adatça fermentleriň dürli formalarda bolmagy, olaryň izomerleri däldir.

Şol bir biologik görnüşde duş gelýän biri-birinden fiziko-himiki häsiýetleri boýunça tapawutlanýan, substrat aýratynlygynyň bir tipliligi we belli bir reaksiýany katalizlendirýän fermentleri atlandyrmak üçin halkara biohimiýa birleşigi fermentler barasyndaky Kommissiýasy “izofermentler” adalgany girizdi.

Izofermentler janly organizmde bir meňzeş katalitik funksiýany ýerine ýetirip, strukturasy we fiziko-himiko häsiýetleri boýunça tapawutlanýan protein tebigatly maddadyr. Oňa adamyň

tüýkiliginde we garynasty mázlerinde emele gelyän ϵ - amilazanyň belli bir reaksiýany katalitiki tizleşdirýändigini, ýöne olaryň biri-birinden ereýjiligi, pH- optimумы we başgada bir näçe häsiýetleri boýunça tapawutlanýandyklaryny mysal getirmek bolar.

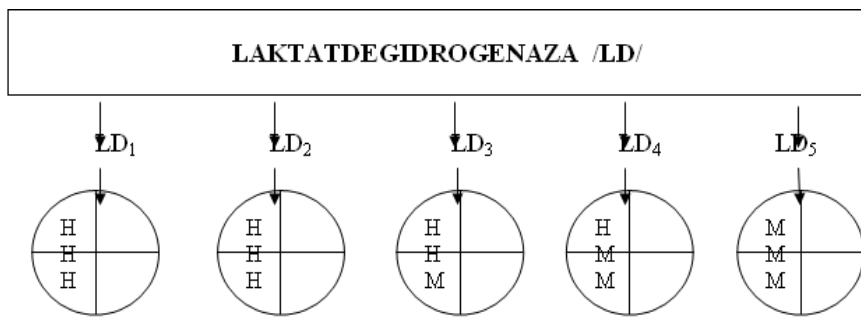
Izofermentler özleriniň düzümine girýän aminokislotalaryň sany we olaryň yzygiderli ýerleşşi, ingibitorlara we aktiwatorlara bolan gatnaşygy, termolabiligi we beýleki häsiýetleri bilen biri-birinden tapawutlanýarlar. Izofermentler öňden belli bolsalar hem, olara soňky ýyllarda adam organizminde we köp sanly haýwan organizmlerinde duş gelyän laktatdehidrogenaza /LD/ fermentiniň häsiýetleri aýdyňlaşdyrlanyndan soň aýratyn üns berilip başlanyldy. Elektroforeziň kömegi bilen bu fermentiň baş sany formasyny /LD₁ LD₂, LD₃, LD₄, LD₅/ bölüp almaklyk alymlara başartdy. Olaryň başisi hem suýt kislotasyny piroüzüm kislotasyňa çenli okislendirmekde bir meňzeş funksiýany ýerine ýetirýärler:



LD izofermentiniň dördülenji strukturasyň düzüminden H we M tipli ýökary aktiwlikdäki sub-birlikler tapyldy. Belli şertlerde moçewinanyň 12 M ergini täsir edileninde LD izofermentiniň her bir formasy molekulýar massasy 35 000 golaý bolan dört sany sub-birlige dissosirlenýär. Şoňa görä LD izofermentiniň her bir formasy

tetramerdir we şol tetramerin düzümine girýän H we M tipli sub-birlikler dürli gatnaşykdadylar.

LD izofermentiniň görnüşindäki dürli H we M tipli sub-birlikleriniň /sanyny/ gatnaşygyny görkezýän shemasy.



Izofermentleriň esasy aýratynlygy hem olaryň aýry-aýry organlaryň dokumalarynda dürli mukdarda ýaýramagydyr. Mysal üçin, ýürekde, böwrekde, ýilikde LD₁; bagyrda we myşsalarda LD₄, LD₅ köpdür. Şoňa görä bu izofermentleriň dürli organlaryndaky mukdary boýunça käbir keselleriň diagnozyny kesgitlemekde uly ähmiýeti bardyr.

Izoformalary bar bolan beýleki fermentlere mysal edip kreatinkinazany /3 sany görnüşi/, holinesterazany /7 sany görnüşi /, aşgarly fosfotazany /2 sany formasy/ we ş.m. görkezmek bolar.

Fermentleriň ýene-de bir täsiredijilik aýratynlygy, ol hem organizminde bolup geçýän maddalaryň öwrülişme prosesinde ahyrky önümiň emele gelmekligi, bir näçe etapdan ybarat bolan reaksiýalaryň üsti bilen amala aşyrylýar. Şeýle reaksiýalaryň her bir etaby aýry-aýry fermentleriň täsiri esasynda katalizlenýär. Şoňa görä, janly organizmde başlangyç maddanyň gutarnykly öwrülişigini üpjün edýän fermentler toparyna multiferment kompleksi diýilýär. Mysal üçin, ýag kislotasynyň sintezini 7 sany fermentden, gistidiniň öwrülişmesini 4 sany fermentden we ş.m. ybarat bolan fermentler kompleksi üpjün edýärler.

§ 4. Fermentleriň täsir edijilik aýratynlyklary

Fermentleriň häsiýetleriniň esasy aýratynlyklary ýeke bir olaryň himiki reaksiýalary tizlendirmek bilen çäklenmän, eýsem her bir ferment özüne mahsus bolan belli bir reaksiýany saýlap katalizlendirmek bilen spesifiklik häsiýete eýedir. Diýmek, düzgün boýunça katalitik täsir edip, ol ýeke-täk substratyň /birleşmäniň/ öwrülişmesini üpjün edýär.

Heňiz 1894-nji ýylda E. Fişer fermentleriň örän takyk täsiredijilik aýratynlygyny /spesifikligini/ şeýle belläpdir: “her bir fermentiň substrata bolan gatnaşygy, her bir gulpuň özüne degişli açar bilen açylşy ýalydyr”. Ýöne soňky wagtlarda ferment substrat

gatnaşygyna statistiki hereketsiz gup we açar ýaly seredelimän, eýsem olaryň biri-birine dinamiki hereketdedigini belläpdirler.

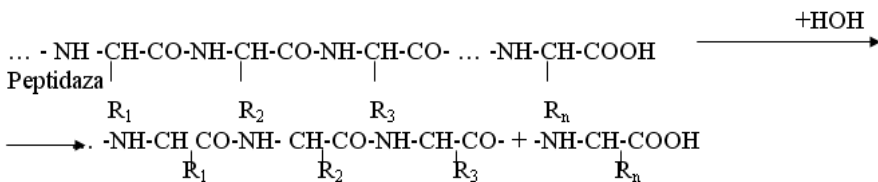
Häzirki wagtda 2000-den gowrak ferment belli bolup, olaryň 70% - ne golaýy esasan reaksiýalaryň alty tipini katalizlendirýärler. Beýle diýmek fermentleriň aglabasy şol bir reaksiýany katalizlendirýändigini aňladýandyr. Mysal üçin –CO-NH /amid ya-da peptid/ baglanyşygyny 70 dürli ferment gidrolizlendirýär, şonuň ýaly hem 80-e golaý ferment bolsa dürli substratlardaky –CHOH gruppary CO- gruppary çenli okislendirýändir. Reaksiýanyň şol bir tipini katalizlendirýän köp dürli fermentleriň bolmagy, olaryň gös-göni täsir edýän gruppasyndan başga-da substrat molekulasyň beýleki bölegindäki şol gruppalara täsiredijilik aýratynlyklarynyň beýleki bölegindäki şol gruppalara täsiredijilik aýratynlyklarynyň bardygyny bilen düşündirmek bolar.

Proteolitik fermentler /peptidazalar/ adyndan belli bolşy ýaly bu fermentler proteinleriň gidrolizini katalizlendirýärler.

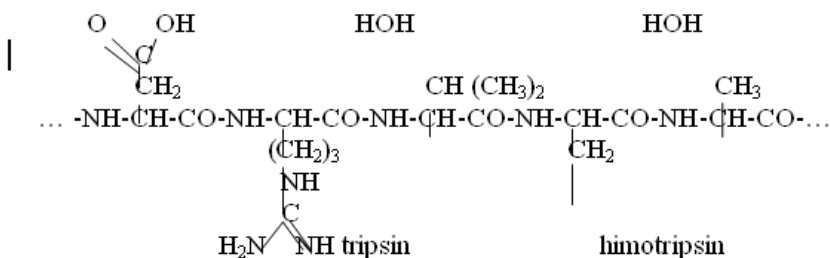
Fermentleriň spesifik täsiri – bu her bir ferment özüne mahsus bolan bir himiki reaksiýany ýa-da biri-birine maňzeş bolan bir näçe reaksiýany katalizlendirmek häsiýetidir.

Değişli fermentleriň täsir etmegi netijesinde protein molekulasyndaky peptid baglanyşyklary suwuň gatnaşmagynda

üzülyär we proteinler pes molekulaly peptidlere hem-de aminokislotalara dargaýar.



Proteolitik fermentleriň peptid baglanyşygyna bolan täsiri, protein molekulasyňyň haýsy aminokislotalar toparynyň emele getirendigine baglydyr. Beýle diýmeklik, her bir peptidazanyň protein molekulasyndaky peptid baglanyşyklarynyň hemmesini gidroliz esasynda üzmäge ukypsyzdygyny aňladýandyr. Her bir peptidaza, ýanaşyk, duran bir ýa-da birnäçe belli bolan aminokislota galyndylarynyň emele getiren peptid baglanyşyklaryny saýlap üzmäge ukyplydyr. Mysal üçin, tripsin L-argininiň ýa-da L-liziniň karboksil gruppalarynyň gatnaşmagynda ýüze çykyan peptid baglanyşygyny üzmäge ukyplydyr.



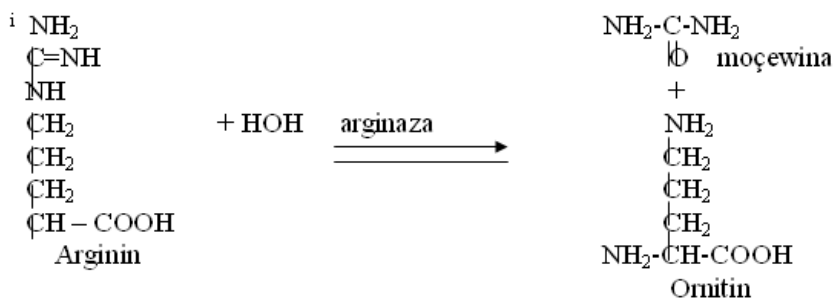
Fermentleriň täsir edijilik aýratynlyklarynyň alamatlary boýunça

olary absolýut, toparlaýyn, steriohimiki /optiki/ we başgalar ýaly spesifiklik tiplere bölýärler.

Absolýut spesifikligi. Haýsyda bolsa diňe bir himiki reaksiýany katalizlendirip, belli bir substrata täsir edýän fermentler absolýut spesifiklik häsiýete eýedir. Mysal üçin, ureaza fermenti moçewinany gidrolizlendirmek bilen, ony ammiaga we kömürturşy gazyna dargadýär:

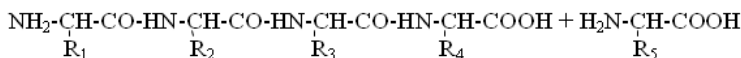
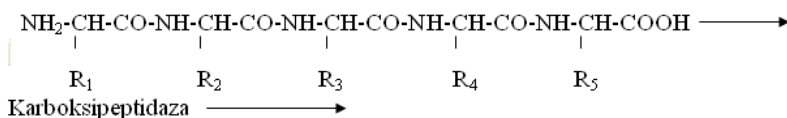


Diýmek, ureaza fermenti diňe ýokardaky reaksiýany katalizlendirmek bilen başga hiç hili reaksiýa täsiri ýökdur. Eger-de ureaza fermentini N-metil-moçewinany gidrolizlendirmek reaksiýasynda katalizator hökmünde peýdalansak, onda ol fermentiň şol reaksiýa hiç hili katalik täsiriniň ýoklygyny biz göreris. Şonuň ýaly hem arginaza fermenti ýeke argininiň gidrolizini katalizlendirmek reaksiýasyna gatnaşýandyr.



Reaksiýadan görnüşi ýaly arginaza fermenti arginini moçewina we ornitine dargatmak reaksiýasyny katalizlendirýär. /Bu ýerde reaksiýanyň öwrülişligini hem bellemek gerek/.

Toparlaýyn spesifikligi – gurluşy boýunça biri-birine ýakyn bolan maddalar toparynyň belli bir himiki baglanşygyny üzmekligi katalizlendirýän fermentleriň aýratynlygydyr. Proteinleriň we peptidleriň erkin karboksil (-COOH) gruppasyna ýakyn ýerleşen peptid baglanşyklaryny üzýän, ýagny peptid zynjyrynyň C-ujundan täsir edýän £-aminoasilpeptidgidrolazalar /karboksipeptidazalar/ toparlaýyn spetifiklige eýedir. Karboksipeptidazalaryň proteinleriň peptid baglanşygyna täsirini umumy görnüşde shema boýunça görkezmek bolar:



Her bir anyk fermentiň spetifikligi peptid zynjyrynyň uýyndaky erkin karboksil gruppasy bolan aminokislota galyndysy bilen kesgitlenilýär. Şoňa görä A karboksipeptidaza L-aminokislotalaryň galyndysyndan emele gelen köp sanly peptid baglanşygyny C-ujyndan aňsatlyk bilen üzýär. Emma peptid zynjyrynyň C-ujyny diaminokislotalar bilen ýa-da prolin bilen tamamlanýan bolsa, onda ferment olara täsir etmeýär.

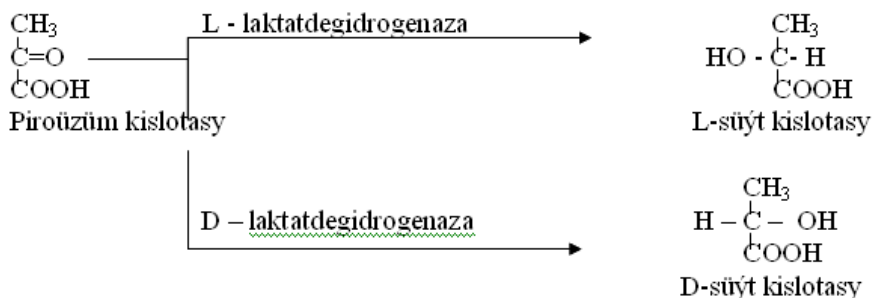
Erkin (-COOH) gruppasy bolan liziniň ýa-da argininiň gatnaşmagyndaemele gelen peptid baglanşygy B karboksipeptidazanyň täsiri esasynda gidrolizlenýär.

Karboksipeptidazalar, proteinleriň we peptidleriň düzümindäki aminokislota galyndylarynyň ýerleşiş tertiplerini kesgitlemekde giňden ulanylýär. Bulardan başgada gliserin aýry-aýry çylşyrymly efirlerini katalizlendirýän – lipazalar, ortofosfor kislotasynyň dürli görnüşdäki monoeferlerini katalizlendirýän – fosfotaza we beýlekiler toparlaýyn spesifiklige eýedir.

Stereohimiki spesifikligi. Fermentler optiki taýdan aktiw bolan birleşmelere täsir edeninde stereohimiki aýratynlygy ýüze çykarýär.

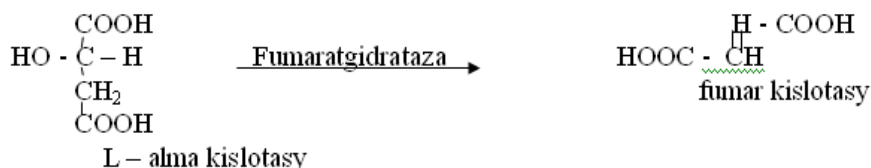
Şeýlelik-de ferment onuň optiki antipodyna degmä, diňe haýsydyr bir stereoizomerine täsir edýär. Şoňa görä rasemat garyndylaryny bölmeklikde ulanylýan usullaryň biri fermentleriň bu häsiýetlere esaslanylandyr.

Fermentleriň kömegi bilen asinmetrik sintez hem geçirmek bolýandyr. Mysal üçin, optiki taýdan aktiw bolmadyk piroüzüm kislotasyny L-laktatdegidrogenaza fermenti bilen gaýtarlanynda L-süýt kislotasy emele gelýär; D-laktatdegidrogenaza bilen gaýtarlanynda bolsa D-süýt kislotasy emele gelýär:



Fumartgidrotazanyň täsiri bilen degidratasiýa reaksiýasy esasynda alma kislotasyndan fumar kislotasynyň emele gelmegi diňe L-alma kislotasy bilen geçip bilýändir, D-alma kislotasyna bolsa fumaratgidratazanyň täsiri ýokdur.

Rasemat-optiki aktiwligi bolmadyk enantiomeriň ekwimolyýar mukdaryndan düzülen madda.



Fermentleriň spesifikklik häsiýetleri ýeke bir D we L görnüşlerine täsir etmek bilen çäklenmän eýsem sis-trans izomerlerine hem täsiri bardyr. Mysal üçin, şol bir fumaratgidrataza diňe fumar kislotasynyň trans-izomerine täsir edip L-alma kislotasyny emele getirýär.

Emma onuň sis-izomeri bolan malein kislotasyna hiç hili täsiri ýokdur.



Ýagny, bu reaksiýada substratyň we fermentiň strukturasy biri-birine komplementar bolany üçin, fumaratgidratazanyň aktiw merkezi ikili baglanşykda goňşylykda trans-ýerleşen çalşygy bilen laýyk gelýär.

Şoňä görä bu reaksiýada fermentiň täsiri aýdyň görünýär. Giňişleýin gurluşy başgaça bolan sis-izomerine fumaratgidrataza täsir etmeýär.

Şeýlelikde, fermentleriň aktiw merkeziniň gurluşyny öwrenmekde, olaryň substratlar bilen birleşişleriniň we fermentativ reaksiýalaryň mehanizminiň aýdyňlaşdyrmakda, fermentleriň spesifiklik häsiýetlerini öwrenmekligiň uly ähmiýeti bardyr.

§ 5. Fermentativ reaksiýalaryň mehanizmi

Fermentativ kataliziň iň möhüm we çylşyrymly problemalarynyň biri hem fermentleriň täsir edijilik mehanizmini

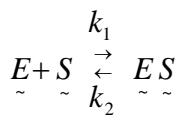
aýdyňlaşdyrmak meselesidir. Bu problemany çözmek üçin, ilki bilen feremativ reaksiýalaryň kinetikasyny fermentleriň daşyny gabap alan reaktiwler bilen özara täsirini (köplenç halatlarda belgilenen birleşmeleri ulanmak bilen) substratyň himiki modifikasiýasynyň fermentativ reaksiýanyň mehanizmine bolan täsirini fermentativ reaksiýa prosesinde käbir funksional toparlaryň gatnaşmagynda substrat spesifikasyny we fermentiň aktiw merkeziniň tebigatyny derňemeklik zerurdyr.

Fermentativ reaksiýanyň kinetikasy

Janly organizmleriň öýjüklerinde yzygiderli hereket edýän ähli fermentativ reaksiýalarda fermentiň aktiwligini kesgitlemek üçin, başda onuň katalizlendirýän reaksiýasynyň tizligini öwrenmeli. Reaksiýanyň tizligi bolsa dürli fakturlarda, ýagny fermentiň we substratyň konsentrasiýasyna, temperatura pH – sreda, reaction sredadaky inhibitorlara we aktiwitorlara, we ş.m.,- ler baglydyr.

Reaksiýanyň tizligi fermentiň konsentrasiýasyna göni proporsionaldyr, onuň substratyň konsentrasiýasyna baglydygyny bolsa giporbolik ýagdaýda aňlatmak bolar. Substratyň pes konsentrasiýalarynda, reaksiýanyň tizligi substratyň konsentrasiýasyna proporsionaldyr. Eger-de substratyň konsentrasiýasyny ýokary bolsa, onda reaksiýanyň tizligi oňa bagly

däldir. Mihaýlis we Menten alynan maglumatlara salgylanmak bilen şeýle netijä gelipdir: ýagny, ferment /E/ substrat /S/ bilen reaksiýa girip ferment- substrat kompleksini /ES/ emele getirýär.



Bu kompleksň dissosiasiýa (hemişeligini) konstantasyny) K_s – substrat hemişeligi diýip aňlatmak bilen onuň deňlikformulasyny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:

$$\underset{\sim}{K_s} = \frac{k_1}{k_2}$$

bu ýerde k_1 – ferment- substrat kompleksň emele gelmeginde reaksiýanyň

tizliginiň hemişeligi.

k_2 – ferment- substrat kompleksiniň

dargamagynda reaksiýanyň

tizliginiň hemişeligi.

k_2 we K_s ozaralarynda göni proporsionaldyr. Diýmek beýle ýagdaý kompleksň aňsatlyk bilen dargamagyna we fermentiw reaksiýanyň haýal geçmegine getirýär, ýa-da K_s pes bahaly bolup,

k_1 hem ýokary bahaly bolan ýagdaýnda fermentiw reaksiýa ýokary tizlik bilen geçip biler, ýagny K_s we k_1 özaralarynda ters proporsional bolanynda.

Ferment – substrat kompleksiniň emele gelmek reaksiýasynyň deňlemesini şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:

$$[S] \left([E_0] - [ES] \right) = K_s [ES] \quad (1)$$

Bu deňlemede $[S]$ erkin substratyň konsentrasiýasy /fermentiň otnositel mukdarynyň ýokary bolmadyk ýagdaýnda, ony substratyň umumy konsentrasiýasy hökminde hem Kabul etmek bolar/ $[ES]$ ferment –substrat kompleksiniň konsentrasiýasy E_0 fermentiň reaksiýa başlananyndaky konsentrasiýasy $\left([E_0] - [ES] \right)$ –erkin fermentiň konsentrasiýasy.

Bu deňlemede $[ES]$ bahasyny aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:

$$[ES] = [E_0] \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (2)$$

Diýmek, ferment – substratyň $[ES]$ konsentrasiýasy näçe ýokary bolsa, fermentativ reaksiýasynyň tizligi hem şonça ýokarydyr. Reaktiýanyň maksimal tizliginde ferment tutuşlygyna substrat bilen birleşip ferment – substrat kompleksini emele getirirýär, ýagny $[ES] = E_0$. Ferment – substrat kompleksiniň konsentrasiýasynyň fermentativ reaksiýasynyň tizligine baglydygyny aşakdaky ýaly ýazyp bileris:

$$\frac{v}{V_{\max}} = \frac{[ES]}{E_0} \quad (3)$$

bu ýerde: v – substrat konsentrasiýasynyň $[S]$ fermentativ reaksiýasynyň başlangyç tizligi. V_{\max} – fermentativ reaksiýasynyň maksimal tizligi. Onda /2/ we /3/ ofrmulalardan şeýle deňlemäni alarys:

$$\frac{[ES]}{E_0} = \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (4)$$

$$\text{Ýagny: } \frac{v}{V_{\max}} = \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad \text{ýa-da} \quad v = V_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]}$$

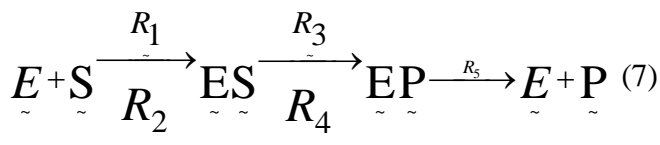
(5)

Bu deňlemä *Mihaelis – Menteniň deňlemesi* diýilýär. Eger – de $[S] \gg K_s$ birnäçe esse az bolsa $[S] \gg K_s$ onda aşakdaky ýaly deňleme alynar:

$$v = V_{\max} \frac{[S]}{K_s} \quad (6)$$

Ýagny wagtyň berilen pursatynda reaksiýanyň tizligi substratyň konsentrasiýasyna proporsionaldyr.

Şeýle-de bolsa, ferment-sunstrat kompleksiniň emele gelmegi bilen reaksiýa tamamlanýar. Reaksiýanyň indiki stadiýalary, emele gelen substrat-ferment kompleksiniň ferment bilen täze kompleksleýin önüme $/EP/$ öwrülip ol hem öz gezeginde fermente $/E/$ we täze önüme $/P/$ dargamagy bilen tamamlanýar. Şoňa görä, fermentativ reaksiýanyň deňlemesini doly görnüşde şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:



$\underset{\sim}{k}_1, \underset{\sim}{k}_2, \underset{\sim}{k}_3, \underset{\sim}{k}_4, \underset{\sim}{k}_5$ – reaksiýasynyň degişli

stadiýalarynyň tizlik hemişeligi /konstanalary/.

Görnüşi ýaly, reaksiýa esasynda emele gelen önümiň konsentrasiýasy örän pes bolup, substrat hem çendenaşa köp bolsa, onda Mihaelis – Menteniň deňlemesi reaksiýanyň birinji etaby üçin amatly bolar. Şoňa görä ozaldan mälim bolan ferment–substrat kompleksiniň fermente /E/ we önüme /P/ dargamagyna esaslanyp Briggs we Holdeýn fermentativ reaksiýasynyň tizliginiň deňlemesini şeýle aňladýar:

$$\underset{\sim}{v} = \underset{\sim}{V}_{\max} \frac{[\underset{\sim}{S}]}{\underset{\sim}{K}_m + [\underset{\sim}{S}]} \quad (8)$$

Bu ýerde ferment–substrat kompleksiniň dissosiasiya hemişeligi

$$\text{/Mihaelis'iň hemişeligi/ } \underset{\sim}{K}_m = \frac{\underset{\sim}{k}_1 + \underset{\sim}{k}_3}{\underset{\sim}{k}_2} \quad (9)$$

Eger-de $k_1 \gg k_3$ onda

$$K_m = \frac{k_1}{k_2} = K_s \quad (10)$$

Diýmek, Mihaelis–Mentenň deňlemesi, Briggs-Holdeýniň umumy deňlemesiniň bir görnüşidir.

$$\text{Eger-de } K_m = \frac{k_2}{k_1} \text{ bolsa, onda } K_m = K_s + \frac{K_3}{K_1} \text{ bolar,}$$

ýagny $K_m > K_s$. Eger $[S] = K_m$ bolsa, onda $v = V/2$ bolar.

Şeýlelikde, substrat bilen doýgun halyna getirilende, gözegçilik edilýän fermentatiw reaksiýanyň başlangyç tizligi, onuň maksimal tizliginiň ýarsyna deň bolsa, onda K_m substratyň konsentrasiýasynyň belli bir ululygyna deňdir. Mälim bolşy ýaly, K_m -iň bahasy näçe köp bolsa, ferment bilen substratyň arasyndaky baglanşyk hem şonça gowşak bolar we, onuň tersine.

Fermentleri we fermentativ reaksiýany häsiýetlendirmek üçin Mihaelisiň konstantasynyň uly ähmiýeti bardyr. Käbir fermentativ reaksiýalar üçin Mihaelisiň konstantasynyň ululygy 3-nji tablisada görkezilendir.

3- nji tablica. Käbir fermentler üçin K_m bahasy

Fermentin ady	Substratynyň ady	K_m M
Himotripsin	Asetil-triptofanamid	$5 \cdot 10^{-3}$
Lizosim	Geksa-asetilglýukozamin	$6 \cdot 10^{-6}$
β - Galaktozidaza	Laktoza	$4 \cdot 10^{-3}$
Treonindezaminaza	Treonin	$5 \cdot 10^{-3}$
Karboangidraza	CO_2	$8 \cdot 10^{-3}$
Pensillinaza	Benzilpenisillin	$5 \cdot 10^{-3}$
Piruwatkarboksilaza	Piruwat	$4 \cdot 10^{-4}$
	HCO_3	$1 \cdot 10^{-3}$
	ATF	$6 \cdot 10^{-5}$
Arginin tRHK-sintetaza	Arginin	$3 \cdot 10^{-6}$
	tRNK	$4 \cdot 10^{-7}$
	ATF	$3 \cdot 10^{-4}$

Organizmde öwrülşigi goldaýan maddalaryň konsentrasiýasynyň adatdan daşary az bolandygy üçin ($0,01 - 0,000001$ M), fiziologik şertlerde K_m ululygy pes bolan fermentleriň effekti, ýokary ululykly fermentlere garanynda has netijeli we köplenç ýagdaýlarda maksimal aktiwligi ýüze çykaryrlar.

Mihaelisîň hemişeligi (konstantasy) fermentleri häsiýetlendirmekde we olaryň degişli reaksiýalarynyň effektivligini kesgitlemekde ulanylýar.

Indi, fermentativ reaksiýanyň tizligine käbir faktorlaryň täsiri barasynda gysgajyk durup geçeliň.

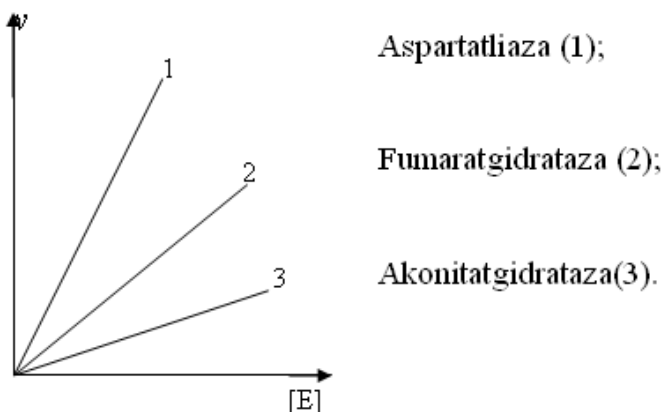
Fermentiň konsentrasiýasynyň täsiri

Fermentativ reaksiýanyň tizligi fermentiň konsentrasiýasyna göni proporsionaldyr:

$$v = K[E],$$

bu ýerde K - reaksiýanyň tizliginiň hemişeligi, $[E]$ - fermentiň konsentrasiýasy.

Bu baglanyşyk göni çyzyklaryň üsti bilen grafikde 5-nji suratda görkezilendir.

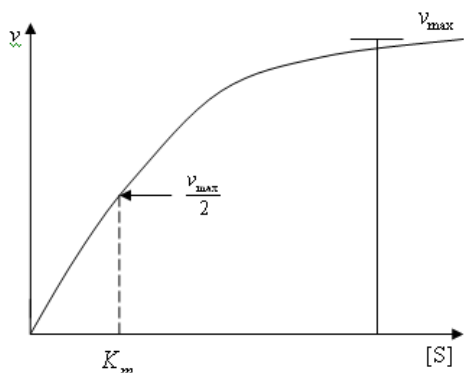


14-nji surat. Fermentativ reaksiýanyň tizliginiň fermentiň konsentrasiýasyna baglylygy.

Substratyň konsentrasiýasynyň täsiri

Fermentativ reaksiýanyň tizliginiň substratyň konsentrasiýasyna baglydygyny grafikde giperbolik egri çyzyk bilen görkezmek bolar (6-njy surat). Grafikden görnüşi ýaly fermentiň maksimal täsir edijiligini gazanmak üçin substratyň ýokary konsentrasiýasy gerekdir. Köplenç halatlarda oragnizmde substratyň konsentrasiýasy fermentiň maksimal täsir edijiliginden pes derejede bolýar, şonuň üçin

substratyň konsentrasiýasynyň $[S]$ ululygy K_m -niň ululygyndan pes bolýar.



15-nji surat. Fermentativ reaksiýanyň tizliginiň, substratyň konsentrasiýasyna baglylygy.

Şoňa görä fiziologik şertlerde fermentativ täsir edijiligi, fermentiň konsentrasiýasyna bagly bolman, takmynan substratyň konsentrasiýasyna proporsionaldyr diýmek bolar.

Temperaturanyň täsiri

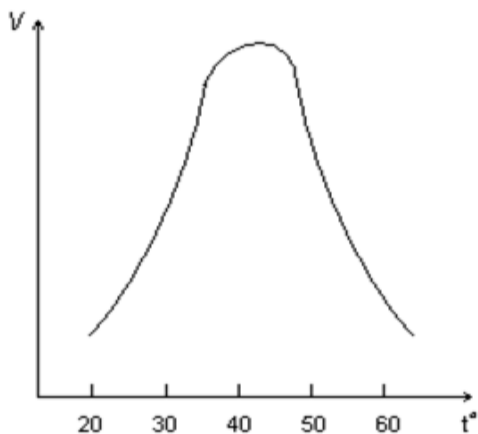
Mälim bolşy ýaly, temperaturanyň ýokarlanmagy bilen her bir himiki reaksiýanyň, şol sanda fermentleriň katalizlendirýän reaksiýalarynyň tizligi hem artýandyr. Şeýle-de bolsa,

temperaturanyň ýokarlanmagynyň belli bir derejesinde fermentleriň öwrülşiksiz denaturirlenmegi* netijesinde olaryň aktiwligi ýitýär.

*Denaturasiýa – temperaturanyň we başgada birnäçe faktorlaryň täsiri esasynda

fermentleriň, proteinleriň tebigy häsiýetlerini ýitirmegi.

Şoňa görä, temperaturanyň ýokarlanmagy bilen fermentatiw reaksiýanyň tizligi başda artýan hem bolsa, ýylylyk optimal çägene geçse, onuň aktiwligi düýpden pese gaçýar. /7-njy surat./



16-njy surat. Fermentatiw reaksiýanyň temperatura baglylygy.

Gurşawyň täsiri

Fermentativ reaksiýanyň aktiwligine belli derejede pH- gurşawyň hem täsiri bardyr. pH- gurşawyň in ahyrky görkeziji bahalary (güýçli kislota ýa-da güýçli agşar gurşawlary), fermentleriň gaýtaryp bolmajak denaturirlenmesini ýüze çykaryar.

Her bir ferment üçin belli pH optimumy bolup, ol fermentleriň maksimal aktiwligini we tizligini goldaýar. Käbir halatlarda şol bir fermentiň pH görkezijisi dürli fermentler üçin deň bahada däldir /4-nji tablisa/.

4-nji tablisa. Käbir fermentler üçin pH –gurşawyň optimal bahasy

Fermentleriň ady	Substratlaryň ady	pH
Pepsin	Kazein	1, 8
Pepsin	Owalbumin	1, 5
Pepsin	Gemogloblin	2, 2
Pepsin	Karbobenzoksiplutamiltirozin	4, 0
Amilaza (semene)	Krahmal	5, 2
Amilaza /tüykülük/	Krahmal	6, 8
Ureaza	Moçewina	6,4-6,9
Tripsin	Gemoglobin	8, 0
Ganyň turşy fosfotazasy	β - Gliserin fosfat	4, 5-5.0
Ganyň aşgarly fosfotazasy	β - Gliserin fosfat	9, 5
α -aminokislotalaryň oksidazasy	α -alanin	9, 0
Suksinatdegidrogenaza	Yantar kislotasy	9, 0

Fermentler özlerinde ionlaşmaga ukyply bolan köpsanly toparlary (diaminodikarbon kislotalaryndaky amino- we karboksil- toparlary, -amino we α -karboksil toparlary, sisteindäki sulfidril topary, tirozindäki fenil gidroksili, sisteiniň imidazol halkasy, argininiň guanidin toparlary we ş., m.) saklaýandygy üçin fermentatiw reaksiýanyň tizligine pH-gurşawyň belli derejede täsiri bardyr.

pH - gurşawyň üýtgemegi bu toparlaryň iýonlaşmagyna we ferment-molekulalarynyň zarýadyna täsiri bardyr. pH-gurşawa baglylykda ferment molekulasyň polipeptid zynjyrynyň giňişleýin ýerleşşi hem üýtgeýär. Bu bolsa birnäçe funksional toparlaryň ýakynlaşmagyna sebäp bolýar.

Fermentler dürli ion görnüşlerinde bolmak bilen, olaryň birnäçesi položitel we otrisatel zarýadlary emele getirip *izoelektrik* häsiýeti ýüze çykarýar.

§ 6. *Kofermentler, olaryň himiki gurluşy we ýerine ýetirýän funksiýalary*

Biohimiki reaksiýalary örän giň spektrde katalizlendirýän köp sanly fermentleriň katalitiki funksiýasyny ýokary effekt bilen amala aşyrmak üçin proteinlere azda-kände berk baglanyşan goşmaça (postetiki) toparlarynyň gatnaşýandygy anyklanyldy. Şoňa görä, köp sanly fermentleriň düzümine protein komponenti bilen bir hatarda bolan kofaktorlar girýändir. Kofermentleriň aglabasy molekulýar massasy onçakly ýokary bolmadyk organiki birleşmelerdir.

Olar, reaksiýanyň dowamynda organiki maddalaryň birinden beýlekisine himiki toparlary göçürji bolup hyzmat edýärler. Şeýle

birleşmelere mysal edip, nikotinamidadenin nukleotidi (NAD) görkezmek bolar. Ol koferment wodorod atomyny göçürji bolup, öýjük plazmalarynda duş gelyän oksidoreduktaza fermentler toparyna hyzmat edýär.

Bulardan başga-da ferment – aktiwatorlarynyň roluny oýnaýan organiki däl maddalar (metal ionlary) hem kofermentlere degişlidir.

Fermentatiw prosesleriň mehanizmine doly suratda düşünmek üçin, käbir ferment kofaktorlarynyň häsiýetlerine we himiki öwrülmelerde olaryň ýerine ýetirýän funksiýalaryny içgin öwrenmeklik maksada laýyk bolardy. Şoňa görä, ilki bilen olaryň klaslara bölünişine gysgajyk seredeliň.

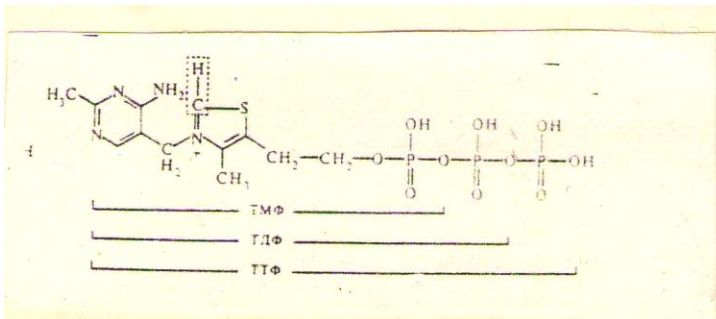
Kofermentleri fiziologik strukturasy we funksional /katalik/ häsiýetleri boýunça klaslara bölmek amatly bolar. Sebäbi fiziologik strukturasy boýunça klaslara bölmek şol bir wagtda kofermentleriň gelip çykyşyny we himiki gurluşlaryny hem öz içine alýar.

Şeýlelikde, kofermentleri witaminli, witaminsiz kofermentlere we ferment kofaktory metal ionlary bolan toparlara bölmek bolar.

Witaminli kofermentler

Tiamin kofermentleri. Bu kofermentleriň esasy çeşmesi tiamin (B₁ witamini) bolup, ol himiki gurluşy boýunça tiazolyň pirimidin önümidir. Tiamindifosfat (TDF) onuň iň aktiw koferment formasydyr.

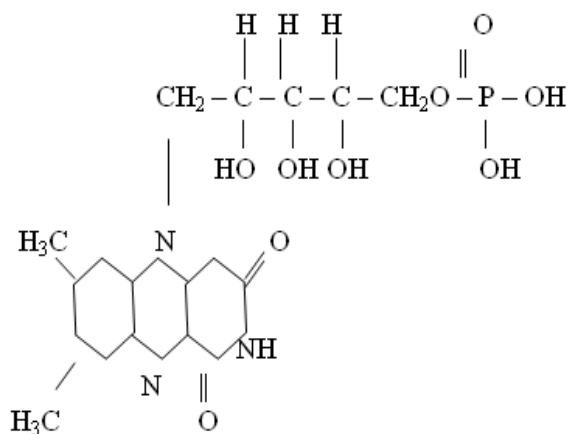
Olaryň tiaminofosfat (TMF) ýaly beýleki önümleri hem kofermentlere degişlidir, bularyň ähmiýetleri onçakly doly anyklanylýan däl. Tiamin kofermentleriniň struktura formulalaryny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar.



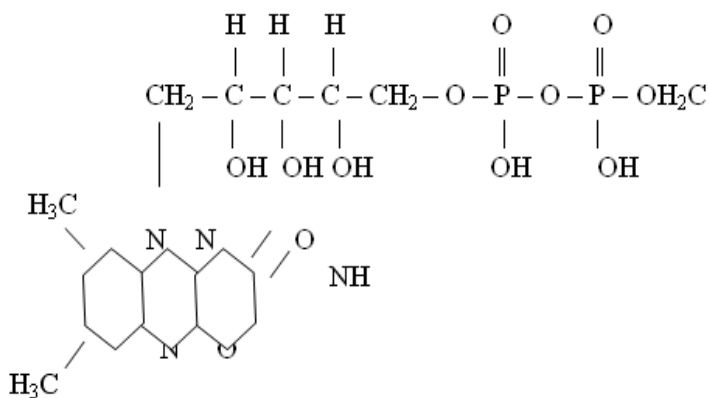
TDF α - ketokislatalara degişli bolan piruwaty we 2-oksoglutaraty okslendiriji dekarboksilirlenýän fermentleriň düzümine girýär, şeýle hem ol, pentozofosfat siklinde substrat öwrülşigini amala aşyran transkretozalaryň kofermentidir. Şoňa görä, TDF-yň molekulasynda substraty birleşdiriji “aktiw” bölegi

bolup tiazol halkasyndaky uglerod atomy (onuň daşy ramka alynandyr) hyzmat edýär.

Flawin kofermentleri. Bu kofermentleriň esasy çeşmesi – himiki gurluşy boýunça izoalloksazin önümi bolan B₂ vitamini riboflawindir. Şoňa görä, riboflawin – flavin monohukleotid /FMN/ we flavinadenindinukleotid /FAD/ ýaly iki sany kowumdaş kofermentiň düzümine girýär.



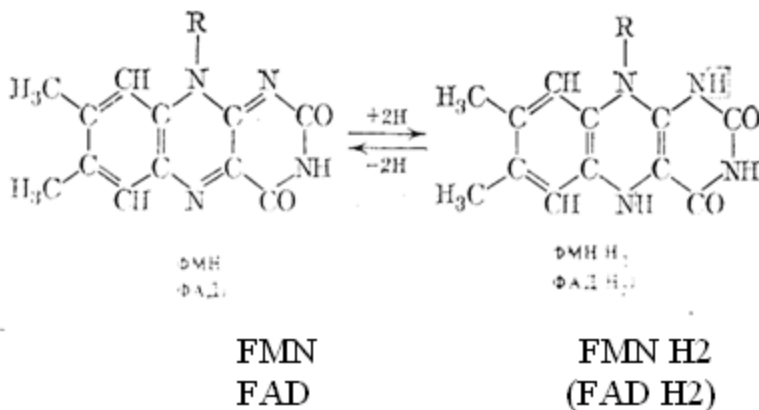
Flawinmononukleotid /FMN/



Flawinadenindinukleotid /FAD/

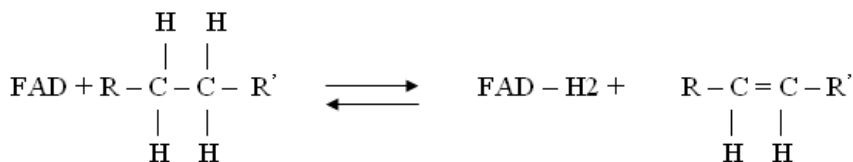
Flawin kofermentleriniň esasy aýratynlyklary, olaryň öwürüşiňli okislenme – gaýtarylma reaksiýanyňa ukuplylygydyr.

FMN ýa-da FAD molekulalarynyň esasy aktiw bölegi riboflawiniň izoalloksazin halkasydyr. Onuň /I we 5/ azot atomlary iki sany wodorod atomyny, ýagny iki protony /birleşdirip/ kabul edip özüniň gaýtarylan görnüşüne öwürülip bilýär. Bu reaksiýa öwrülişliklidir.



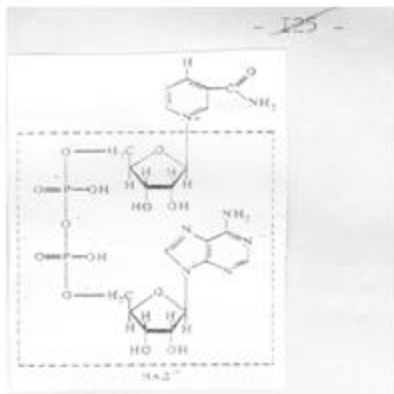
bu ýerde R – degişli kofermentiň galan bölegidir.

Bu kofermentleriň okislenen we gaýtarylan görnüşleri gysgaldylan görnüşde degişlilikde FMN we FMN-H₂ FAD we FAD-H₂ ýaly ýazylyar. FAD degidridlenme tipli reaksiýalarda elektronlaryň akseptory bolup hyzmat edýär.

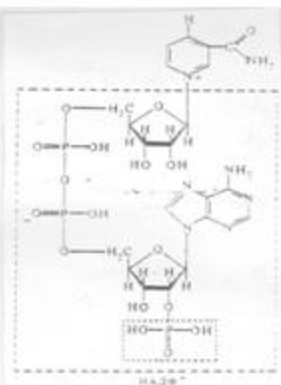


Bu reaksiýadan görnüşi ýaly, FAD substratdan iki wodorod atomyny goparyp almaga we ýene-de yzyna gaýtaryp bermäge ukyplydyr.

Nikotinamid kofermentleri. Nikotinamid (B₅ ýa – da PP vitamini), strukturalary boýunça biri-birine örän ýakyn nikotinamidadeninukleotid (NAD) we nikotinamindeninukleotidfosfat (NADF) ýaly kofermentleriň aktiw bölegidir.



**NAD/Okislenen
görnüşü/**

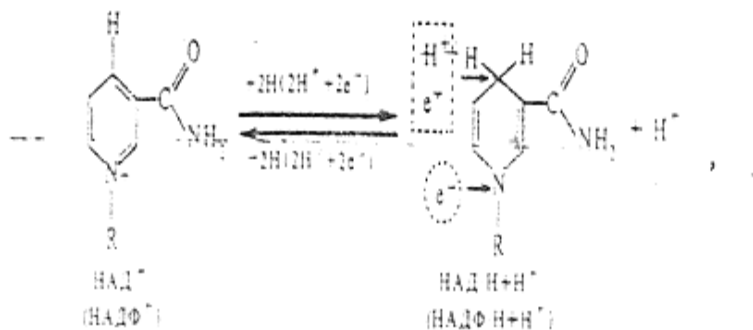


**NADF /Okislenen
görnüşü/**

Formulalardan görnüşi ýaly NADF NAD kofermentiň önümidir. Bu koferment özüniň nikotinamid – nukleotid bölegindäki ribozanyň 2- nji uglerod atomynyň (–OH) toparynyň wodorodyny fosfor kislotasynyň galyndysyna çalyşandyr. Şoňa görä ol, NAD kofermentinden tapawutlanýandyr. NAD we NADF organizmde glýukoza we ýag kislotalary ýaly ýangyç molekulalaryny okislendirmekde elektronlaryň esasy akseptory bolup hyzmat edýär. NAD we NADF molekulalarynyň reaksiýa ukuply bölegi olaryň nikotinamid halkasydyr.

Substraty okislendirmekde, onuň nikotinamid halkasy gidrid iýonynyň ekwiwalentleri bolan wodorod iýonyny we iki elektrony özüne birleşdirýär. Şeýlelikde onuň gaýtarylan görnüşi (NAD – H)

emele gelyär. Substratyň ikinji wodorody H-ion görnüşinde gurşawa geçýär.



NAD⁺(NADF⁺)

Okislenen görnüşi

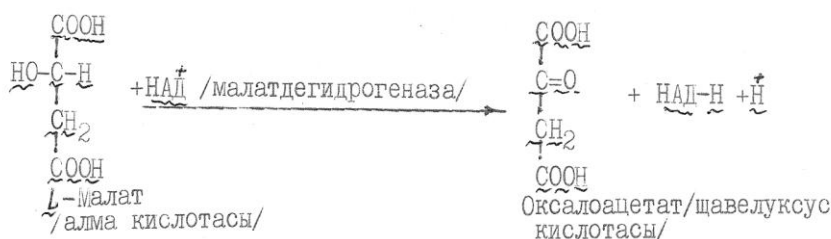
NAD-H (NADF-H)

gaýtarylan görnüşi

Bu formulada R – nikotinamid kofermentiniň galan bölegidir.

Reaksiýadan görnüşi ýaly nikotinamid kofermentleriniň ikisi hem elektronlary we protonlary öwrülişikli kabul edip bilýärler. Şoňa görä, olar degidrogenaza fermentleriň düzümine girýärler. Mysal üçin, malatdegidrogenaza fermentiniň täsiri esasynda malatdan /alma kislotasy/ NAD molekulasyňa gidrid-iony /H/ öwrülişikli göçürilýär, ikinji wodorod atomy bolsa malat molekulasyňyň gidroksil

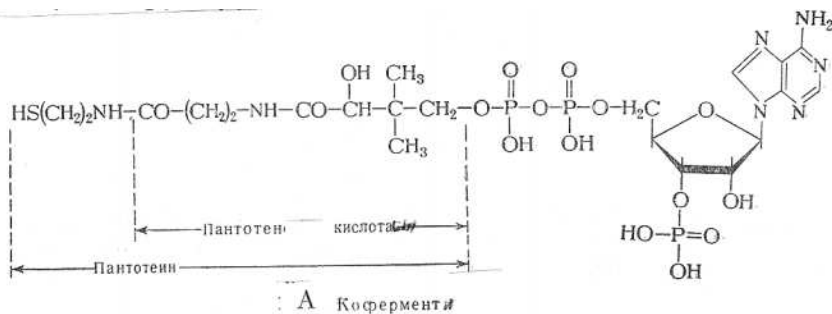
toparyndan H-iony görnüşinde erkin halyna bölünip aýrylýar. Şeýlekikde malat oksaloasetata ovrulýar.



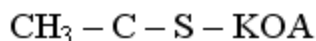
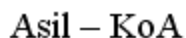
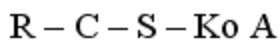
Şeýle tipdäki degidrogenazalaryň birnäçesi bize mälimdir, ýöne olaryň her birisiniň haýsy – da bolsa belli substrata bolan gatnaşygy, koferment hökminde NAD^+ peýdalanýan bolsa, beýlekisi NAD^+ -den peýdalanýandyr.

Pantoten kofermentleri. Öýjüklerde, erkin ýa – da ferment proteinleri bilen baglanyşan ýagdaýynda duş gelýän A kofermenti (HS-KoA), defosfokofermenti /defosfo – K_O SH/, pantetein-4-fosfor ýaly möhüm birleşmelriň başlangyç maddasy bolup pantoten kislotasy / W_3 vitamini/ hyzmat edýär. A kofermenti asilgrupbalaryny uniwersal göçürjidir. Şoňa görä ol metabolizm prosesinde esasy orny eýeleýär. 1945-nji ýylda F.Limpan fermentler tarapyndan katalizlendirilýän köp sanly asetilirlenme prosesleri üçin termostabil /gyzgyna durnukly/ kofaktoryň zerurdygyny anyklady we ol kofaktor A kofermenti (KoA) diýip atlandyryldy. A kofermenti

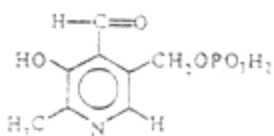
/KoA/ bölünip alynandan birnäçe ýyl soň onuň strukturasy anyklandy.



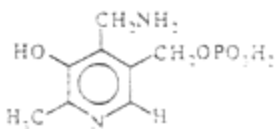
KoA molekulasyňň reaksiýa ujuply bölegi, onuň başky sulfodil (- SH) grupbasydyr. A kofermentine asil grupbalary tioefir baglanyşygy arkaly birleşýändir. Şeýlelik- de emele gelyän önümine asil – KoA diýip at berilýär. KoA birleşýän asil grupbasy, köplenç halatlarda asetil ($\text{CH}_3 - \text{C} - \dots$) grupbasy bolup bilýär. A kofermentiniň /KoA/ emele getirýän şeýle önümine asetil – KoA diýilýär.



Piridoksin kofermentleri. Bu kofermentleriň esasy çeşmesi /B₆ vitamini/ - piridoksindir. B₆ vitamini biri-birine meňzeş bolan üç sany birleşmäni öz içine alýar. Olara – piridoksol, piridoksin we piridokamin degişlidir. Bu vitaminlerden organizm öýjüklerinde piridoksakfosfat we piridoksaminfosfat ýaly iologik aktiw kofermentler emele gelýär.



Piridoksalfosfat



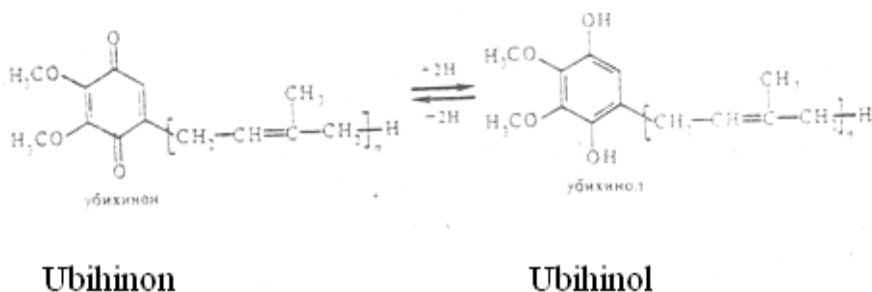
Piridoksaminfosfat

Bu kofermentler birnäçe aminokislotalary dekarboksilirlеме /CO₂ aýyrmak/ we aminokislotalaryň /- NH₂/ aminikogruppasyny ketokislotalara göçürmek /pereaminirlеме/ reaksiýalarynda örän aktiw rol oýnaýarlar. Pereaminirlеме reaksiýasynyň mehanizimi we oňa gatnaşýan piridoksin kofermentleri barsynda fermentler bölüminiň transferazalar klasysynda giňişleýin maglumat birilendir.

Hinon kofermentleri. Bu kofermentlere, tebigy hinoid birleşmeleriniň arasynda koferment häsiýetli – ubihinon, ýa – da Q – kofermenti we ösümlik organizmlerinde duş gelýän onuň

analogoplastohinon değışlidir. Ubihinon witamine meñzeş lipofil maddadyr.

Tebigy ubihonlar himiki gurluşlary boýunça hinina değışli bolup, onuň gapdal zynjyryny birnäçe izopren zweionlary düzýändir. Şoňa görä, $Q_1 - Q_{12}$ çenli ubihinonlaryň birligi anyklanyldy. Bu kofermentleriň iň köp duş gelýänleri bolsa $Q_6 - Q_{A10}$. Ubihinin mitohondriniň membramalarynda köpdür. Şeýle hem öýjükleriň ýadrosynda bardyr. Ubihinon öwrüşikli okislenme – gaýtarylma reaksiýasyna ukupludyr.

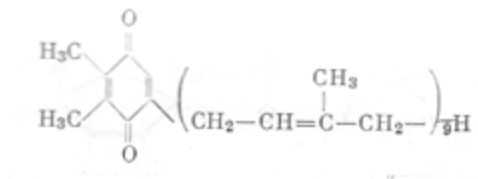


Ubihinon wodorod bilen gaýtarylanda ubihinola öwrülýä, okislendirilinde bolsa ýene-de yzyna ubihinona geçýär.

Ubihonon okislenme gaýtarylma häsiýetli bolandygyna görä, ol, mitohondiriniň dem alyş sistemasynda elektronlary we

protonlary geçirmeklige gatnaşýandyr. Onuň anology plastohinon bolsa hloroplastlarda şol roly ýerine ýetirýär.

Plastohinonyň struktura gurluşy hem ubihinonyň gurluşuna örän ýakyndyr.



Plastohinon

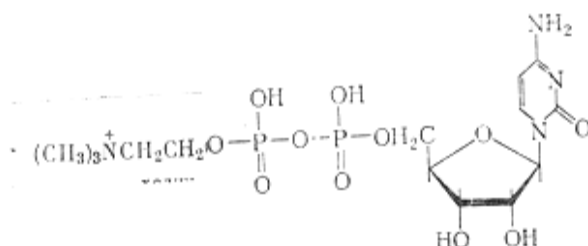
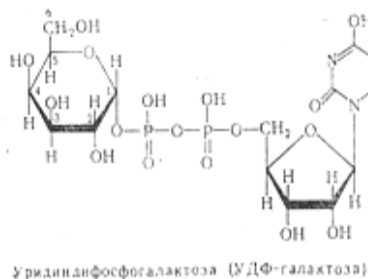
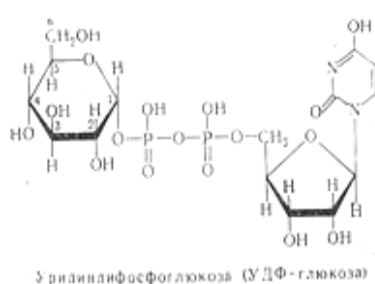
Witaminsiz kofermentler.

Nukleotid kofermentleri. Bu kofermentlere vitamin önümlerine deňişli bolmadyk birleşmeler geçirýärler. Olara çetki fosfat galyndylarynyň üsti bilen birleşen dürli substratlary bolan nukleozidmonosfatlar deňişlidir.

Ähli nukleotid kofermentlerini, düzümine goryän nukleozidleriň tipine baglylykda baş topara bölýärler. Olar, uridin, sitidin, timidin adenozin we guanizin nukleotidlerini biri – birinden özlerine birleşýän substratlary boýunça tapawutlandyryrlar.

Özleriniň düzüminde monosaharidleriň, spirtleriň, aminokislatalaryň, lipidleriň we organiki däl maddalaryň

galyndylaryny saklaýan dürli kofermentleriň 60-dan gowyragy bellidir. Olardan has ähmiýetlisi nukleozidmonosaharidler toparydyr. Käbir nukleotid kofermentleriniň struktura gurluşyny şeýle görnüde aňlatmak bolar:



Sitidindifosfatholin
/SDF – holin/

Belli bolan nukleotid kofermentleriniň köpüsi nukleoziddifosfatlara degişlidir, şeýlede bolsa tebigatda nukleozidmonofasfatlar hem düş

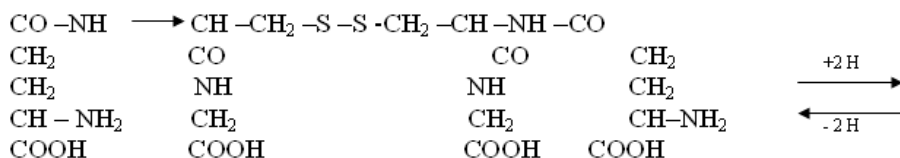
gelyändir. Oňa mysal edip sitidinmonofosfatsial kislotasyny /SMF – sial k-sy/ görkezmek bolar.

Witaminsiz nukleotid kofermentleriniň gatnaşýan reaksiýalary 2 tipde bolýar. Birinjisi, koferment molekulasynda substratyň öwrülişmesi bilen bagly reaksiýadyr. Bu ýagdaýda koferment kosubtrada çalyşmaklyk edýär. Kofermentiň düzümindäki substrat dürli öwrülişiklere sezewar bolup biler: stereozomerleşme /UDF – galaktoza öwrülmegi/ : okislenme ýa – da gaýtarylma prosesi /mysal üçin, bagyrda UDF – gulýukozanyň glýukoza galyndysyndaky S – 6 atomynyň ilkinji spirt grupbasy fermentatiw okislenmä sezewar bolýar. Şeýlelikde UDF –gluýukoza UDF – glýukuron kislotasyna öwrülýär/ we ş.,m.

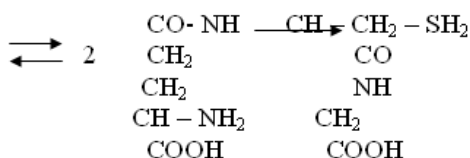
Reaksiýanyň ikinji tipi, grupbalaryň göçürmeklik reaksiýasynda nukleotid kofermentleriniň substrat donolary hökminde gatnaşýandygy bilen baglydyr. Şeýlelikde koferment bilen substraty birleşdirýän fosfodiefir baglanyşygy üzülýär. Reaksiýanyň bu tipi dürli görnüşdäki maddalary sintezlemekde peýdalanylýar. Mysal üçin, glikogeniň biosintezinde glýukoza donory bolup UDF gulýukoza hyzmat edýär.

Şonuň ýaly hem, holinfosfotidleriň biosintezi üçin holin donory bolup UDF –holin gatnaşýar we ş., m.

Penpit kofermentleri. Glutation bu kofermentleriň iň möhüm wekilidir. Ol himiki tebigaty boýunça üç sany aminokislatadan /glutamin kislotsy, pistein we glisin/ ybarat bolan tripepitdir. Onuň funksional grupbasy düzümindäki sisteiniň öwrülişikli okislenme – gaýtarylma reaksiýasyna ukuply bolan sulfagidril (- SH) grupbasydyr. Şoňa görä, glutacion iki hili görnüşde bolýar: gaýtarylan /gysgaldylan görnüşde/ I – SH/ we okislendirilen ýa-da disulfid (Γ – S – S - Γ) görnüşleri:



Glutationyň okislenene /disulfid/ görnüşi /Γ – S – S – Γ/



Glutationyň gaýtarylan görnüşi / Γ – SH/

Struktura gurluşyndan görnüşi ýaly, glutacionyň okislendirilen görnüşi, disulfid (- S – S -) baglanyşygy arkaly birleşen gaýtarylan görnüşiniň iki molekulasyndan ybaratdyr.

Glutation adam we haýwan organizimleriniň öýjüklerinde /aýratyn hem ýilikde, göz hrustalynda/, bakteriýalarda, drojda, kömeleklerde we gök ösümlüklerde duş gelýär. Ol köpsanly fermentatiw reaksiýalaryň kofermenti bolup hyzmat edýär. Mysal üçin, glutation –okisdoreduktazalara degişli bolan glutaionperoksidazalaryň kofermentidir.

Bulardan başga-da uglewodlaryň käbir fosforlary hemkofermentiň funksiýasyny ýerine ýetirýär. Mysal üçin, gulýukoza – 6 – fosfatyň we fruktoza – 6 – fosfatyň öwrülşikli izomerleşme reaksiýasyny katalizlendirýän gulýukozofosfataza fermentiniň kofermenti bolup gulýukoza – I, 6 – difesfat hyzmat edýär. Şonuň ýaly hem, 2 – fosfogliseratyň 3 – fosfogliserata öwürilmegine we onuň tersine bolan reaksiýalara gatnaşýan fosfogliterat fermentiniň kofermenti 2, 3 – difosfogliseratdyr. Galybersede 2, 3 – difosfogliserat gemoglobiniň funksiýasyny sazlamaklyga hem gatnaşýar.

Metal ionlary hem fermentleruň kofaktorydyr.

Mälim bolşy ýaly, adam we haýwan organizimleriniň aram ýagdaýda ösmegi we biologik funksiýalary ýerine ýetirmegi üçin witaminlerden başgada birnäçe organiki däl elementler hem gerekdir. Bu elementleri – makroelementlere we mikroelementlere bölýärler.

Makroelemntlere – Ca, Mg, Na, K, P, S, we cl degişlidir, we olar organizm üçin ýeterlik derejede /gije – gündizde birnäçe grama çenli/ gerekdir. Köplenç halatlarda bu elementler birnäçe funksiýany ýerine ýetirýärler. Mysal üçin, kalsiý süňkiň düzümine girýän organiki däl maddanyň – gidroksiapatitiň struktura komponenti bolmak bilen bir hatarda Ca^{2+} iony öýjüleriň sitoplazmasynda öän möhim sazlaýjyk roluny hem ýerine ýetirýändir. Fosfor bolsa görnüşinde öýjüklerdäki ATF – garaşly energiýa geçiriji sistemanyň möhim komponentidir.

Çaşyryp bolmaýan mikroelemntleriň hem, fermentleriň täsirine /aktiwligine/ gös – göni gatnaşygy bardyr. Bu elementleriň organizm üçin gerek bolan gündelik mukdary birnäçe milligram ýa – da mikrogramdy. Haýwanlaryň iýmitinde 15 – e golaý mikroelementiň hökmany suratda gerekdigi mälimdir. Çaşyryp bolmaýan mikroelementleriň köpüsi fermentleriň kofaktorlary ýa – da prostetik grupbasy bolup hyzmat edýärler. Şoňa goä olar, haýsyda bolsa mümkin bolan funksiýalaryň azyndan üçüsini ýerine ýetirýärler. Birinjiden, çaşyryp

bolmaýan mikroelement ol ýa – da beýleki himiki reaksiýa üçin özbaşdak kataliki aktiwlik ýüze çykýar. Şoňa görä ol, ferment –

belogyň gatnaşygynda reaksiýanyň tizligini ep – esli derejede ýokarlandyrýar. Şeýle ýagdaý aýratyn hem demir we mis ionlary üçin mahsusdyr. Ikinjiden, metal iýony hem substrat bilen, hem fermentiň aktiw merkezi bilen bir wagtda kompleks emele getirýär. Netijede, olaryň ikisi hem biri – birine golaýlaşyp aktiw görnüşe öwürülýär. Üçinjiden, metal iony kataliki belli stadiýasynda örän güýçli elektron akseptorynyň rolyny ýerine ýetirýär.

5-nji tablisa Mikroelementler we olaryň biologik funksiýalary

Element	Biologik funksiýalary
Demir (Fe)	Gem saklaýan elementleriň prostetik grupbasyny /katalazalar, sitohromoksidazalar./
Ion (J.)	Galkan şekilli mázleriň gormanlaryny sintezlemekde gerek.
Mis (Cu)	Sitohromoksidazanyň prostetik grupbasy.
Marganes (Mn)	Arginazanyň we beýleki fermentleriň kofaktory.
Sink (Zn)	Degidrogenazanyň, DNK – polimerazanyň, karboangidrazanyň kofaktory.
Kobalt (Co)	B ₁₂ witaminiň komponenti.
Molibden (Mo)	Ksantinoksidazanyň kofaktory.
Selen (Se)	Glutationpeksidazanyň we beýleki fermentleriň kofaktory.
Wanadiý (v)	Nitratreduktazanyň kofaktorlary.
Nikel (Ni)	Ureazanyň kofaktory.
Hrom (Cr)	Ganyň düzümindäki glýukozanyň aram ýagdaýda harçlanmagyny kadalaşdyrýar.
Galayý Sn	Süňk dokumalarynyň emele gelmegine gatnaşýar.
Ftor (F)	Süňk dokumalarynyň emele gelmegine gatnaşýar.
Kremniý	Birleşdiriji dokumalaryň we süňk dokumalarynyň emele gelmeginde gatnaşýar.
Myşşak (As)	Näbelli.

Aktiwligi metal ionlary bilen bagly bolan fermentlere – metallofermentler diýilýär. Metallofermentleriň belok bölegi /apofermenti/ metal bilen berk baglanyşykda bolýarlar.

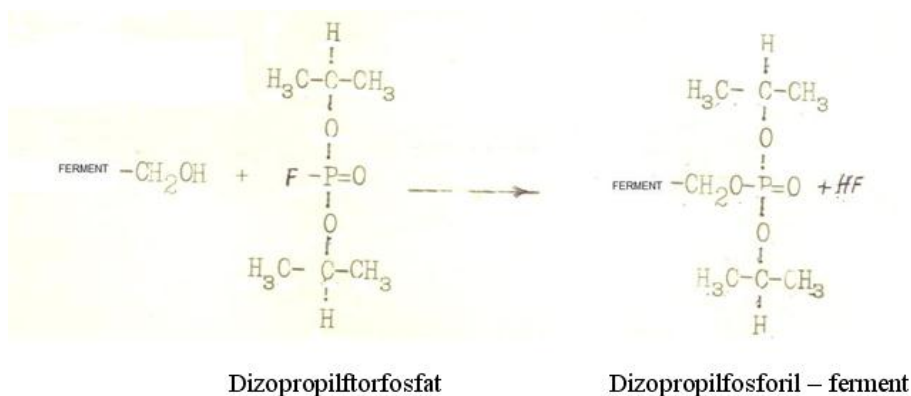
Hakyky metallofermentleriň ergini dializ geçirileninde fermentiň belok böleginden metal bölünip aýrylmaýar we fermentatiw aktiwligi hem peselmeýär.

Metallofermentleriň düzümindäki metal, ýa – da fermentiň prostetik grupbasynyň düzümine girýär /mysal üçin, gemoglobiniň, hlorofiliň, kobalaminiň/, ýa – da beloklaryň aminokislata galyndylarynyň funksional grupbalary bilen helat kompleksini emele getirýärler. /Mysal üçin, alkogolsdegidrogenaza, suksinatdegidrogenaza we başgalar/. Şeýle kompleksleri emele getirmekde sisteiniň – SH grupbasy, gistidiniň imidazol grupbasy, seriniň gidroksil grupbasy, şonuň ýaly hem polipeptid zynjyryndaky erkin karboksil we aminogrupbalary gatnaşýarlar.

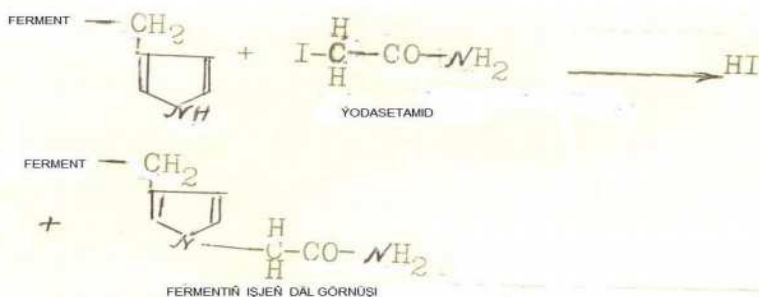
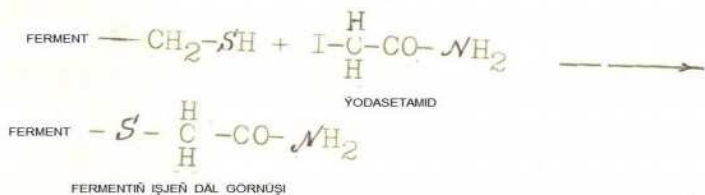
§ 7. *Fermentatiw reaksiýanyň ingibitorlary* ***we aktiwatorlary***

Fermentatiw reaksiýanyň tizligine, ýagny fermentiň aktiwligine pH sredadan we temperaturadan başga – da, reaktion sredada aktiwatorlaryň we ingibitorlaryň bolamgynyň örän uly täsiri bardyr. Aktiwatorlar reaksiýanyň tizligini ýokarlandyrýarlar, emma

onuň tersine ingibitorlar reaksiýany kem – kesleýin bökdeýärler ý – da doly suratda togtatýarlar. Ýöne welin, kähallatlarda birleşmeleriň birnäçesi fermentleriň käbirleri üçin ingibitor bolsa, beýleki bir fermentler üçin aktiwator bolup hyzmat edýärler. Mysal üçin sinil kislotasy we onuň duzlary /sianidler/ dem alyş fermenti – sitohromeksidazany bada – bad gabaýar we dokumalaryň dem alyşyny togtadýar. Şeýle – de bolsa, şol bir sianidler papainiň /ösümlik proteazalary/, katepsiniň /haýwan proteinazalary/ we beýleki fermentleriň aktiwligini belli derejede ýokarlandyrýarlar. Fermentativ reaksiýanyň ingibirlenme prosesini – öwrülišikli we öwrülišiksiz ingibirlenme ýaly iki tipe bölýärler. Öwrülišiksiz ingibitorlar aktiwligi ýüze çykarýan ferment molekulasy bilen verk baglanyşýarlar ýa – da olaryň funksional grupbalaryny üýtgedýärler. Ingibirlenmäniň şeýle tipine öwrülišiksiz diýilýär. Öwrülišiksiz ingibirlenmä mysal edip nerw impulslaryna habar bermekde aýgytly rol oýnaýan – asetilholinesteraza fermentini ingibirlenýän diizopropilforfosfaty görkezmek bolar. Ol, ferment molekulasyňyň aktiw merkezindäki serin aminokislotasynyň galyndysy bilen özara täsirleşip aktiw däl – diizopropilfosforil – ferment kompleksini emele getirýär:



Käbir fermentlerñ beýleki bir öwrüşiksiz inhibitoryiodasetamid, ol fermentiñ aktiw merkezindäki sisteiniñ sulfagidril (- SH) grupbasy ýa – da gistidiniñ imidozol grupbasy bilen özara täsirleşip degişli fermenti aktiw däl birleşmä öwürýär.

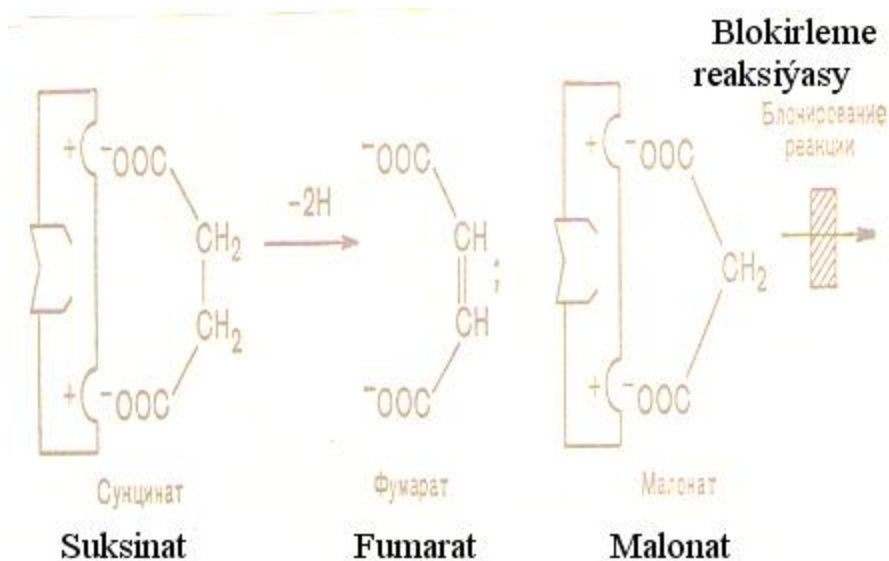


Fermentlerin ikinci tipi-övrüşikli ingibirleme bolup, ol öz gezeginde bäsleşikli we bäsleşiksiz ingibirlemelere bölünýär.

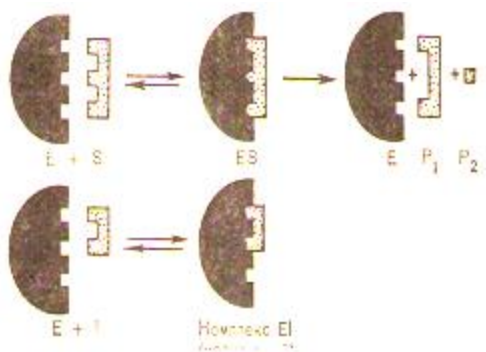
Haçan-da reaksiyon sredada substrat bilen strukturasyneňzeş bolan madda bar bolsa, onda bäsleşikli ingibirleme ýüze çykýar. Sebäbi şeýle madda substrat bilen deň derejede fermentiň aktiw merkezine birleşmäge ukyplydyr.

Şoňa görä, fermentiň aktiw merkezini eýelemek üçin substrat bilen ingibitorlaryň arasynda bäsleşik döreýär. Oňa mysal edip, organizmde suksinatdehidrogenaza fermentiniň katalizlendirýän

ýantar kislotasynyň fumar kislotasyna öwürülýän reaksiýasyna görkezmek bolar:



Bu reaksiýada suksinatdehidrogenaza fermentiniň aktiw merkezini eýelemek üçin, strukturasy boýunça meňzeşligi bolan malon kislotasy ýantar kislotasynyň bäsdeşidir. Şeýlelikde, ferment /suksinatdehidrogenaza, “aldanyp” substrata / ýantar kislotasyna / Derek oňa meňzeş bolan malon kislotasyny özüniň aktiw merkezine birleşdirýär. Bu prosesi aşakdaky shema boýunça has aýdyň görkezmek bolar:



Комплекс EL

17-nji surat. Bäsleşikli ingibitoryň täsir ediş shemasy / W.L. Kretowıçıň shemasy boýunça/. E-ferment, S-substrat, I-ingibitor, P_1 we P_2 reaksiýanyň önümleri.

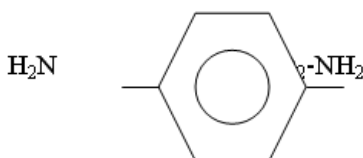
Fermentiň aktiwligini peseltmekde, bäsleşikli ingibitoryň täsir edijilik güýji sredadaky substratyň konsentrasiýasyna baglydyr. Eger-de fermentiň töwereginde substratyň molekulasy köp bolsa, ingibitoryň molekulasy hem az bolsa, onda substratyň fermente birleşmek mümkinçiligi artýar we ýygylaşýar. Şoňa görä, substratyň konsentrasiýasyny köpeltmek bilen bäsleşikli ingibitorlaryň täsirini, ýagny ingibirleme ukybyny gowşatmak ýa-da doly suratda ýatyrmak bolýar.

Fermentleriň täsir edijilik aktiwligini bäsleşikli peseltmek metody medesina praktikasynda giň orun tapdy. Mysal üçin,

bakteriýalar tarapyndan döreýän birnäçe ýokanç keselleri bejermekde sulfanilamid serişdeleri ulanylýar. Bakteriýa fermentiniň esasy bölegi bolan foli kislotasyny sintezlemekde bakteriýa öýjükleriniň peýdalanylýan paraaminobenzoý kislotasy bile bilen bu serişdeleriň struktura meňzeşligi bardyr. Şeýlelik-de, struktura meňzeşliginiň bolmagy mynasybetli sulfanilamide, foli kislotasyny sintezlendirýän paraaminobenzoý kislotasyny, ferment bilen kompleksinden gysyp çykarýar we fermentiň herekettini gabaýar. Ol bolsa bakteriýanyň ösüşini togtadýar.



**p- Aminobenzoý
kislotasy**



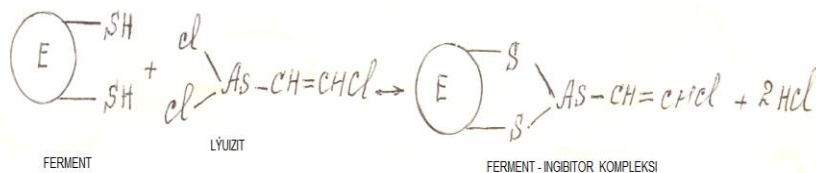
Sulfanilamid.

Başga-da köpsanly derman serişdeleri şol sanda antibiotikler hem edil şolara meňzeş täsir edýärler. Olar hem bäsleşikli togtatma tipinde bakteriýa fermentleriniň aktiw merkezini gabaýarlar.

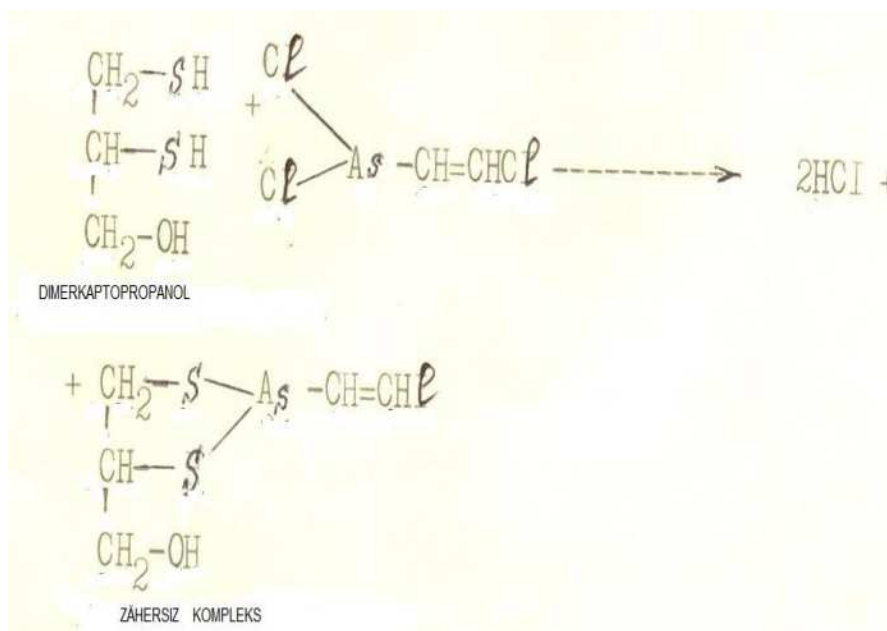
Bäsleşiksiz ingiirlemäni, substrat bilen strukturasy meňzeş bolmadyk maddalar döredýärler. Olar ferment molekulasynyň aktiw merkezine birleşmän, haýsydyr başga bir ýerine, ýagny

apofermentine /prostetik gruppasyňa/ birleşýärler. Şeýlelikde ferment molekulasyňyň konformasiýasy üýtgeýär we ol aktiwligini ýitirýär. Şeýle togtadylmanyň esasy wariantlarynyň biri-simap, myşýak, gurşun ýaly agyr metallar /olar polipeptid zynjyrynyň sulfogidril (-SH) gruppasyňa birleşýärler/, sinil kislotasyňyň duzlary, uglerod oksidi /II/ we ş.m. bilen fermentiň /blokirlenmegi/ gabalmagydyr. Mysal üçin, sianidler sitohromoksidazanyň üç walentli demiri bilen berk baglanyşyp dem alyş zynjyryndan fermenti boşadýarlar. Şeýlelikde, dokumalaryň dem aýşy 90 % basylýar. Şoňa görä, eger-de zäherli maddalaryň gereginden ýokary mukdary organizme düşse, onda onuň heläk bolmagy gutulgysyzdyr.

Bäsleşiksiz togtadylmanyň inhibitorlaryň beýleki biri lüzizdir. Lüzit zäherli madda bolup ol, fermentiň aktiw merkezindäki erkin (-SH) gruppasyny gabaýar. Şeýlelikde, ferment aram ýagdaýda hereket edip bilmeýär.



Organizmde zäherli maddalary baglanşdyrmak ýa-da ony ferment-ingibitor kompleksinden daşlaşdyrmak, dimerkaptopropanol ýaly zähre garşy maddalary girizmek arkaly amala aşyrylýar.



Fermentleriň aktiwligini ýokarlandyryýan maddalara – aktiwatorlar diýilýär. Himiki birleşmeleriň arasynda fermentleriň aktiwligini goldaýan dürli görnüşdäki maddalar duş

gelyärler. Olardan, duz kislotasy-pepsiniň, ot kislotasy-pankeratik lipazanyň täsirini aktiwleşdirýär. Şeýle hem, erkin (-SH) gruppasyny saklaýan /glutation, sistein/ birleşmeler, birnäçe dokuma fermentleriniň /oksidoreduktazalar, katepsinler, arginaza/, ösümlik proteinazasy – papainiň we başgalaryň aktiwligini belli derejede ýokarlandyryrlar. Aýartyn hem, aktiwator hökmünde köplenç iki walentli metallar hyzmat edýärler. Belli bolan fermentleriň dörtde bir bölegine golaýyň aktiwligini goldamak üçin metallaryň zerurlygy subut edildi. Käbir fermentler bolsa, metallar gatnaşmasa hiç hili aktiwligi ýüze çykarmaýarlar. Şoňa görä, fermentleriň aglabasy metallaryň gatnaşmagy bilen aktiwleşýärler, hususan hem enoloza Mg^{++} , Mn^{++} , K^{+} elementleriniň gatnaşmagynda aktiwleşýär. Käbir fermentleriň hereketini aktiwleşdirýän metallar 6-njy tablisada görkezilendir.

6-njy tablisa. Metallaryň aktiwleşdirýän fermentleri.

Ferment	Metal	Ferment	Metal
Sitohromy	Fe	Amilaza	Ca
Katalaza	>>	Lipaza	>>
Peroksidaza	>>	Karboangidraza	Zn
Triptofanoksidaza	>>	Laktatdegidrolenaza	>>
Gomogentizikaza	>>	Urikaza	>>
Askorbatoksidaza	Cu	Karboksipeptidaza	>>
Tirozinaza	>>	Peptidazy	Mg
Fenoloksidaza	>>	Fosfatazy	>>
Ksantinoksidaza	Mc	Fosfoglükokinaza	>>
Nitratreduktaza	>>	Arginaza	Mn
Aldegidoksidaza	>>	Fosfoglükomutaza	>>
Peptidazy	Co	Holinesteraza	>>

BÖLÜM 4. NUKLEIN KISLOTALARY

§ 1. Nuklein kislotalary we olaryň struktura elementleri

1. Nuklein kislotalar janly organizimiň ýaşayyşa işjeňlik hadysasynda örän möhüm funksiýalary erine etirýärler: beloklaryň biosintezinde , organizimleriň keselgeçjilik alamatlaryny saklamakda we ony nesilden-nesile geçirmekde.

Nuklein kislotalary ilkinji gezek 1868-nji ýylda şweýsar himigi

F. Mişer tarapyndan öýjük ýadrasynda tapyldy.

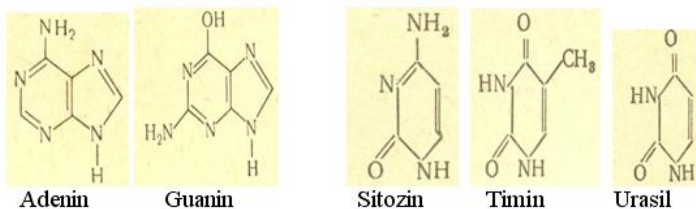
Sora nuklein kislotalaryň iki görnüşi anyklanydy: dezoksiribonuklein we ribonuklein (DNK we RNK). Organizmlerde DNK we RNK-niň ýerine ýetirýän funksiýalary we fiziko himiki häsiýetleri dürli-dürlidir.

DNK janly organizimleriň nesilgeçijilik alamatlarynyň material görerijisidir. DNK ähli janly organizimleriniň öýjükleriniň ýadrasında duş gelýär.

RNK-nyň funksiýalary esasan organizimdäki bolup geçýän beloklaryň biosintezi bilen baglanyşkly.

2. Nuklein kislotalarynyň esasy komponentleri geterosiklli azotly eseslar –pirimidin we puzin önümlerinden, uglewodar-pentozalar D-riboza we 2-dezoksi –D-ribozadan hem-de fosfor kislotasynyň galyndysyndan ybaratdyr.

Nuklein kislotalarynyň düzümine köplenç halatlarda purin önümleriň ikisi (adenin we guanin), pirimidin önümleriň bolsa üçüsi (urasil, timiwe sitozin) girýändir.



Edil beloklara boluşy ýaly, nuklein kislotalaryň hem birlenji, ikilenji, we üçlenji strukturalary bardyr.

DNK-nyň we RNK-nyň birlenji strukturalary göni polinukleotid zynjyryndan ybarat bolup, onuň düzümindäki mononukleotidler özara 3¹ we 5¹ – fosfodiefir baglansygy arkaly birigendir. DNK we RNK molekullarynyň birlenji strukturasynyň molekulasyndaky mononukleotidleriniň yzygiderli erleşişini aňladýandyr.

Nuklin kislotalarynyň birlenji strukturasy olaryň ýokary gurnalyş drejeleri bolan inilenji strukturalaryny kesgitleýärler.

1953-nji ýylda D. Uotson we F. Krik tarapyndan geçirilen birnäçe analitiki maglumatlaryň we rentgenostruktura analiziň netijesinde DNK –nyň spiral şekilli modeli hödürlendi. Şona görä DNK-nýň ikilenji strukturasy biri-birine antiparallel erleşen goşa spiral şekilli polinukleotid zynjyryndan ybaratdyr. Olaryň azotly esasly içinde, fosfar we uglerod komponentleri bolsa daşynda ornaşandyr. Bir zynjyryň adenin esasynyň garşysynda beýleki zynjyryda timinýerleşýär, guaniniň garşysynda bolsa sitozin.

Bu komplementar azotly esaslar özara wodorod baglanşygy arkaly saklanýarlar. Adenin bilen mininiň arasynda iki sany wodorod baglanşygy, guanin bilen sitoziň arasynda bolsa üç sany wodorod baglanşygy emele gelýär.

Ähli tebigy DNK-lar goşalanan göni žynjyr şeklinde bolýar, ýöne käbir wiruslarda we bakteriýalardan alynan DNK-nýň tegelenen halka şekilli strukturasy bardyr.

3. DNK-nýň ergini otag temperaturasynda Yokary şepbeşikli bolýar. Temperatura ýokarlananda şepbeşikligi peselýär. Bu ýagdaýa DNK-nýň “eremek nokady “ diýilýär.

Temperatura täsyry esasynda DNK-nyň denaturasiýasy biolup geçýär.

Replikasiýa bu DNK molekulaniň goşa spiralinynyň çözülen uçastogyndaky her bir eke taý zynjyrlary täze nukleotid zynjyry bilen komplementar ýagdaýda goşalanyp DNK-nyň iki esse köpelen molekulasyňyň emele gelmegidir . Bu proses organizmde öýjükleriň bölünýän döwründe bolup geçýär. Onda ilki bilen nukleotid zynjyrynyň arasyndaky wodorod baslanşyklarynyň üzülmegi netiesinde zynjyrlaryň arasy açylyar we olar biri-birinden aýrylyşýarlar. Soňra emele gelen ekeleýin zynjyrlary degişli spesifik fermentleriň täsiri esasynda täze nukleotidler birleşýärler.

DNK-nyň özüne meňzeş täze molekulalary emele getirmek ukyby, onuň nesil yzarlama hadysasynda nesilden nesil geçýän alamatlary nesile geçmekde we sintezlenýär beloga gerek bolan genetiki informasiýany bermekde uly rol oýnaýar.

4. RNK-lar üç klasa bölünýärler: informasion (i-RNK), transport RNK (t-RNK) we ribosomal (r-RNK). Informasion RNK (i-RNK) öýjüklerdäki ähli RNK-nyň 5%-de golaýy i-RNK-dyr. Onuň molekulýär massysy 300000-den 1 men. çenli aralykdadyr.

i- RNK-nyň düzümine diňe dört sany nukleotid galyndysy giýändir -

A,G,S we U . onuň nukleotid düzümine DNK zynjtyrynyň nukleotid

düzümine meňzeşdir (çalyşdaşdyr). i –RNK-nyň esasy funksiýasy DNK-dan sintezlenýän beloga gerekli informasxiýany etirmekden ybaratdyr.

t-RNK-nyň ikilenji strukturasy “ýorunja ýapragynyň” “görnüşinde

bolup, ol t—RNK-nyň aýry-aýry uçastoklarynda komplementar nukleotidleriň zynjypynyň içinde jübütleşmegi esasynda ýüze çykýar.

Şoňa görä, t-RNK-nyň molekulasynda bir näçe struktura uçastoklary emele gelýär; akseptor bölegi, digidrouridin halkasy,psedouridil halkasy we antikodon halkasy.

Ribosomal RNK-öýjüklerinde duş gelýän RNK-nyň esasy bölegi

(80-90 %) r- RNK bolyp, olar öýjükleriň içki böleklerinde ribosomlardan köpdür. Ribosomlar RNK-nyň molekulýar massasy

beýleki RNK-laryna garanyňda has ýokarydyr . R-RNKnyň dört

görnüşi bardyr. R-RNK-nyň bu dört gornüşi ribozanyň iki sany sub-

birliğinde erleşýändir. R-RNK-bar biri-birinden nukleotid gatnaşyklarynyň dürlüligi bilen we olaryň yzygiderli erleşiş tertibi boýunça tapawutlanýarlar. R-RNK beloklaryň biosintezine gatnaşýarlar.

§ 2. Nuklein kislotalarynyň strukturasy

Edil beloklarda bolşy ýaly nuklein kislotalaryň hem ilkinji, ikilenji we üçülenji strukturalary bardyr.

Nuklein kislotalaryň birlenji strukturasy

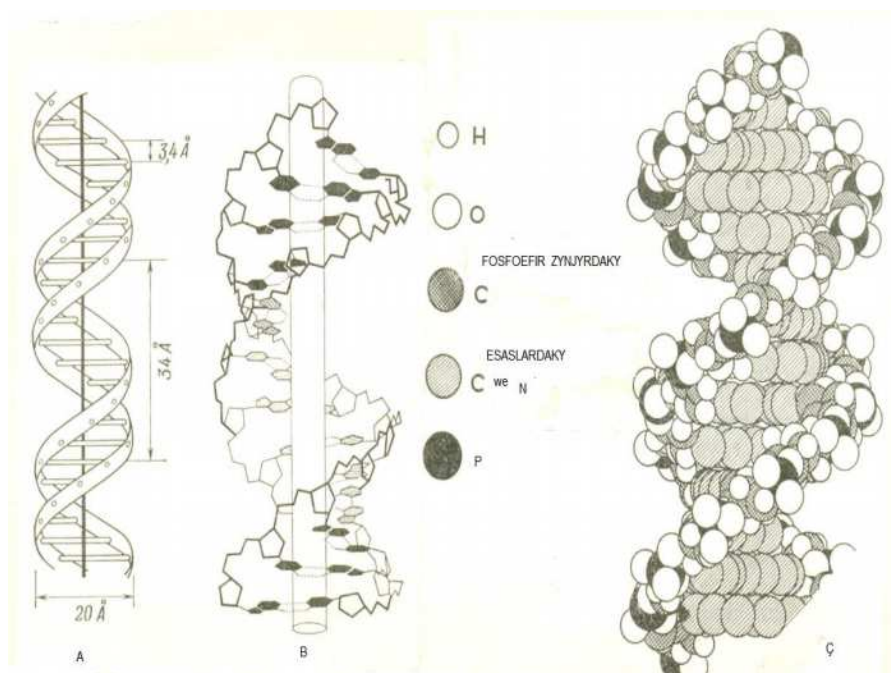
DNK-nyň we RNK-nyň birlenji strukturalary polinukleotid zynjyryndan ybarat bolup, onuň düzümindäki mononukleotid galyndylary özara 3' we 5' - fosfodiefir baglanşygy arkaly birleşendir. DNK we RNK molekulalarynyň ilkinji strukturasy gurnalyşy boýunça birmeňzeşdir. Ol nuklein kislotalarynyň molekulasyndaky mononukleotidleriň yzygiderli tertipde ýerleşişlerini aňladýandyr. (DNK we RNK fragmentlerine seret).

Nuklein kislotalarynyň ilkinji strukturasy, olaryň ýokary gurnalyş derejeleri bolan – ikilenji we üçülenji strukturalarynyň esasyňy kesgitleýändir.

DNK-nyň ikilenji strukturasy

1953-nji ýylda D.Uotson we F.Krik tarapyndan geçirilen analitiki maglumatlaryň we rentgenstruktura analiziniň netijesinde DNK-nyň spiral şekilli nusgasy hödürlendi. Şeýlelikde hödürlenen nusga boýunça DNK-nyň ikilenji strukturasy biri-birine antiparallel ýerleşen goşa spiral şekilli polinukleotid zynjyryndan ybaratdyr. Diýmek, DNK-nyň molekulasy iki sany polinukleotid zynjyryndan ybarat bolup, olar onuň daşyna sag tarapa oralan spiraldyr (20-nji surat). Şoňa görä, polinukleotid zynjyrlary özleriniň azotly esaslarynyň arasynda emele gelen wodorod baglanyşygy arkaly saklanýarlar. Nukleotid zynjyrlary DNK-nyň bispiral molekulasynda belli tertipde giňişleýin ýerleşendir.

Olaryň azotly esaslary nukleotid zynjyrynyň iç ýüzünde, fosfor we uglewod komponentleri bolsa daşyna ornaşandyr.



18-nji surat. DNK molekulasyň modelleri.

A – DNK molekulasyň Uotson-Krikin shematik şekillendirilişi.

Iki sany fosfat-uglewod zynjyry lenta şekilinde görkezilendir; esas jübütleriniň ýerleşşi basgançak şekilli görkezilendir.

B – DNK molekulasyň giňişleýin strukturasynyň modeli.

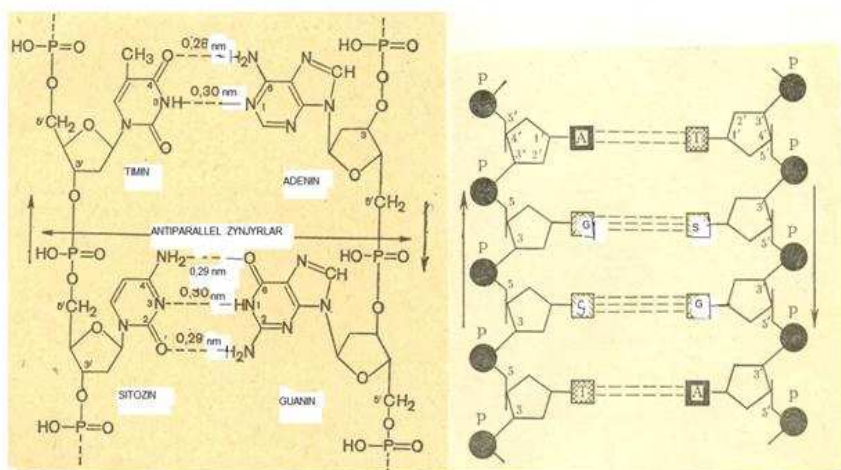
Esaslaryň wodorod baglanyşyklary punktir arkaly görkezilendir.

Ç – DNK molekulasyň çak edilyän modeli.

Ýokardaky shemalardan görnüşi ýaly DNK-nyň doşa spiraly, dezoksiribozanň fosfodiefir baglansygy arkaly emele getiren şekilidir. Ol “öwrümlü merdiwany” ýada salýar. Onda “başgançak” görnüşinde purin we pirimidin önümleri bolan azotly esaslar garşylykly ýerleşendir. Bu azotly esaslary komplementar (üstüni ýetirmek) prindipinde jübütleşmek bilen biri-biriniň üstüni ýetirýär. Şoňa görä, her bir purin esasy belli bir pirimidin esasyňa komplementardyr. Mysal üçin, adenin tiamine (A-T), guanin bolsa sitozine (G-S) komplementardyr.

Bu komplementar azotly esaslar özara wodorod baglansygy arkaly saklanýar. Şeýlelikde adenin bilen timiniň arasynda iki sany wodorod baglansygy, guanin bilen sitoziniň arasynda bolsa üç sany wodorod baglansygy emele gelýär (21-nji surat). Şeýle wodorod baglansyklarynyň çägi 0,28-0,30 nm aralygyndadyr. Görnüşi ýalym, ýeke bir azotly esaslar biri-birine komplementar bolman, eýsem DNK molekulasyndaky dezoksiribonukleotid zynjyrlary biri-birine tutuşlygyna komplementar ýagdaýda ýerleşendir. Bu bolsa DNK strukturasynyň örän ykjamlygyny we ähli molekulanyň durnuklaşmagyny ýüze çykarýar. Shemadan görnüşi ýaly, DNK molekulasyndaky nukleotid zanjyrlarynyň ikisi hem garşylykly polýarlaşandyr.

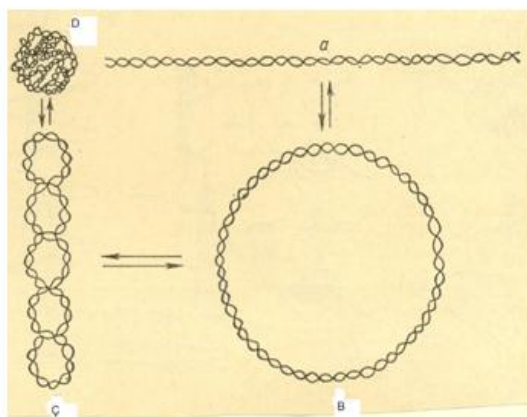
DNK-nyň ikilenji strukturasynyň anyklanylmagy biologiýa ylmy üçin örän uly açyş boldy. Sebäbi şonuň bilen bir wagtda nesilden-nesile geçiş informasiýasynyň mehanizmi hem dolý suratda anyklanyldy.



19-njy surat. DNK molekulasyň ikilenji strukturasyndaky wodorod we fosfodiefir baglanyşyklaryň görkezilişi.

DNK-nyň üçülenji strukturasy

DNK molekulalary göni we halka şeklinde hem bolup bilýärler (20-nji surat). Ähli tebigy DNK goşalanan zynjyr şeklinde bolýar, ýöne käbir wiruslardan we bakteriýalardan alynan DNK, şonuň ýaly hem hloroplastlardan, mitohondrilerden we beýlekilerden alynan DNK-nyň tegelenen halka şekilli strukturasy bardyr. DNK-nyň göni we halka şekilli formalarynyň üçülenji strukturasy spirallaşma we superspirallaşma (aşa towlanmak) mahsusdyr. Şoňa görä, DNK-nyň üçülenji strukturasy goşa spiral molekulanyň goşmaça towlanmagy netijesinde emele gelýär.



20-nji surat. DNK molekulasyň üçülenji strukturasy: a – göni goşa zynjyr; b – halka şekilli; c – aşatowlanan halkasy; d – jebislenen ýumak şekilli.

DNK- molekulasyň superspirallaşmagy megerem onuň käbir biologik funksiýalary ýerine ýetirýändigini bilen baglanyşyklydyr.

Birinjiden, DNK-nyň superspirallaşan molekulasy, onuň has jebisleşen formasydyr we ol uly rol oýnaýar. Ikinjiden superspirallaşma örülen goşa spiralyň çözülmek derejesine we onuň beýleki molekulalar bilen özara reaksiýasyna aýratyn täsiri bardyr.

Ribonuklein kislotalary – RNK

Ribonuklein kislotalary hem DNK ýaly polimer birleşmeler bolup, olar ribonukleozidmonofosfatlardan düzüldür. RNK-lar gös-göni beloklaryň sintezine gatnaşýarlar. Janly organizmleriň öýjükleriniň haýsy bir böleginde belok sintezlenýän bolsa, şol ýerde hem RNK bardyr. Islendik biologik obýektleriň öýjüklerinde RNK-nyň üç görnüşi bardyr. Olara *transport* ribonuklein kislota (tRNK), *ribosom* nuklein kislota (rRNK) we *informasion* ribonuklein kislota (iRNK ýa-da mRNK) deňşlidir. Bu ribonuklein kislotalary özüleriniň ýerine ýetirýän funksiýalary, molekulýar massalary, häsiýetleri we gurluşlary boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar.

Transport ribonuklein kislotalary (tRNK)

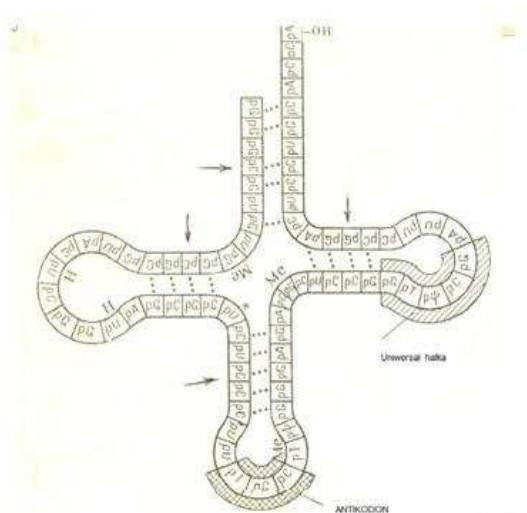
Ribonuklein kislotalaryň bu görnüşleri ähli RNK-nyň 10-20%-ne barabardyr. Molekulýar massasy onçakly köp bolmadyk (30000) tRNK-nyň düzüminde 75-den 90-a çenli nukleotid zwenolary girýändir. Olar öýjüklerde erkin halynda duş gelýärler. tRNK-nyň esasy funksiýasy sitoplazmadan aminokislotalary sintezlenýän ýeri – ribosoma daşamakda transport bolup hyzmat etmekden ybaratdyr.

Aminokislotalary daşamakda her bir aminokislotanyň hususy tRNK-sy bardyr, käbir aminokislotalar üçin bolsa olaryň sany birnäçedir. Häzirki wagta çenli tRNK-nyň umumy sany 60-dan hem gowrakdyr.

Ilkinji öwrenilen tRNK, alanin aminokislotasyny daşaýan tRNK-sydyr. (1965ý), soňra A.A. Baýew şagirtleri bilen düzümi 77 sany nukleotid zwenosyndan ybarat walın aminokislotasyny daşaýan tRNK-ny anyklady.

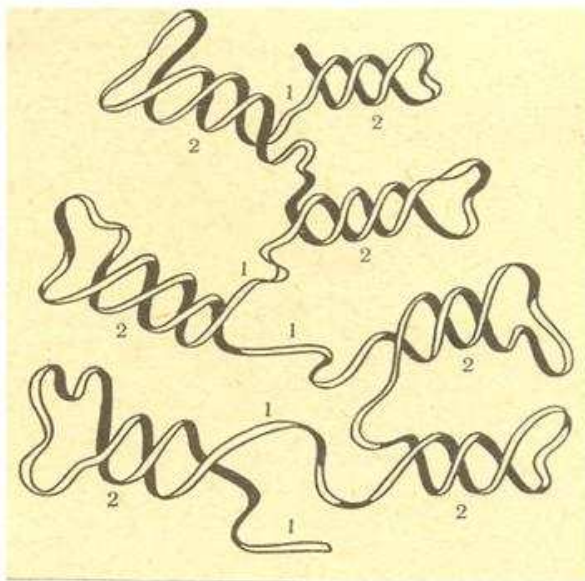
Ähli tRNK-nyň ilkinji strukturasynda ullakan umumylyk bardyr. tRNK-nyň makromolekulasy ýeke-täk zynjyrdan ybarat bolany üçin, onuň giňişlikdäki belli-belli bölekleri eplenip molekulanyň içinde komplementar ýagdaýda goşa spiraly emele getirýär. (Şeýle bölekler 21-nji suratda peýkamjyklar arkaly görkezilendir) şonuň bilen bir hatarda tRNK molekulasyň beýleki

böleklerinde nukleotid zynjyry ýeke-täkligine galýandyr we olar giňişleýin halka emele getirmeýärler.



21-nji surat. Alanin daşaýan tRND-nyň ilkinji we ikilenji strukturasy. (Peykamyklar bilen komplementar jübütleşen nukleotidler görkezilen).

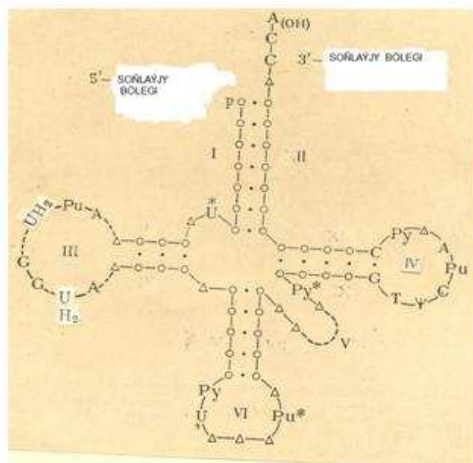
Rentgen difraksiýasynyň berýän maglumatlaryna salgylanmak bilen RNK zynjyrynyň käbir oblastlarynda öz-özünden spiral şekilli towlanan strukturasynyň bardygy anyklanyldy. Şoňa görä, RNK molekulasynyň polinukleotid zynjyryndaky A bilen U we G bilen S ýaly esaslaryň jübütleşýän ýerlerinde spirallaşmanyň dolý tamamlanmadyk gysgajyk uçastoklarynyň bardygyny synlamak bolýar.



22-nji surat. RNK-nyň ýeke-täk polinukleotid zynjyrynda birnäçe spirallasan çäkleriň emele gelişi. 1 – ilkinji strukturasynyň bölekleri; 2 – ikilenji strukturasynyň uçastoklary.

Ähli tRNK-nyň ikilenji strukturalarynda hem käbir meňzeşlikler bardr. tRNK-nyň ikilenji strukturasynyň “klewer ýapragynyň” görnüşinde bolýar we ol tRNK-nyň aýry-aýry böleklerinde komplementar nukleotidleriň molekulanyň içinde

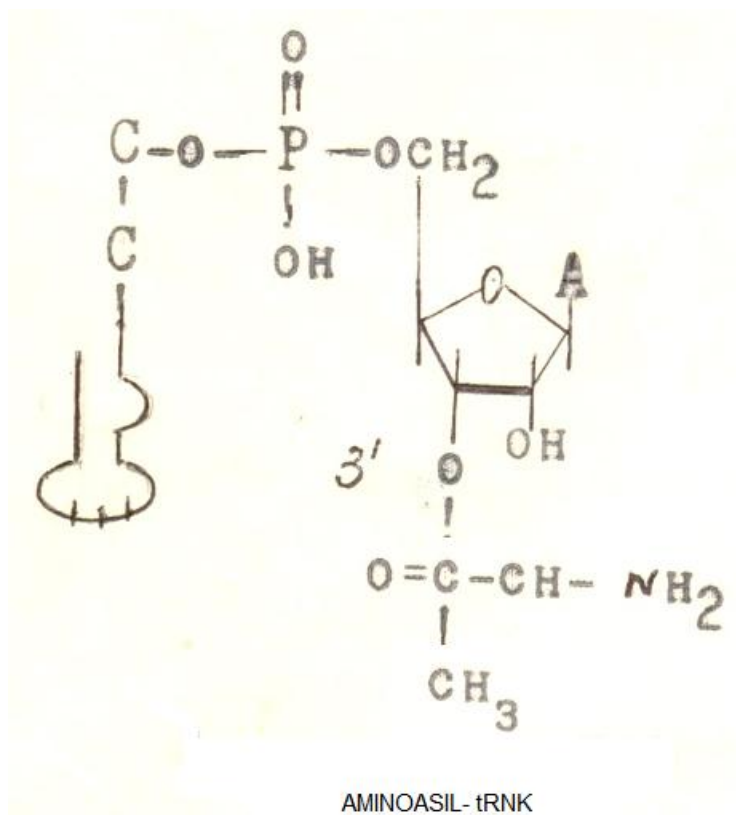
jübütleşmegi esasynda ýüze çykýar. Şeýlelikde, tRNK-nyň molekulasynda birnäçe struktura bölekleri emele gelär. (23-nji surat).



23-nji surat. tRNK-nyň “ýorunja ýapragy” şekilli umumylaşdyrylan ikilenji strukturasy. I - 5'- soňlaýjy bölegi; II – akseptor şahasy; III – digidouridil halkasy(D- halkasy); IV – psewdouridil halkasy (ψ – halkasy); V – antikodon halkasy.

Akseptor şahasy. tRNK-nyň bu bölegi 7 jübüt jübütleşen nukleotid galyndylaryndan (esaslaryndan) ybarat bolup, onuň 3' - ujy C-C-A-OH ýaly jübütleşmedik esaslar bilen tamamlanýar. Ahyrky adenziniň 3' - OH gruppasy erkindir. Oňa ýörite fermentiň gatnaşmagynda aminokislota özüniň karboksil (-COOH) gruppasy arkaly birleşip aminoasil – tRNK-ny emele getirýär. Şoňa görä, tRNK-nyň bu bölegine akseptor şahasy diýilýär. Adenziniň erkin 3' - OH

gruppasyňa birleşen aminokislotany tRNK belogyň sintezlenýän ýeri bolan ribosoma eltip ösýän polipeptid zynjyryna goşýar. tRNK-nyň akseptor şahasyndaky ahyrky adenziniň 3' - gidroksiline alaniniň birleşen ýagdaýyny şeýle görnüşde aňlatmak bolar:



Antikodon halkasy. Bu halka 7 sany nukleotid galyndylaryndan ybarat bolup, ony 5 jübüt jübütleşen esaslar umumy ýapraga birleşdirýär. Antikodonyň özi üç sany nukleotid galyndylaryndan ybarat bolup, ol halkanyň merkezinde ýerleşýär. T-RNK-nyň antikodony komplementar prinsipde mRNK-nyň kodony bilen jübütleşýär. Şeýlelikde, emele gelen kodon-antikodon özära täsirleşmesi ribosomda polipeptid zynjyrynyň düzülýän döwründe, zynjyrdaky aminokislotalaryň ýerleşiş tertibini kesgitleýär.

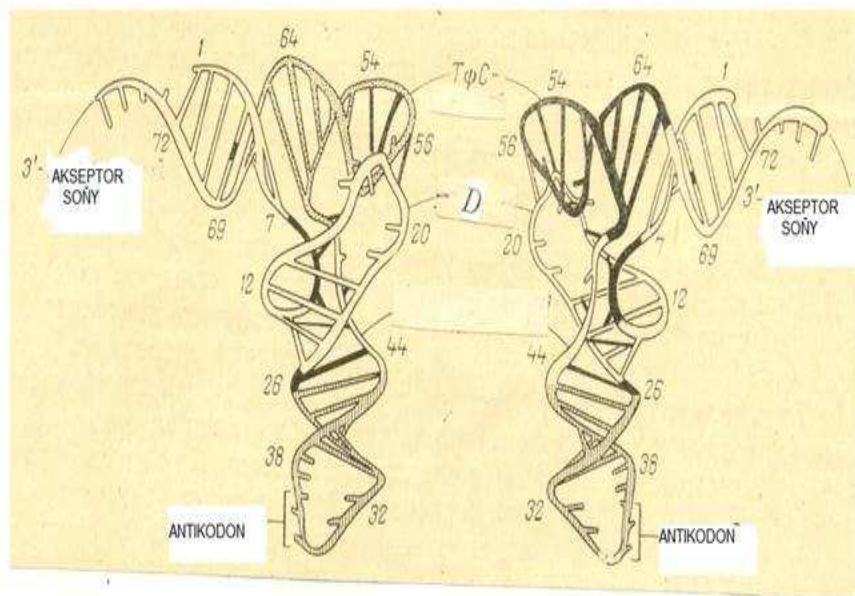
Digidrouridil halkasy. (ýa-da D-halkasy) bu halkany 8-den 11-e çenli nukleotid galyndylary düzýär we ony 3 ýa-da 4 jübüt jübütleşen esaslar umumy ýapraga birleşdirýär. Halkany emele getirýän nukleotidleriň arasynda hökmany ýagdaýda digidrouridiniň (U-H₂) birnäçe galyndysy bardyr.

Pseudouridil halkasy. (ýa-da TψC – halka) 7 sany nukleotid galyndysyndan ybarat bolan bu halkanyň düzüminde hökmany suratda pseudouridil kislotasynyň galyndysy bardyr. Pseudouridil halkasy tRNK-ny ribosom bilen baglanyşdyrmaga gatnaşýar diýip çaklaýarlar.

Goşmaça şaha. Dürli tRNK-larda goşmaça şahalar dürli uzynlykda bolýarlar. Şoňa görä, olar möçberinde baglylykda 3-den 19-e çenli nukleotid galyndylaryny saklaýarlar.

tRNK-nyň belli bir fragmentiniň we bütewi molekulasyň funksional aktiwligini öwrenmegiň ösüş derejesi, onuň üçülenji strukturasyny öwrenmek bilen baglydyr. Bu ugur boýunça soňky ýyllarda ep-esli üstünlikler gazanyldy. Aýratyn hem rentgenstruktura analizi esasynda tRNK-nyň kristallaryny öwrenmek bilen bakteriýalarda, drožlarda duş gelyän birnäçe tRNK-nyň struktura nusgalary gurnaldy.

Olara mysal edip A.Riç tarapyndan jikme-jik öwrenilen drožlardaky fenilalanin daşayan tRNK-nyň (tRNK^{fen}) üçülenji strukturany görkezmek bolar (24-nji surat).



24-nji surat. A.Riç tarapyndan hödürlenen fenilalanin daşýan tRNK-nyň üçülenji strukturasynyň modeli. (makromolekulanyň garşylykly iki tarapy görkezilendir. Uglewod-fosfat sütiüni lenta şekilinde berilen tRNK-nyň üçülenji strukturasyny gumamaga gatnaşýan molekulanyň bölekleri we baglanyşyklary gara reňkde görkezilendir).

Keseligine çekilen germew çyzyklary onuň ikilenji strukturasyndaky komplementar ýerleşen azotly esaslaryň arasyndaky wodorod baglanyşyklardyr. Gara reňkli germew çyzyklary bolsa üçülenji strukturasyndaky baglanyşyklary aňladýar. A.Riçni modelinden görnüşinden ýaly tRNK-nyň makromolekulasy

has dykyz ýerleşen L-şekilli formany ýüze çykarýar, özem molekulanyň esasy funksional merkezleri bolan – antikodon halkasy we akseptor ujy onuň ahyrky uçlarynda ýerleşýärler. Olaryň aralygy 7,6nm. (76Å) barabardyr. Onuň akseptor ujyna we TΨC – halkasyna ýanaşýan iki tarly bölegi bolsa ýeke-täk goşa spiraly emele getirýär. Şol spirala takmynan göni burç boýunça D-halkanyň goşa spirally bölegi we onuň yzysüre bolsa antikodon “şpilkasynyň” iki tarly fragmenti ýerleşýändir.

§3. Ribosomal ribonuklein kislotasy (rRNK)

Öýjüklerde duş gelýän RNK-nyň esasy massasy (80%) rRNK bolup, ol örän kiçijik sitoplazma böleklerinde – ribosomlarda ýeterlik mukdarda duş gelýär. Ribosomol RNK-nyň molekulýar massasy beýleki ribonuklein kislotalaryna garanynda has ýokarydyr, ol bolsa onuň metabolik durnuklylygyny häsiýetlendirýändir.

Prokariotik ribosomlaryň esasy massasanyň 2/3 bölegi RNK-dan we diňe 1/3 bölegi bolsa belokdan ybaratdyr.

Ewolýusiýa taýdan has kiçiräk eukariotik ribosomyň bolsa eýýäm deň ýarysy belokdan durýandyr. Şeýlede bolsa, ribosomyň

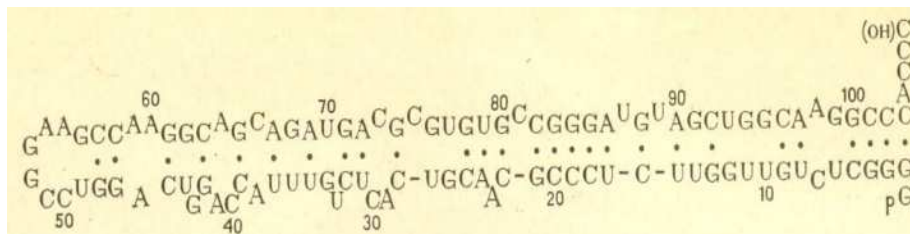
esasy struktura we funksional häsiýetlerini hut ribosomol RNK-nyň özi kesgitleýändir. tRNK-nyň kowalent baglanyşan üznüksiz zynjyry ribosom sub-bölejikleriniň bütewligini üpjün edýär. Galybersede, rRNK ribosomlaryň aýry-aýry funksional merkezlerini gurnamakda özüniň aýgytly goşandyny goşýandyr.

Prokariotlaryň we eukariotlaryň ribosomlary iki dürli ýokar polimer RNK-ny we bir sany hem pes molekulýar RNK-ny (5 s RNK) saklaýarlar. Bulardan başga-da eukariotlaryň ribosomlarynda bir pes molekulýar RNK (5,8 s RNK) bardyr.

Ribosomlaryň klasyna baglylykda (70s ýa-da 80s) sedimentasiýa (s) we molekulýar massasy (M) boýunça ýokary polimer rRNK-laryň ikisi hem (kiçisi we ulusy) biri-birinden tapawutlanýarlar. Ýokary polimer rRNK-nyň kiçi molekulasy (sedimentasiýa hemişeligi 16-18s, $M=0,55 \cdot 10^6 - 0,79 \cdot 10^6$ dalton) ribosomyň 30-40s sub-bölejiklerinde we uly molekulasy bolsa (sedimentasiýa hemişeligi 23-29s, $M=1,07 \cdot 10^6 - 1,6 \cdot 10^6$ dalton) ribosomyň 50-60s sub-bölejiklerinde toplanýarlar.

Soňky ýyllarda rRNK-nyň (ilkinji we ikilenji strukturalaryny öwrenmeklige köp üns berlip başlandy we bu ugur boýunça ýeterlik derejede birnäçe işler amala aşyryldy. Aýraty hem 4,5s rRNK-nyň strukturasyny öwrenemekde köp işler geçirildi. Onuň ilkinji strukturasy 50-den gowrak ýagdaýda öwrenildi. Öwrenilen

ýagdaýlaryň hemmesinde 4,5s rRNK-nyň molekulasyňy 107 sany nukleotid galyndysynyň düzýändigini anyklanyldy. *E. coli* bakteriýasyndaky 4,5s rRNK-nyň ilkinji strukturasyny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar.



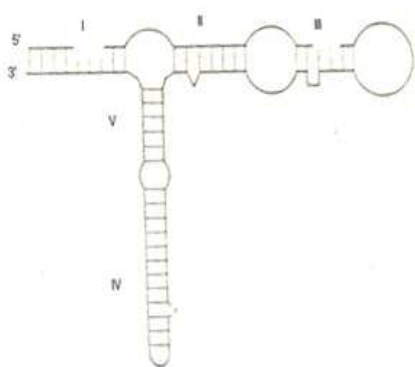
Şeýle hem dürli obýektlerden alynan onlarça 5,8s rRNK-nyň ilkinji strukturasyny kesgitlenildi. Olaryň polinukleotid zynjyryny 160 sany nukleotid galyndysy düzýändir.

Bakteriýa ribosomlarynyň kiçi sub-bölejiklerindäki (30s) RNK-nyň polinukleotid galyndysy düzýändir, (mysal üçin *E. coli* bakteriýasyndaky RNK 1542 sany nukleotid galyndysyndan ybaratdyr) we ony 16s rRNK ýaly belleýärler.

Eukariotlaryň 40s sub-bölejikleri beýlekilere garanyňda has ulyrak ribosom RNK-syny saklaýarlar. Onuň uzynlygy 1800 nukleotid galyndysyndan ybaratdyr we sedimentasiýa hemişeliginde bolsa 18s RNK ýaly belleýärler.

Bakteriýa ribosomlarynyň uly sub-bölejiklerindäki rRNK-nyň uzynlygy 3000 sany nukleotid galyndysyndan ybaratdyr we ol 23s rRNK ýaly bellenyär.

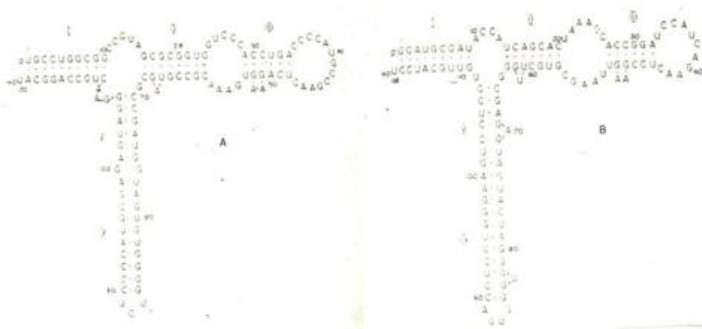
rRNK-nyň ikilenji strukturasyny pes- we ýokarypolimer rRNK-laryň ikisinde hem polinukleotid zynjyrynyň öz-özünden spirallaşyandygy bilen häsiýetlendirýäler. Spirallaşma köplenç halatlarda G-C we A-U ýaly komplementar esaslaryň özara täsirleşmeginde ýüze çykyar. Netijede rRNK-nyň molekulasynda birnäçe spiral bölekleri peýda bolýar. Oňa mysal edip 5s rRNK-nyň ikilenji strukturasynyň umumylaşdyrylan shemasyny görkezmek bolar. (25-nji surat)



25-nji surat. 5S rRNK - nyň umumylaşdyrylan ikilenj strukturasynyň shemasy. 5S rRNK molekulasynda baş sany spirallaşan bölegi rim sifirleri bilen bellenen.

E.coli bakteriýasyndaky (A) we çowdary (rož) ösümligindäki (B) 5s rRNK-nyň has takyk ilkinji we ikilenji strukturasynyň

shemasyny şeýle görnüşde aňlatmak bolar. (V.A.Erdmann, Nucleic Acids. Res.. 1981, y.9, p25-42).



26- nýj surat. E.coli bakteriýasyndaky (A) we çowdary ösümligindäki (B) 5s rRNK-nyň ikilenji strukturasynda nukleotid galyndylarynyň ýerleşiş shemasy.

Ähli rRNK-nyň funksional rollaryny ýuwaş-ýuwaşdan aýdyňlaşdyrýarlar. Mysal üçin, 16-18s we 23-29s rRNK ribonukleoprotein zynjyrynyň emele gelmegi üçin struktura esasy bolup ýygnanmak bilen, ol ribosomlaryň 30-40s we 50-60s sub-bölekleriniň başlangyjyny emele getirýändir. Olaryň bölekleri, megerem ribosomda polipeptid zynjyryny düzmäge gatnaşýan belok faktorlary bilen bilip bolýan alamatlarydyr.

§4. Informasion ribonuklein kislotasy (i-RNK)

DNK-nyň we RNK-nyň nukleotid esaslarynyň arasyndaky özara gatnaşyklaryna salgalanmak bilen A.N.Belozýerkiý we A.S. Spirin 1958nji ýylda DNK-dan öýjükleriň belok sintezleýji apparatyna informasiýa berýän iRNK-nyň bardygyny görkezdiler.

Ähli öýjük ribonuklein kislotalarynyň umumy mukdarynyň 3-5%-ne golaýyny iRNK tutýandyr. Oňa matriçni RNK (mRNK) hem diýilýär. mRNK-nyň sintezi üçin öýjük ýadrosyndaky DNK matrisa bolup hyzmat edýär. Soňra sintezlenen mRNK sitoplazma geçýär we ol ýerde belogyň sintezi üçin onuň özi matrisa bolup hyzmat edýär. Şonuň bilen bir hatarda ol belogyň sintezlenýän ýerine genetiki informasiýany hem getirýär.

mRNK molekulasy ýeke zynjyrdan ybarat bolup, onuň uzynlygy şol matrisada sintezlenjek belok (polipeptid) zynjyrynyň uzynlygyna baglydyr. Mysal üçin 100 sany aminokislotadan ybarat bolan belok molekulasyny sintezlemek üçin triplet kodynyň hasabynda 300 sany nukleotid galyndysyndan düzülen mRNK gerekdir. Bulardan başga-da mRNK-nyň molekulasynyň ahyrynda kodlandyrylmaýan bölegi hem bardyr.

§5. Nuklein kislotalarynyň biosintezi

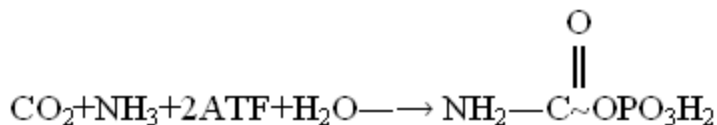
Nuklein kislotalarynyň biosintezini öwrenmeklik ilki bilen ol prosesň aýry-aýry stadiýalaryny öwrenmekden başlanýar. Ol bolsa – pirimidin we purin esaslarynyň biosintezinden, uglewod komponentleriniň emele gelmeginden we polinukleotidleriň biosintezinden ybaratdyr.

Pirimidin we purin nukleotidleri başlangyç ýönekeý maddalardan (de novo) we gös-göni taýýar pirimidin ýa-da purin esaslaryndan sintezlenip biler. Ýöne nukleotidleriň sinteziniň bu iki ýolunyň dürli öýjükler üçin aýratyn tapawudy bardyr. Mysal üçin, nukleotidler süýdemdiriji haýwanlaryň ösýän dokumalarynda iki ýol bilen sintezlenýän hem bolsa, olar esasan başlangyç ýönekeý maddalardan sintezlenýändir. Onuň tersine, dürli görnüşdäki bakteriýalaryň aram ýagdaýda ösmegi we köplemegi üçin iýmit sredasynda purin we pirimidin esaslaryň taýýar molekulalary zerurdyr.

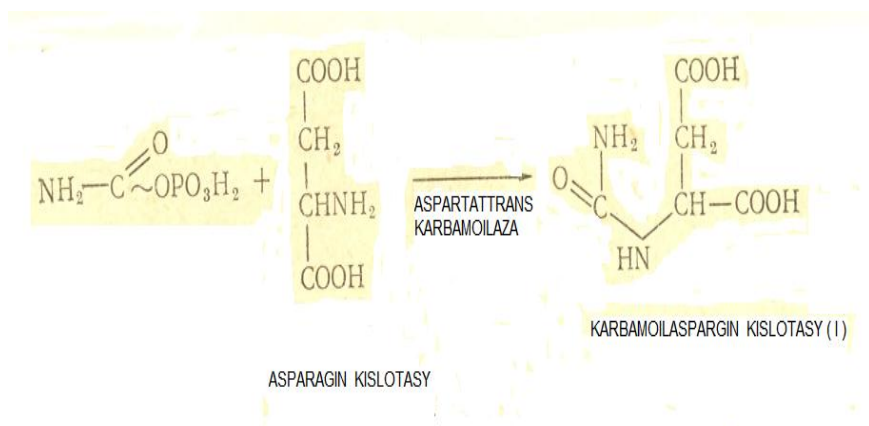
Pirimidin nukleotidleriniň biosintezi

ATF molekulalarynyň gatnaşmagynda ammiakdan (NH_3) we uglerodyň ikili oksidinden karbamoilfosfatyň emele gelmegi

pirimidin esaslarynyň biosinteziniň başlangyç reaksiýasydyr.



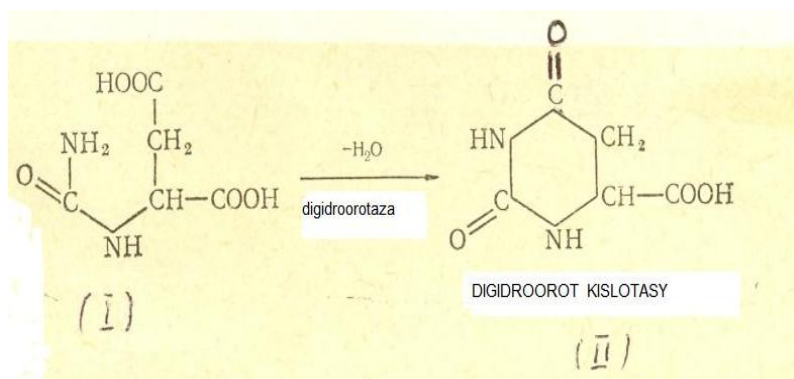
Karbamoilfosfat degişli fermentiň gatnaşmagynda aspargin kislotasy bilen reaksiýa girip karbamoilasparagin kislotasyny emele getirýär:



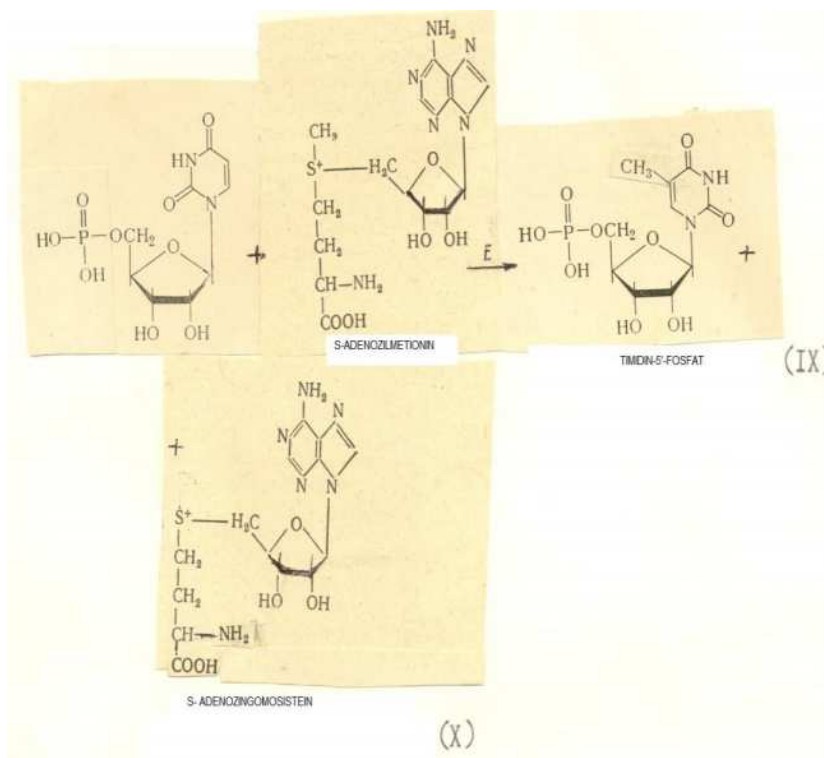
Soňra karbamoilasparagin kislotasynyň aminogruppasy bilen karboksil gruppasy digidroorotaza fermentiniň katalitiki täsiri esasynda özara reaksiýa gatnaşmagy netijesinde digidroorot kislotasy

(II) emele gelyär. Digidroorot kislotasy NAD^+ molekulasynyň gatnaşmagynda orot kislotasyna (III) öwrülýär. Orot kislotasy öz gezeginde 5`-fosforibozol-I-pirofosfat (IV) bilen reaksiýa girip, pirofosfor kislotasynyň bölünip çykmagy netijesinde orotidin -5`-fosfaty (V) emele getirär. Orotidin -5`-fosfat degişli fermentiň täsiri esasynda dekarboksilirlenip uridin – 5`-fosfata (VI) öwrülýär. Uridin -5` - fosfat hem öz gezeginde glutamin kislotasy bilen özara reaksiýa girip sitidin-5`-fosfaty (VII) emele getirýär.

Bu çalyşykly reaksiýalaryň doly shemasyny şu aşakdaky ýaly görkezmek bolar:



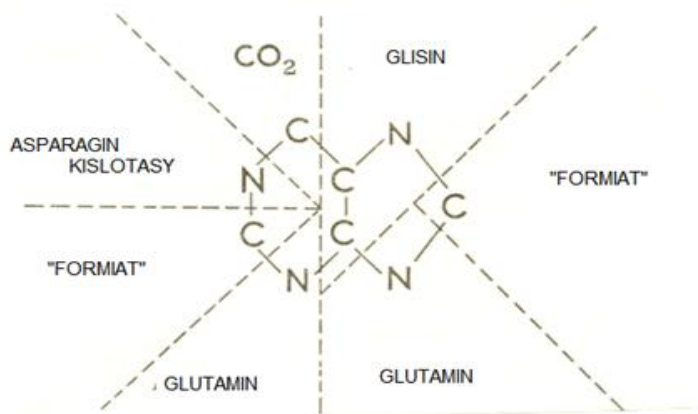
Uridin -5-fosfat s-adenozilmetioniniň (VIII) reaksiýa gatnaşmagy timitidin – 5-fosfaty (IX) emele getirýär we s-adenozilgomosistein (X) bölünip hem çykýar:



Purin nukleotidleriniñ biosintezi

Purin esaslary öýjükde nukleotidmonofosfat görnüşinde sintezlenýärler. Olar dürli görnüşdäki jandarlarda (adamda, guşlarda, bakteriýalarda, drožda) başlangyç ýönekeý maddalardan (de novo) birmeñzeş emele gelýärler.

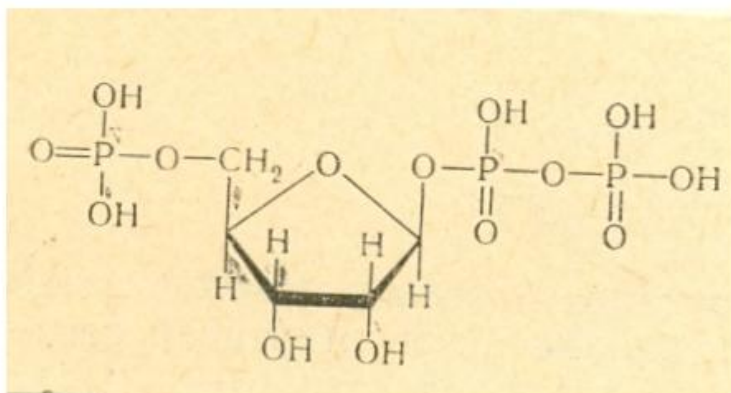
Izotoplary ulanmak bilen geçirilen tejribeler esasynda purin halkasyndaky her bir atomyň haýsy bir başlangyç maddalardan alynandygy aýdyňlaşdyryldy. (27-njy surat)



27-njy surat. Purin halkasyndaky atomlaryň gelip çykyşy.

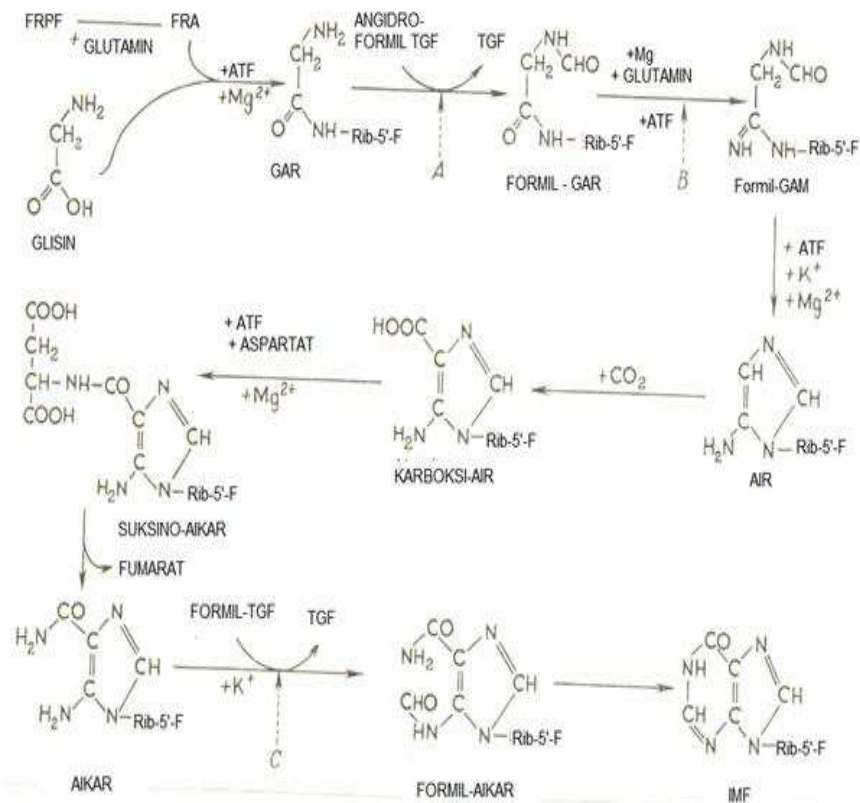
Purin halkasynyň strukturasyndan görnüşi ýaly iki sany uglerod (C-4 we C-5) atomy we bir sany azot (N₇) atomy glisin aminokislotasyndan, ýene bir azot (N₁) asparagin kislotasyndan, galan iki azot (N₃ we N₉) glutaminden we beýleki iki sany uglerod (C-2, C-8) atomlary bolsa garynja kislotasyndan (format) alynýar.

Purin nukleotidleriniň biosintezinde başlangyç madda bolup 5-fosforibozil –I – pirofosfat (FRPF) gatnaşýar.



5-fosforibozil –I – pirofosfat (FRPF)

Ol glutaminiň γ -aminogruppasyny Kabul edip 5 – fosforibozilamino (FRA) öwrülýär. Reaksiýany fosforibozilpirofosfat – amidotransferaza fermenti katalizlendirýär. Reaksiýanyň dowamynda FRA glisin bilen birlikde nukleotid tebigatly glisinamid-ribonukleotid (GAR) emele getirýär we ondaky amid gruppasy adaty purin we pirimidiniň ýerleşýän ýagdaýynda ornaşýar. Soňra emele gelen GAR N-formiltetragidrofoli kislötasy (formil-TGF) bilen emele gelip formil – GAR emele getirýär. Soňraky reaksiýanyň netijesinde bolsa ol glutamin kislötasy bilen aminirlenip (aminogruppa Kabul edip) formilglisinamidinribonukleotidi (formil-GAM) emele getirýär (D-shema)

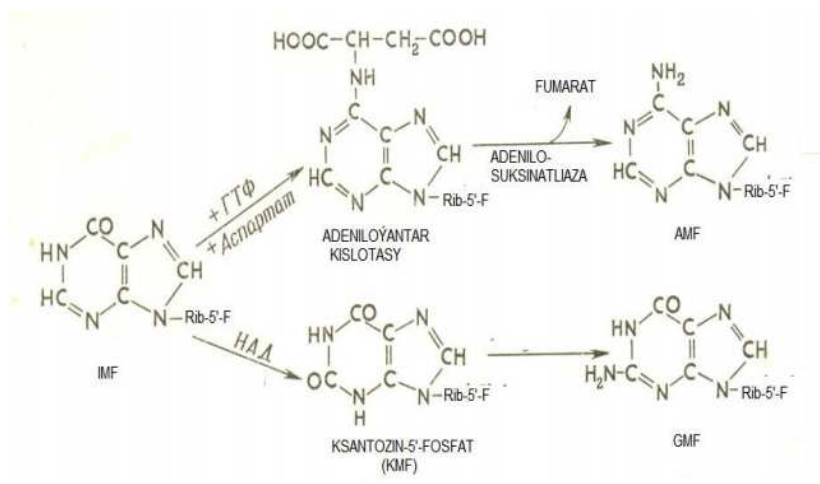


D-shema. Purinlerin biosintezinin shemasy.

Formil –GAM sikləşip imidazol saklayan birləşmə, yəni 5-aminoimidazolribonukleotide (AIR) övrülər. AIR bolsa karboksilirlənib (CO₂ kabul edib) 5-aminoimidazol-4-karbon kislotasyny (karboksi-AIR) emele getirir. Sonra ondan deşili amid yəni, 5-aminoimidazol-4-karboksamid-ribonukleotid (AIKAR) emele gəlir. Ol bolsa aralyk birləşmə 5-aminoimidazol-4-

suksinokarboksamidribonukleotidiniň (Suksino-AIKAR) emele gelmeginde geçýän iki reaksiýanyň önümidir. Purin halkasynyň gurnalyşy N-formiltetragidrofili kislotasynyň (formil-TRF) gatnaşmagyndaky reaksiýa bilen tamamlanýar. Şeýlelikde onuň formil gruppasy imidazolkarboksimidribonukleotidniň 5-aminogruppasyňa birleşip, inozin -5'-monofosfaty (IMF) emele getirýär. Ol bolsa galan ähli nukleotidleriň başlangyç maddasydyr. Inozin -5'-monofosfaty (IMF) aminirlemek bilen adenozin – 5'-monofosfaty (AMF) almak bolar. Reaksiýa, aralyk önüm bolan adeniloýantar kislotasynyň emele gelmegi bilen iki stadiýada geçýär. Reaksiýanyň birinji stadiýasynda IMF-den adeniloýantar kislotasynyň emele gelmeginde koferment hökmünde guanozintrifosfat (GTF) gatnaşýar.

Inozin – 5'-monofosfatdan (IMF) guanozin- 5' - monofosfatynyň (GMF) emele gelmegi hem iki stadiýaly reaksiýanyň üsti bilen amala aşyrylýar. Reaksiýanyň dowamynda ilki ksantozin- 5'-monofosfat (KMF) emele gelýär, soňra ol glutaminiň gatnaşmagynda aminirlenip ($-NH_2$ gruppasy kabul edip) guanozin - 5'-monofosfaty (GMF) emele getirýär.

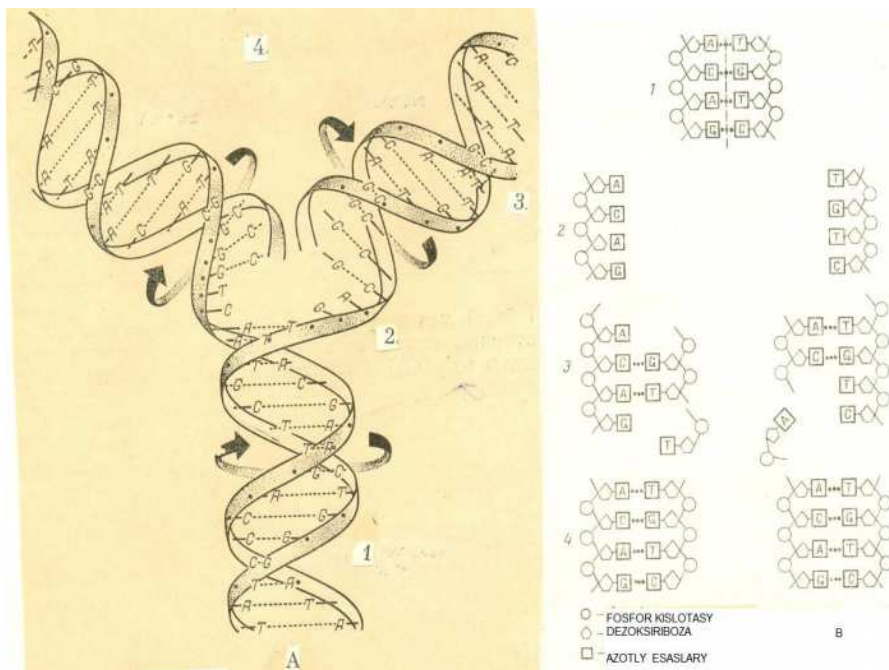


E-shema. IMF-den AMF-niň we GMF-niň biosinteziniň shemasy.

§6. DNK-nyň replikasiýasy we biosintezi

DNK-nyň molekulasyndaky nukleotidleri yzygiderliliginde genetiki maglumatlaryň (informasiýalaryň) jamlenýändigini bize mälimdir. Şoňa görä, öýjüklerde DNK-nyň emele gelmegi we

täzeden döremegi barasyndaky meseläni çözmegiň örän möhüm aýratynlygy bardyr. Bu mesele barasynda eýýäm birnäçe dürli lmy çaklamalar (gipotezalar) aýdyldy. D.Uotson F.Krik ýeke bir DNK-nyň struktura nusgasyny işläp taýýarlamak bilen çäklenmän, eýsem olar degişli ähli eksperimental maglumatlara salgylanyp replikasiýa ýoly bilen DNK-nyň molekulasyňyň sinteziniň mehanizmi baradaky ylmy çaklamalary hem hödürlediler. Bu mehanizmi esasynda DNK-nyň spiral şekilli goşalanan zynjyrynyň belli bir böleginde nukleotidleriň arasyndaky wodorod baglanşyklaryň üzülmegi netijesinde zynjrlaryň arasy açylýar. Soňra aýrylyşan ýeketaý köne zynjyrlar bilen täze nukleotid zynjyrlary komplementar ýagdaýda jübütleşýär we oňa DNK-nyň köne zynjyry matrisa bolup hyzmat edýär (28-nji surat). Şeýlelikde, ene-atalyk molekulasyňa identik we birmeňzeş iki sany bölünip aýrylan goşa zynjyrly DNK molekulasy emele gelýär. Her bir bölünip aýrylan molekulanyň birinji nukleotid zynjyry ene-atalyk DNK-nyň molekulasyndan alynýar, ikinjisi bolsa täzeden sintezlenýär. DNK-nyň sinteziniň bu ýoluna – ýarym konserwatiw replikasiýa* diýilýär.



28 – nji surat. DNK molekulasyň replikasiýasy.

A. Uotson-Krik tarapyndan hödürlenen DNK-nyň goşa spiralynyň replikasiýa pursady. 1 – DNK-nyň eneatalyk zynjyry; 2 – DNK-nyň köne zynjyry; 3 – täze nukleotid zynjyry; 4 – DNK-nyň replikasiýasy esasynda emele gelen täze goşa spirallary.

B. DNK molekulasyň iki esse köpeliş shemasy. 1 – DNK-nyň ene-atalyk zynjyrynyň goşa spiraly; 2 – goşa spiralynyň towynyň açylmagy netijesinde emele gelen

ýeke tar nukleotid zynjyrlary; 3 – her bir ýeke tar zynjyra wodorod baglansygy arkaly komplementar ýagdaýda nukleotidleriň birleşýän pursady; 4 – her biri ene-atalyk DNK-nyň ýarysyny özünde saklaýan iki sany täze bölünen DNK molekulasy.

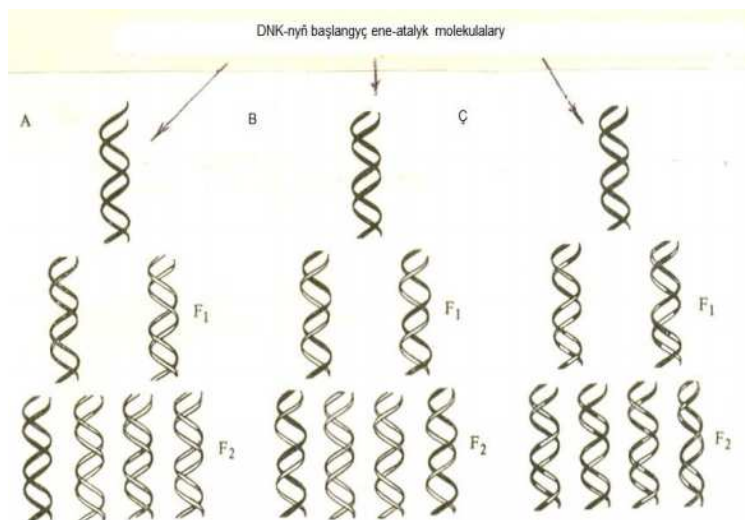
DNK-nyň özüne meňzeş täze molekulalary emele getirmek ukyby, onuň nesil yzarlama hadysasynda nesilden-nesile geçýän alamlary nesile geçirmekde we sintezlenýän beluga gerek bolan genetiki informasiýany bermekde uly rol oýnaýar.

Teoretiki taýdan DNK-nyň bölünip aýrylan öýjüklerde deň derejede bölünmeginiň ýene-de iki dürli mehanizminiň bolmagy mümkindir. Olara, konserwatiw we dispersiw reaksiýalar degişlidir.

Konserwatiw replikasiýa esasynda DNK-nyň ene-atalyk molekulasynyň goşa zynjyry bölünmezden, onda DNK-nyň täze molekulasy sintezlenýär. Şeýlelikde DNK-nyň başlangyç molekulasy we täzeden sintezlenen DNK molekulasy emele gelýär (29-njy surat)

DNK-nyň replikasiýasynyň dispersiw mehanizmi boýunça ilki bilen DNK-nyň ene-atalyk zynjyrynyň birnäçe ýerinden böleklere bölünýär. Soňra täze sintezlenen, bölünip aýrylan molekulanyň her

bir aýratyn zynjyry DNK-nyň köne we täze zynjyrynyň bölekleyin segmentlerini özüne jemleýär. (29-nji surat).

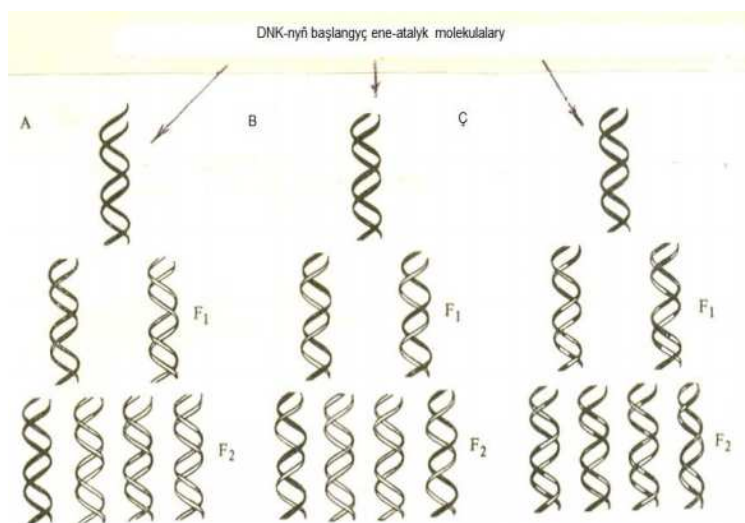


29-nji surat. DNK replikasiýasynyň mümkin bolan mehanizmleri. A – konserwatiw replikasiýa, B – ýarym konserwatiw replikasiýa, B – dispersiw replikasiýa.

*Replikasiýa (ýa-da reduplikasiýa) – bu DNK molekulasyň goşa spiralynyň çözülen bölegindäki her bir ýeke taý zynjyrynyň täze

nukleotid zynjyry bilen komplementar ýagdaýda goşalanyp DNK-nyň iki esse köpelen molekulasyňyň emele gelmegidir.

DNK-nyň replikasiýasynyň dispersiw mehanizmi boýunça ilki bilen DNK-nyň ene-atalyk zynjyrynyň birnäçe ýerinden böleklere bölünýär. Soňra täze sintezlenen, bölünip aýrylan molekulanyň her bir aýratyn zynjyry DNK-nyň köne we täze zynjyrynyň bölekleyin segmentlerini özüne jemleýär. (29-nji surat).



29-nji surat. DNK replikasiýasynyň mümkin bolan mehanizmleri. A –

konserwativ replikasiya, B – ýarym konserwativ replikasiya,

B – dispersiw replikasiya.

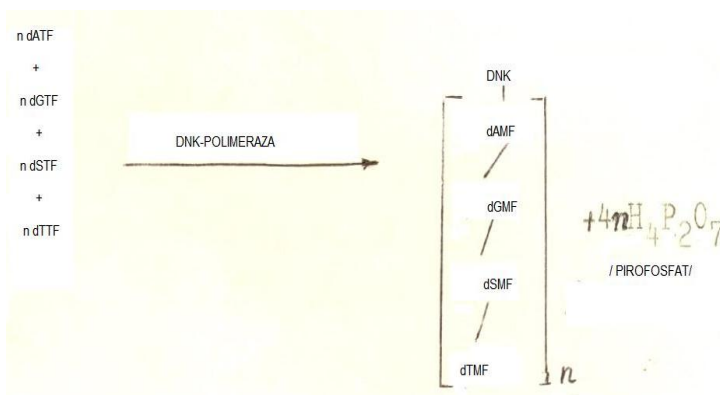
M.Meselson we F.Stal 1957-58-nji ýyllarda *Escherichia coli* bakteriýasynda geçiren tejribesi esasynda DNK replikasiýasynyň ýarym konserwativ mehanizmi boýunça amala aşyrylýandygy subut etdiler. DNK replikasiýasynyň ýarym konserwativ mehanizmi esasynda Uotson-Krikiň spiralyndaky her bir iki polinukleotid zynjyrynyň biriniň doly saklanýandygy, ýöne şol iki zynjyrň beýleki birini bolsa täze molekulanyň düzýändigini bilen Meselson we Stalyň geçiren tejribelikeriniň netijeleri doly ylalaşýar. Şeýlelikde bu geçirilentejribeleriň netijesi, konserwativ mehanizmi boýunça emele gelýän bölünip aýrylan öýjükleriň biri tutuşlygyna başlangyç enetalyk DNK-nyň asyl nusgasyny alýar. Beýleki biri bolsa diňe täzeden sintezlenýär, diýilýän teoretiki mümkinçiligi, sonuň ýaly hem, iki sany meňzeş DNK molekulasyň sintezlenmegi üçin başlangyç DNK molekulasy doly suratda böleklere bölünýär diýip teoretiki taýdan tassyklanylýan – dispersiw replikasiýany puja çykarýar.

DNK reduplikasiýasynyň fermentativ aspekti has hem gyzyklydyr. Dezoksinukleozid polifosfatlary polimere öwürülýär

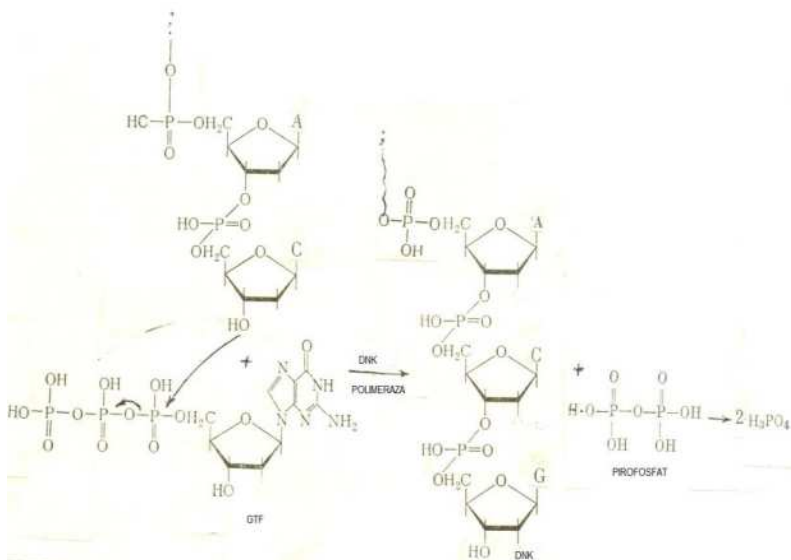
ilkinji ferment E.coli bakteriýasynyň şiresinden (ekstraktyndan) A.Kornberg tarapyndan alyndy. Ol fermente DNK-polimeraza diýip at berildi. Bu ferment dATF, dGTF, dSTF we dTTF-den ybarat bolan garyndy sistemada DNK-nyň Nukleotidara baglanşyklarynyň sintezini katalizlendirýär. Nuklein kislotalarynyň özlerine mahsus bolan spesifik biosinteziniň birnäçe aýratynlyklary bardyr. Birinjiden, DNK-nyň sintezi diňe dezoksiribonukleozidtrifosfatlaryň (dATF, dGTF, dSTF, dTTF) dört görnüşiniň hemmesiniň bilelikde gatnaşmagynda amala aşyrylýar.

Şonuň ýaly hem, RNK-nyň sintezi diňe ribonukleozidtrifosfatlaryň (ATF, GTF, STF, TTF) dördüsiniň bilelikde gatnaşmagynda amala aşyrylýar. Ikinjiden, nuklein kislotalarynyň biosintezi DNK ýa-da RNK – polimeraza fermentleriniň katalitiki täsiri esasynda geçýär. Üçünjiden, olaryň sintezi üçin matrisanyň roluny ýerine ýetirýän, ozaldan taýýar bolan polinukleotid göneçlik hökmünde zerurdyr. Dördünjiden, onuň prinsipial ähmiýeti bardyr, çünki nuklein kislotalarynyň spesifik biosintezi molekulada nukleotid galyndylarynyň görkezilen tertipde yzygiderli ýerleşmegini üpjün edýär.

Dezoksiribonuklein kislotasynyň biosintezini umumy görnüşde şu aşakdaky ýaly görkezmek bolar.



DNK – polimeraza mononukleotid birliklerini DNK zynjyrynyň erkin 3' - godroksil saklaýan ujuna birleşdirmegi katalizlendirýär. Şeýlelikde sintez esasynda DNK zynjyry 5'→3' tarapa artýar. Bu reaksiýa nukleofil orun çalyşma esasynda amala aşyrylýar. Sebäbi, zynjyryň ösýän uýyndaky mononukleotid galyndysynyň nukleofil 3'-gidroksil gruppasy nukleozid 5'-trifosfatyň α-fosfat gruppasyndaky fosfora hüjüm edip pirofosfaty gysyp çykarýar we nukleotidara baglanyşygy emele getirýär. DNK polimerazanyň täsiri esasynda DNK zynjyrynyň ösüş mehanizmi şeýle reaksiýanyň üsti bilen aňlatmak bolar:



DNK molekulasyň fermentatiw sintezi

Reaksiýanyň ikinji önümi – pirofosfat pirofosfatazanyň täsiri esasynda gidrolizlenip ortofosfata dargaýar. Ýöne bu ýerde reaksiýanyň ahyryna çenli dol amala aşyrmak üçin ýene-de bir factor hereket edýär.

Polimeraza reaksiýasynyň önümi bolan ýeke-taý zynjyrlý DNK, matrisanyň komplementar zynjyryna birleşip goşa spiraly emele getirýär.

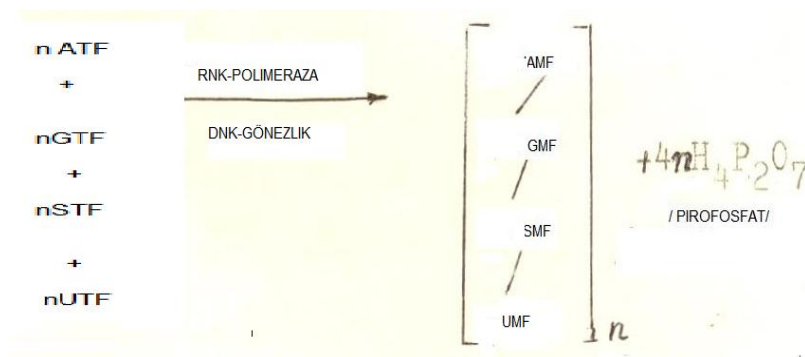
DNK-nyň reparasiýasy. Reparasiýa ýa-da DNK zynjyrynyň haýsy hem bolsa biriniň böwsülip zaýаланан bölegini düzetmek

prosesine DNK-nyň çäklerinden replikasiýasy hökmünde garamak bolar. Soňky wagtlarda, tötänleýin faktorlaryň täsiri esasynda öýjüklerde DNK zynjyrynyň böwsülen ýerini düzetmäge ukyply fermentleriň bardygy hakynda köp sanly maglumatlar toplanyldy. Molekulanyň goşa zynjyrynyň biriniň böwsülmeği – ýylylyk hereketiň netijesinde, şeýle hem, DNK molekulasyň dykyz ýerleşen strukturasyň emele gelmeginde onuň towlanmagy we (eplenmeği) egrelmeği esasynda döreýär. Ultramelewşe (UM) şöhesi bilen ýaralanan DNK zynjyrynyň reparasiýa prosesi has oňat öwrenilendir. UM-şöhlesiniň täsiri esadynda DNK molekulasyndaky goňşy ýerleşen timin galyndylarynyň arasynda depjelen tiki emele gelýär. DNK zynjynda şeýle hem timin dimeriniň (ýa-da “timin depjemesi”) emele gelmeği edil molniýa (zynjyrynyň) bagjygynyň ýapylşyny ýada salýar.

RNK-nyň biosintezi. Ribonukleozidtrifosfatlaryň polikondensasiýa reaksiýasyny katalizlendirýän birnäçe ferment tapyldy:

1. DNK-garaşly RNK – polimeraza;
2. RNK-garaşly RNK – polimeraza;
3. Poliribonuklotid – nukleotidiltransferaza.

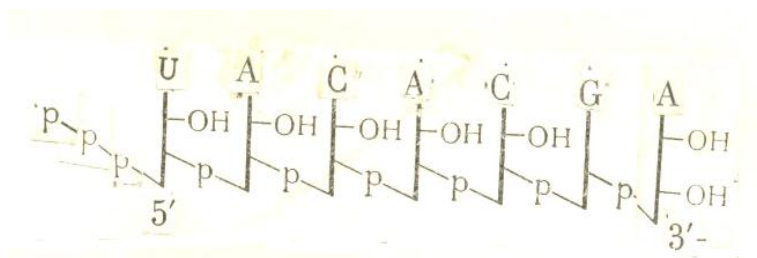
Haýwanlaryň we mikroorganizmleriň öýjüklerinde RNK-ni sintezlemek üçin substrat hökmünde dört sany ribonukleozidtrifosfatdan (ATF, GTF, STF, UTF) peýdalanylýan fermentleriň bardygy hakyndaky ilkinji maglumat 1960-1961-nji ýyllarda peýda bolýar. Bu fermentiň gatnaşmagyndaky RNK-nyň sintezi üçin matrisa hökmünde DNK gönezligeniň zarurdygy hem anyklanyldy we ol aşakdaky shema boýunça amala aşyrylýar.



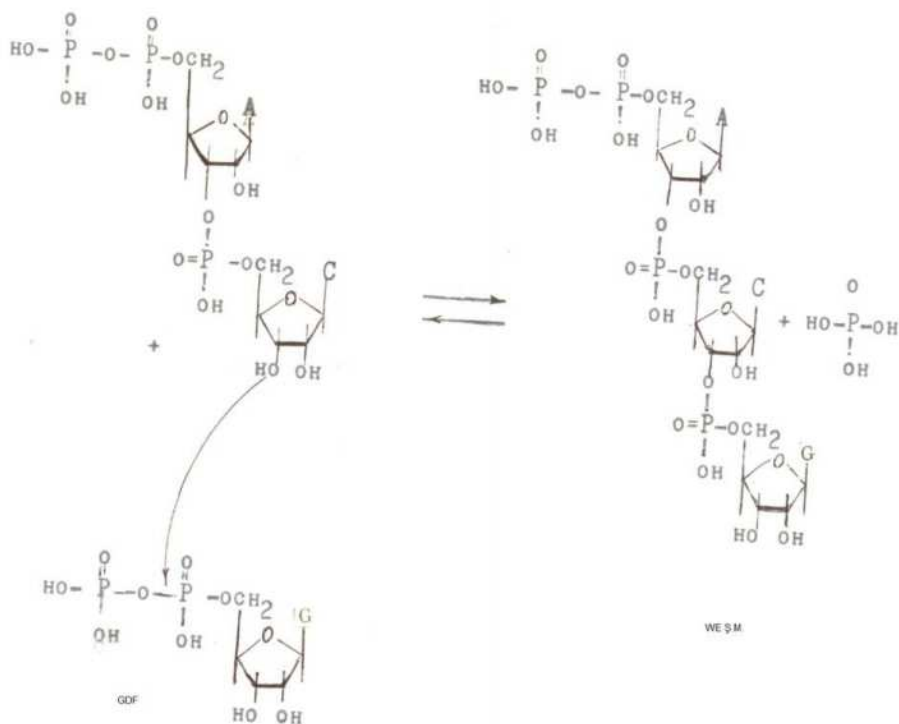
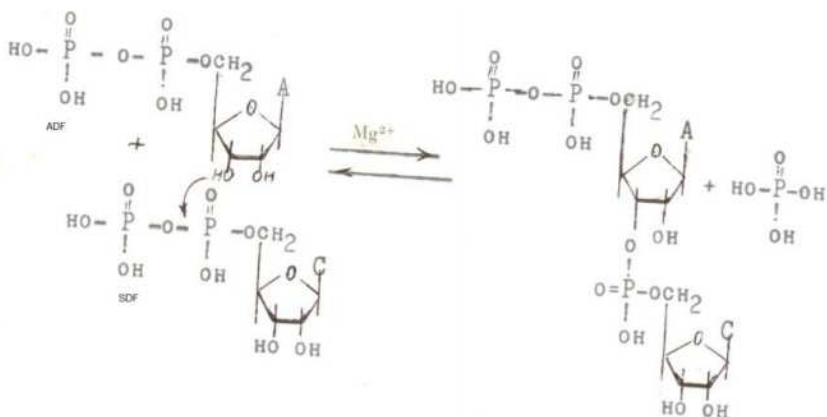
Şeýlelikde, RNK, DNK-nyň bir zynjyrynyň haýsydyr bir böleginde sintezlenmek bilen, ol DNK zynjyrynyň şol bölegine hem komplementardyr. Biosinteziň spesifikligi esasan köp sanly meňzeş däl sub-birliklerden ybarat bolan spesifiklik komponentleri – RNK-polimerazalara baglydyr. Öýjüklerde RNK-nyň ähli tipiniň (rRNK, iRNK, tRNK) biosintez reaksiýalaryny dürli görnüşdäki RNK-polimerazalar katalizlendirýärler.

Informasion RNK belok kompleksi – informasin bilen dessine birleşip informosom emele getirýär. Emele gelen informosomlar soňra sitoplazma geçip ribosomlar bilen birleşýärler. RNK-nyň DNK-garaşly sintezinden başgada RNK –garaşly RNK –polimeraza reaksiýalary hem bardyr. *M.lysodeikticus* we *Azotobacter vinelandii* mikroorganizmlerinde duş gelän RNK –polimerazalar RNK-nyň we DNK-nyň gözenegi hökmünde peýdalanylýar, özem ýagdaýlaryň ikisinde hem matrisa bolup hyzmat edýär.

Escherichia coli mikroorganizmlerinden alynan RNK-polimeraza (Mn^{2+} gatnaşmagynda) ýeke bir DNK üçin gönezlik bolman, eýsem RNK-nyň iki spirally strukturasynyň hem ep-esli böleginiň gönezligidir, mysal üçin haýwanlarda duş gelýän kábir wiruslaryň (reowiruslar) RNK-lary. Şoňa görä, transkripsiýa üçin RNK-nyň goşa zynjyrlý spiraly zerurdyr. Şeýlelikde RNK-nyň polinukleotid zynjyry (in vivo, in vitro) öýjüklerde we öýjüklerden daşarda hem $5' \rightarrow 3'$ tarapa artýandyr:



1955-nji ýylda Oçao we onuň şägirtleri *Azotobacter vinelandii* mikroorganizminden ýokary molekulýar poliribonukleotidleriň sintezini katalizlendirýän fermenti bölüp aldylar. Bu fermentiň gatnaşmagynda poliribonukleotidleriň sintezi esasan nukleozi -5'- fosfatlardan ortofosfatyň bölünip aýrylmany netijesinde amala aşyrylýar. Reaksiýa öwrülišiklidir we oňa Mg^{2+} ionynyň gatnaşmagy zerurdyr. Poliribonukleotidleriň sintezine reaksiýany deňagramlylyk katdyna ýetirmek üçin nukleoziddifosfatlaryň azyndan 60-80%-i peýdalanylýar we bu reaksiýany şeýle görnüşde aňlatmak bolar:



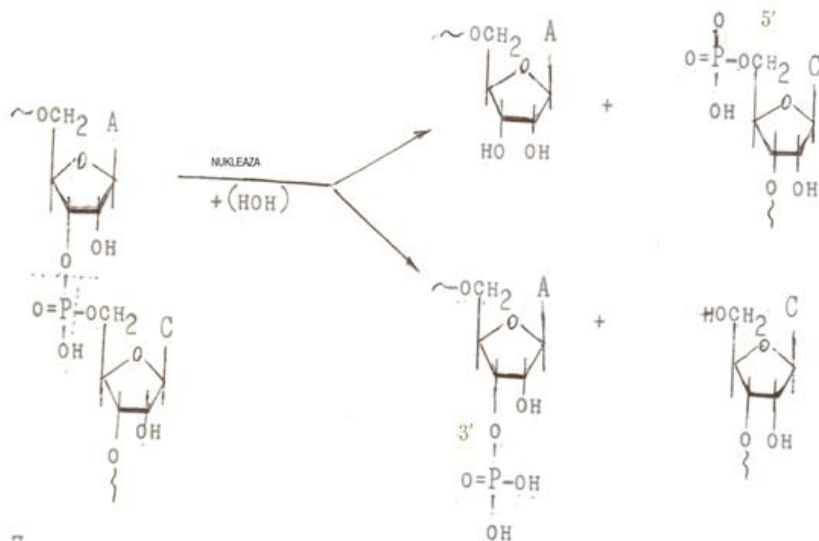
Bu reaksiýany polinukleotidfosforilaza ýa-da poliribonukleotid –nukleotidiltransferaza fermenti katalizlendirýär. Ol ferment köpsanly bakteriýalarda, şeýle hem ösümlik sokumalarynda duş gelyär. Bu fermentiň haýwan dokumalarynda duş gelyändigini barasynda häziri çenli ynandyryjy maglumat ýok. Ýöne ony bakteriýalardan arassa görnüşinde aňsatlyk bilen aýýarlar.

RNK-nyň sinteziniň hem köp halatlarda DNK-nyň sintezi bilen meňzeşligi bardyr. Birinjiden, RNK-nyň sintezinde hem nukleotid zynjyry $3' \rightarrow 5'$ tarapa artýandyr. Ikinjiden, ähtimal, zynjyryň ösüş(elongasiýa) mehanizmi hem birmeňzeş bolsa gerek. Sebäbi edil DNK-da bolşy ýaly nobatdaky nukleozidifosfatyň ösýän zynjyrynyň ahyryndaky $3'$ -OH gruppasy içki fosfata nukleofil hüjüm edýär we fosfodiefir baglanyşygy emele gelip nukleotid zynjyry uzalýar.

Nuklein kislotalarynyň dargamagy

Janly organizmlerde nuklein kislotalarynyň polimer molekulalarynyň dargamagy köplenç halatlarda nukleaza diýlip

atlandyrylýan aýraty fermentleriniň gatnaşmagynda gidrolitik ýol bilen amala aşyrylýar. Nukleazalar, nuklein kislotalarynyň molekulalaryndaky nukleotidara fosfodiefir baglanyşyklarynyň üzülmek reaksiýasyny katalitiki tizleşdirýärler. Polinukleotidleriň fosfodiefir baglanyşyklarynyň üzülmegi iki ýagdaýda amala aşyrylýar. Şeýlelikde birinji ýagdaýynda 5'-fosfat galyndysy bolan, ikinji ýagdaýynda bolsa 3'-fosfat galyndysy bolan nukleotid önümleri emele gelýär.



Polinukleotid zynjyry

Oligonukleotid galyndylary

DNK we RNK molekulalaryndaky içki nukleotidara fosfodiefir baglanyşyklaryna täsir edýän nukleazalara endonukleazalar diýilýär. Bu fermentleriň gatnaşmagynda nuklein kislotalary esasan

oligonukleotidlere dargaýarlar. DNK we RNK molekulalarynyň polinukleotid zynjyrlaryny bir ujyndan başlap nukleotidlere yzygiderli bölklenýän reaksiýany katalitiki tizleşdirýän nukleazalara ekzonukleazalar diýýärler. Olar nuklein kislotalarynyň erkin nukleotidlere dargamagyny üpjün edýärler.

Nukleazalar täsir edijilik spesifikliگی boýunça ribonukleazalar (RNK-azalar) we dezoksiribonukleazalar (DNK-azalar) ýaly özara tapawutlanýarlar.

Ribonukleazalar RNK molekulasyndaky daşky we içki nukleotidara baglanşyklarynyň üzülmek reaksiýasyny katalitiki tizleşdirýärler, dezoksiribonukleazalar bolsa DNK molekulasynda degişli şeýle baglanşyklaryň üzülmek reaksiýasyny katalizlendirýärler. Şeýle hem, RNK we DNK molekulalaryna birwagtda täsir edýän spesifik däl endo we ekzonukleazalaryň uly toparynyň bardygy bellemek gerek.

Iň möhüm nukleazalara –DNK-aza I we II ekzodezoksinnukleazalar, RNK-aza I we başgalar degişlidir.

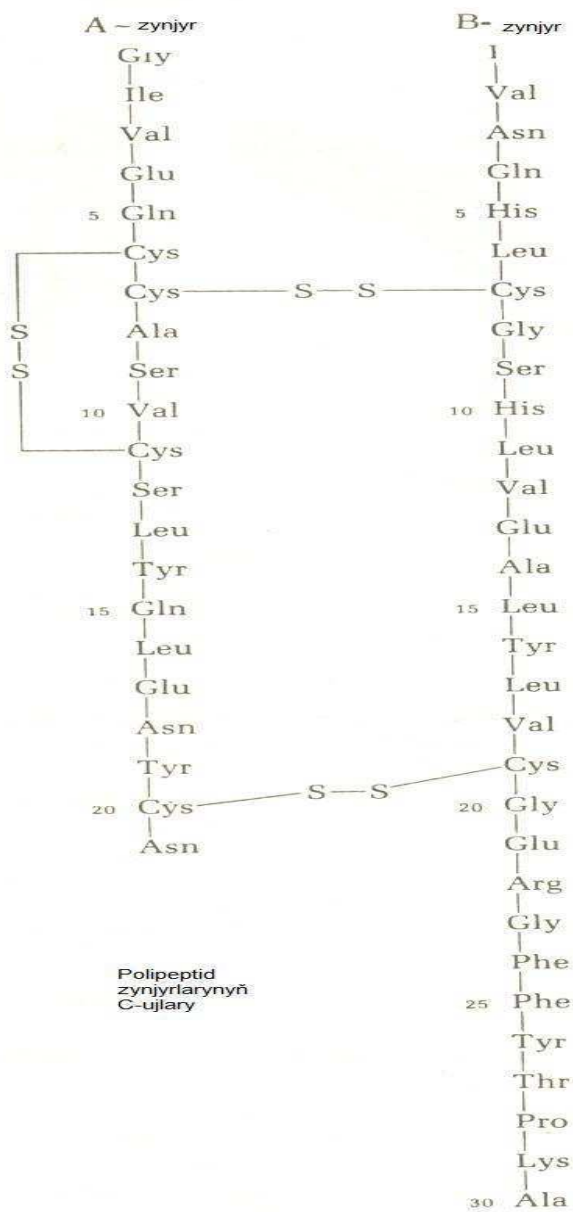
DNK-aza I, DNK molekulasyndaky dezoksiriboza galyndysynyň 3' -uglerod atomy bilen fosfat galyndysynyň arasyndaky fosfodiefir baglanyşygynyň gidroliz reaksiýasyny tizleşdirýär.

DNK-aza II fermentiniň täsiri esasynda DNK molekulasy gidrolizlenip zynjyrynyň ortaça uzynlygy 6 sany nukleotid zwenosyndan ybarat bolan oligodezoksiribonukleotid -3' -fosfatlara we az mukdarda hem dezoksiribonukleozid -3' -fosfatlara (dargaýar) bölünýär.

Ekzodezoksiribonukleazalar DNK molekulasyň gidroliz reaksiýasyny tizleşdirmek bilen, onuň dezoksiribonukleotid -5' -fosfatlara dargamagyny üpjün edýärler. Häzirki wagtda ičege bakteriýalaryndan belli derejede täsir edililik häsiýetleri boýunça biri-birinden tapawutlanýan dört dürli ekzodezoksiribonukleaza (I, II, III, IV) bölünip alyndy. Olardan ekzodezoksiribonukleaza III DNK molekulasyň fragmentindäki ahyrky nukleozidden 3'-fosfaty bölmek ukybyna eýedir.

Ribonukleaza I – endonukleazalara degişli bolup, ol pirimidin nukleotid galyndysy bolan RNK molekulasyň gidroliz reaksiýasny katalitiki tizleşdirýär. Häzirki wagtda dürli görnüşdäki haýwanlaryň (öküziň, doňuzlaryň, dowlarlaryň, žirafyň, maralyň, syçanlaryň we başgalaryň) garynasty mázlerinden alynan pankreatik RNK-azalaryň ilkinji strukturalary anyklanyldy. Olaryň hemmesiniň düzüminde 124 sany dürli görnüşdäki aminokislota galyndylary girýär. Şoňa görä, RNK-azalaryň polipeptid zynjyry dört ýerinden disulfide baglanyşygy (köpürisi) bilen germelen ýapyk egri çyzyk şekilli

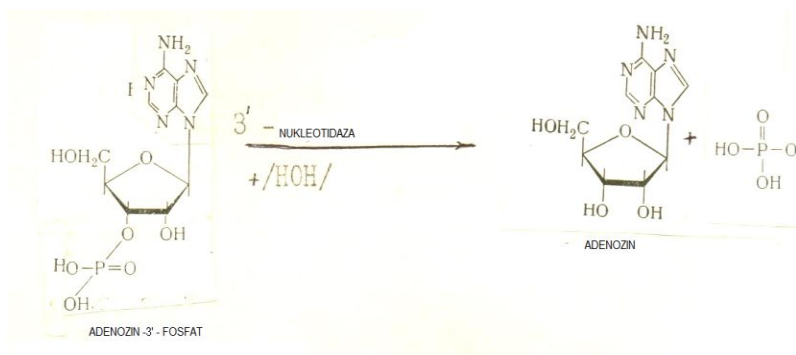
giňişleýin konfigurasiýa emele getirýär. Ol bolsa bu fermentiň belli derejede üçülenji strukturasyny aňladýar.



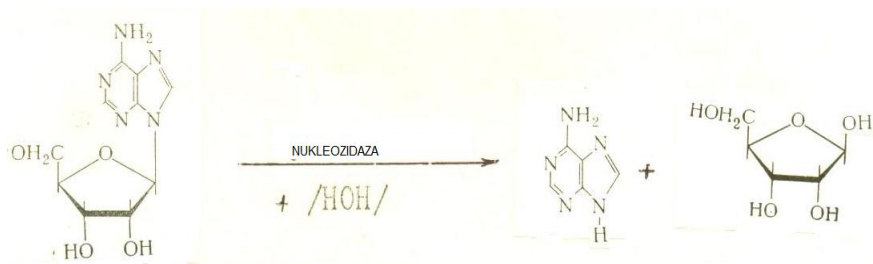
J-shema. Öküziň garynasty mázlerinden alynan RNK-azanyň strukturasy. RNK-azanyň aktiw merkeziniň düzümine girýän aminokislotalar tegelek halkada görkezilendir.

§7. Nukleozidfosfatlaryň dargamagy

Fermentatiw destruksiýa netijesinde nuklein kislotalarynyň ahyrky önümi bolan dezoksiribonukleozidfosfatlar we ribonukleozidfosfatlar öz gezeginde mundane buýana has ýönekeý birleşmelere dargaýarlar. Bu reaksiýanyň birinji etabynda degişli fermentiň gatnaşmagy bilen gidroliz esasynda nukleozidfosfatdan fosfor kislotasynyň galyndysy bölünip aýrylýar. Mysal üçin 3' - nukleotidaza fermentiniň gatnaşmagynda adenozin -3'-fosfatdan fosfor kislotasy bölünýär:



Dargama reaksiýasynyň ikinji etabynda bolsa nukleozidaza fermentiniň täsiri esasynda nukleozid –adenozin gidrolizlenip erkin adenine we D-riboza dargaýar.



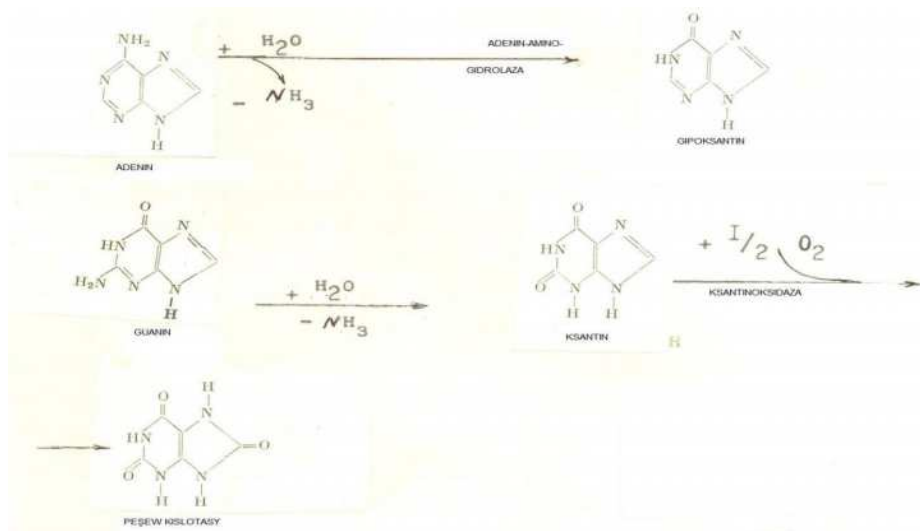
Şeýlelikde, deňişli fermentleriň gatnaşmagynda ýokarda görkezilen reaksiýalaryň üsti bilen nukleotidleriň galan wekilleriniň hemmesi özleriniň deňişli komponentlerine dargaýarlar. Fermentativ

reaksiýanyň netijesinde nukleozidlerden bölünýän pirimidin we purin azotly esaslary soňra mundane buýany dargama sezewar bolýarlar.

§8. Purin we pirimidin esaslarynyň dargamagy

Purin esaslaryň dargamagy

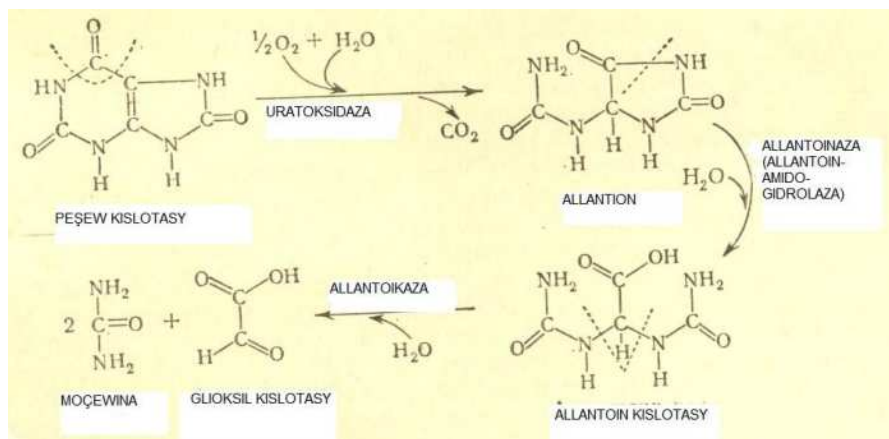
Dürli görnüşdäki jandarlaryň organizminde purin esaslarynyň dargamagy netijesinde emele gelän ahyrky önümler birmeňzeş bolmaýarlar. Mysal üçin, adam organizminde purin esaslarynyň öwrülişmesi netijesinde ahyrky önüm hökmünde peşew kislotasy emele gelyär:



Shemadan görnüşi ýaly purin esaslarynyň öwrülmeleri degişli fermentleriň gatnaşmagynda amala aşyrylýar. Şeýlelikde emele gelýän peşew kislota kem-käseýin peşew arkaly organizmden çykarylýar.

Birnäçe süýdemdiriji haýwanlarda (dowarlarda, itlerde we ş.m.) peşew kislota soňra allantoin öwürülýär we ol bu görnüşdäki haýwanlarda purin esaslarynyň öwrülmesinde emele gelýän ahyrky önümdir. Allantoin soňra peşew arkaly organizmden daşaryk çykarylýar. Balyklaryň hem köpüsünde peşew kislota allantoin kislotasyna öwürülýär we ol hem organizmden daşaryk çykarylýar.

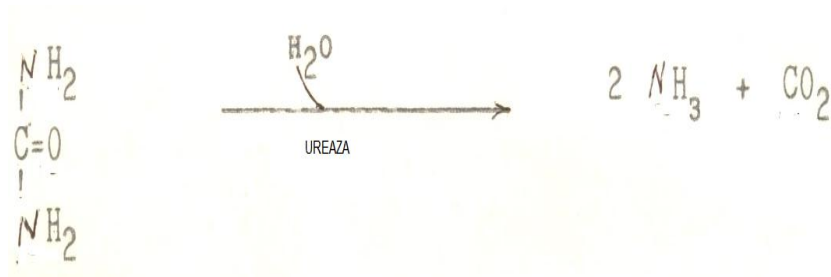
Käbir balyklarda we amfibilerde peşew kislotasy moçewina we glikosil kislotasyna dargaýar.



Molýuskalarda we leňneç şekillilerde ol NH_3 we CO_2 çenli dargaýar. Şeýlelikde haýwan organizimleri näçe ýönekeý gurnaldygyça peşew kislotasynyň dargamasy çuňlaşýar, ýagny ol has ýönekeý molekulalara dargaýar. Ýokary derejeli haýwanlarda bolsa azotly esaslar olara garanyňda has çylşyrymly birleşme görnüşinde organizimden daşaryk çykarylýar.

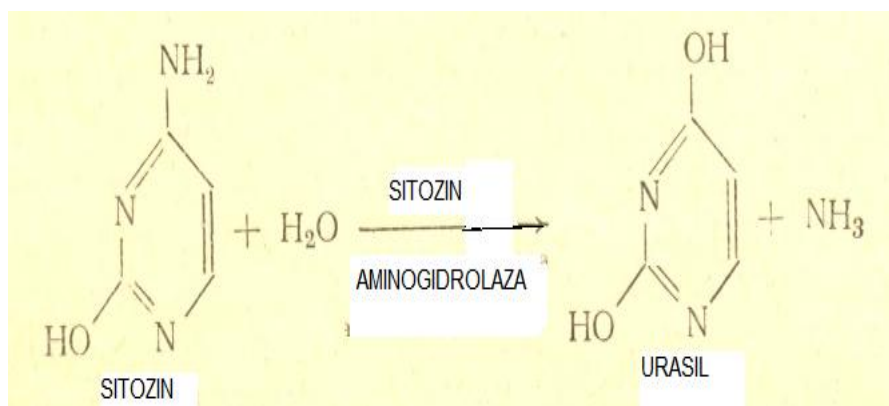
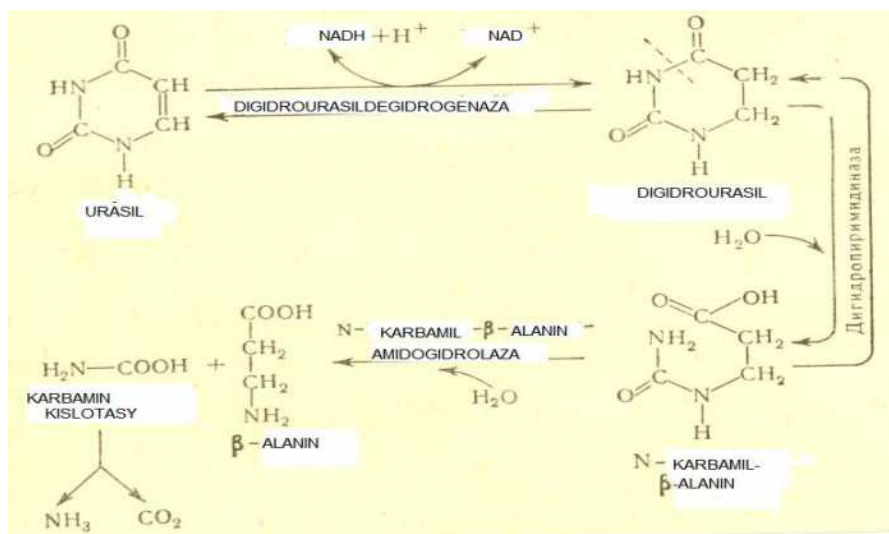
Ösümlik organizimleri haýwanlara garanyňda özlerindäki azoty örän tygşytlý peýdalanýarlar we ony organizimden daşaryk çykarylmaýar. Haýwan organizimlerinde bolşy ýaly ösümliklerde hem bu reaksiýanyň ilkinji etaplarynda fermentleriň täsiri esasynda peşew kislotasy moçebina we glikosil kislotasyna dargaýar. Soňra emele

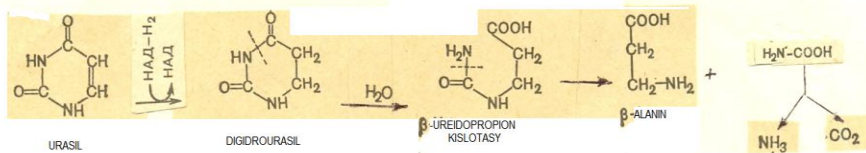
gelen moçebina ureaza fermentiniň täsiri esasynda ammiaga we uglerodyň ikili oksidine çenli dargaýar.



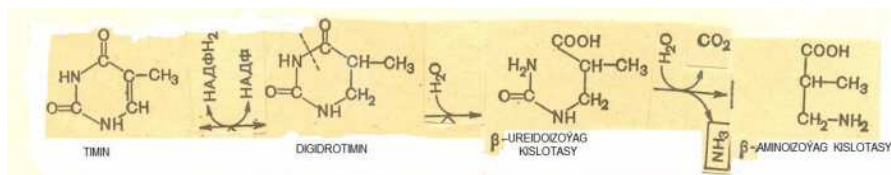
Pirimidin esaslaryň dargamagy

Pirimidin esaslaryň öwürülmeleri hem edil purin esaslarynyňky ýaly degişli fermentleriň gatnaşmagynda amala aşyrylýar. Şeýlelikde uridiniň we sitoziniň dargamagy netijesinde ahyrky önüm hökmünde β - alanin we karbamin kislotasy emele gelýärler.





Değişli fermentleriň we HAD-H_2 gatnaşmagynda timin özüniň ahyrky önümi hökmünde B-izoyag kislotasyna, NH_3 we CO_2 dargaýar. Suratlar



Şeýlelik bilen haýwanlaryň we ösümlükleriň organizimlerinde dezoksipoliribonukleotidleriň we poliribonukleotdleriň ägirt uly we çylşyrymly molekulalarynyň dargamagy netijesinde fosfor kislotsy, B-alanin, NH_3 we CO_2 ýaly örän ýönekeý birleşmelere öwrülýärler.

BÖLÜM 5. PROTEINLERİN ÇALIŞMASY

Köp görmüşli maddalaryň öwrülmeleriniň arasynda janly materiýa has mahsus bolan belok çalyşmasy esasy prosesleriň biridir. Mälim bolşy ýaly, ýaşayşyň özi belli bir derejede daşky sredanyň maddalaryndan özüni yzygiderli gurnap we täzedan durýan belok jisimleriniň ýaşayş usulydyr. Madda çalyşmasynyň beýleki görnüşleri bolan uglewod, lipid, nukleýin kislotalary we ş.m.ýaly madda çalyşmalarynyň hemmesi beloklaryň spesifik biosintezine, ýagny belok çalyşmasyna hyzmat edýärler.

Uglewod çalyşmasy, täze emele gelýän beloklaryň başlangyç birleşmeleri bolan aminokislotalaryň biosintezi üçin uglerod zynjyrynyň esasy çeşmesidir. Gaýlaryň çalyşmasy, okislenme netijesinde ATF-iň makroergik baglanşyklarynda energiýa zapasyny döredýän maddalary bilen üpjün edýär. Ol energiýalar bolsa peptid baglanşygynyň emele gelmegi üçin zerurdyr. Nukleýin kislotalarynyň çalyşmasy, täze emele gelýän belok molekulasynda aminokislota garyndylarynyň ýerleşişini we saklanyşy barasyndaky informasiýany ýetirmekligi üpjün edýär. Mineral maddalaryň çalyşmasy bolsa beloklaryň sintezi geçýän döwründe ferment sistemasynyň düzülmegine ýa-da dargamagyna ýardam edýär. Şoňa görä, janly

tebigatda, madda çalyşmasynyň ähli akymy belok maddasyny emele getirmek üçin bir maksada, bir mesele gönükdirilendir.

§1. Proteinleriň dargamagy

Janly organizimlerde proteinleriň sintezi bilen bir hatarda olaryň dargamagy hem amala aşyrylýar.

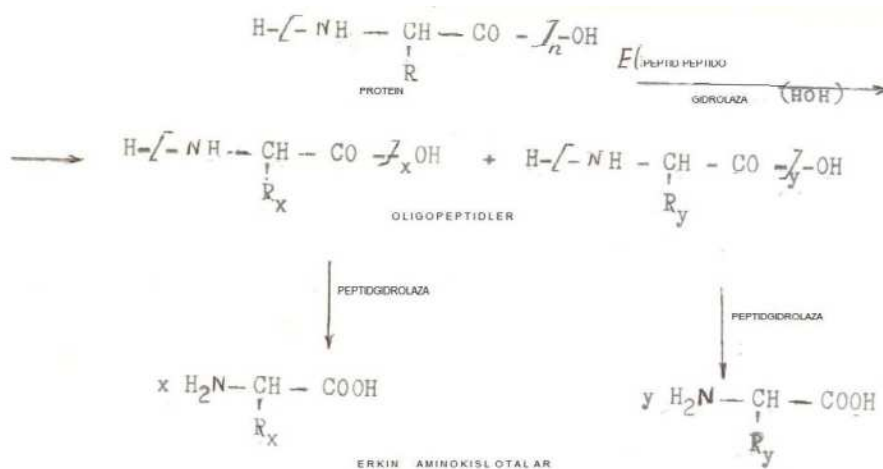
Uzak wagtlaryň dowamynda proteinleriň dargamagynyň ýeketäk ýoly gidroliz hasap edilýärdi. Emma mundan bir näçe ýyl ozal nukleozid fosfolaryň hut ATF-ň gatnaşmagynda nukleotid-peptidleriň emele gelmegi netijesinde proteinleriň dargamagynyň beýleki ýollary hem anyklanyldy.

Proteinleriň gidrolitiki dargamagy haýwanlarda we ösümlüklerde örän giňden görkezilendir. Adatça ol, organizimleriň her bir öýjiginde, ýagny ýörite suw-öýjükler bolan lizosomlarda bolup geçýär. Ol öýjüklerde gidrolitik fermentleriň täsiri esasynda ýokary molekulýar maddalaryň pes malekulaly metabolitlere çenli dargamagyny üpjün edýär.

Beloklaryň gidroliziniň /ýagny dargamagy/ bölekleyin /peptidlere çenli/ we doly /aminokislotalara çenli/ bolmagy mümkindir. Bölekleyin /doly däl/ gidroliz esasynda belok molekulalarynyň diňe käbir peptid baglanşyklary üzülýär. Bu proses

spesifik fermentler bolan peptid-peptidogidrolazalaryň täsiri esasynda amala aşyrylýar. Soňra emele gelen pes molekulaly peptidler öz gezeginde degişli peptidgidrolazalaryň täsirinde aýry-aýry aminolislotalara bölünýärler.

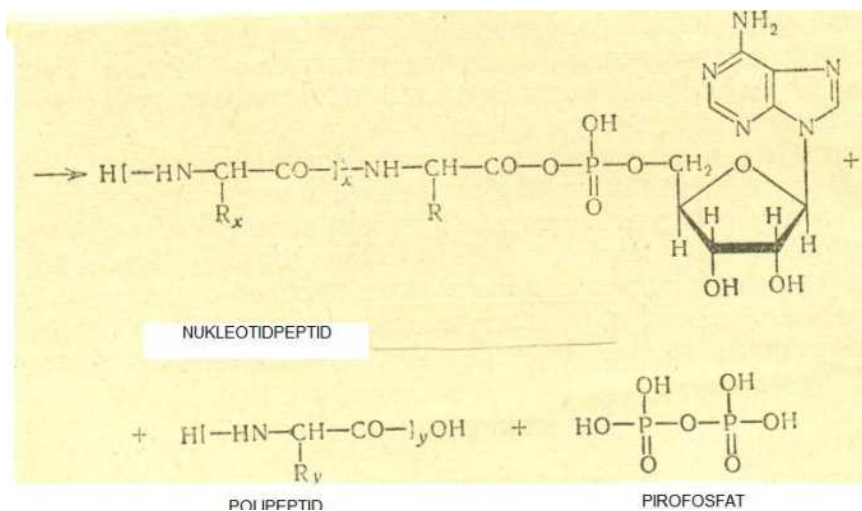
Janly organizimde beloklaryň gidroliziniň umumy shemasynda şeýle görnüşde aňlatmak bolar:



Şeýlelikde shemada görnüşi ýaly peptid-peptidogidrolaza fermentleriniň täsirinde, ilki dürli görnüşdäki peptidleriň çylşyrymly garyndysy emele gelýär, soňra peptidgidrolaza fermentleriniň täsir

Proteinlərin dərəcələrinin ilkinji yolu. Koninsberg və başqaları tərəfindən gözlənilən edilə bilər. Ol, spesifik fermentlərin və nukleozidtrifosfatların /has takygy ATF-in/ gətirilməklərində belə molekulların nukleotid-peptidlərə və ayrıca peptidlərə dərəcəyə gətirilir. Yəni beləliklərin şəkl dərəcələrinin mexanizmi hazırda çətinliklərlə yanaşıdır. Şəkləndirə bilər, beləliklərin bu hildə dərəcələrinin başlanğıc stadiyasının mümkün olan şemasını bu görünüşdə görkəzmək bilər:





Emele gelýan nukleotidpeptidler beloklaryň resintezi üçin ulanylyp, taýýar peptid beloklary hökmünde täzeden sintezlenýän belok molekulalary üçin peýdalanylýar.

Organizimde beloklaryň çalyşmasy örän endigan ýagdaýda we tygşytlyk bilen amala aşyrylýandygyny bellemek gerek.

§2. Aminokislotalaryň başga maddalara öwürilmegi

Beloklaryň sintezi üçin ylanylman galýan aminokislotalar janly organizmiň dokumalarynda dürli öwürilişmelere sezewar bolýarlar.

Organizmde aminokislotalaryň reaksiýasynyň üç tipi mälindir: 1/ aminogruppasy boýunça; 2/ karboksil gruppasy boýunça; 3/ aminokislotalaryň radikallary boýunça.

I. Aminokislotalaryň α -aminogruppasy boýunça reaksiýa.

Aminokislotalaryň α -aminogruppalary boýunça reaksiýa ähli aminokislotalar üçin bir tiplidir.

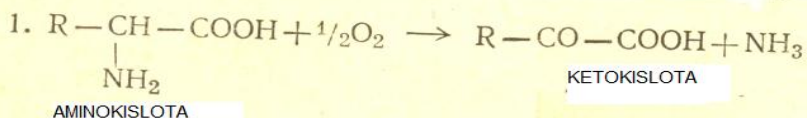
Ol dezaminirlenme /ýagny aminokislotanyň aminogruppasyny aýyrmak/: pereaminirlenme /ýagny aminokislotanyň aminogruppasyny aýryp haýsyda bolsa başga bir α -ketokislota geşirmek / ýaly reaksiýalardan ybaratdyr.

Aminokislotalaryň α -aminogruppasy boýunça iň möhüm we giňden ýaýrany dezaminirlenme reaksiýasydyr. Häzirki wagtda dezaminirlenme reaksiýasynyň birnäçe ýollary anyklanyldy.

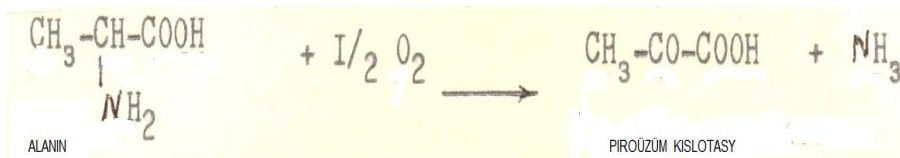
a/ Okislendirilýän dezaminirlenme

Bu reaksiýanyň düýp maksady kislorodyň gatnaşmagynda aminokislotanyň

α -ketokislota we ammiaga dargamagyndan ybaratdyr. Reaksiýanyň umumy shemasyny şeýle aňlatmak bolar:

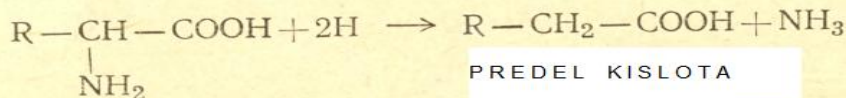


Oña mysal edip alaniniň okislenmegi netijesinde pirouzum kislotasyňa we ammiaga dargamagyny görkezmek bolar:

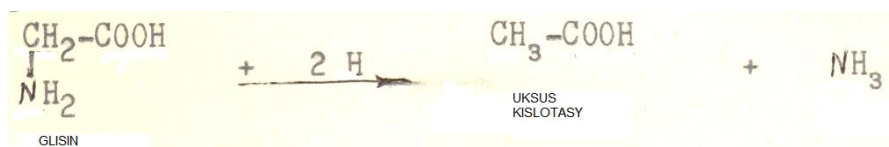


b/ Gaýtarylýan dezaminirlenme

Bu reaksiýada aminokislota özüne iki atom wodorody birleşdirip doýan karbon kislotasy we ammiaga dargaýar. Reaksiýanyň umumy görnüşi:



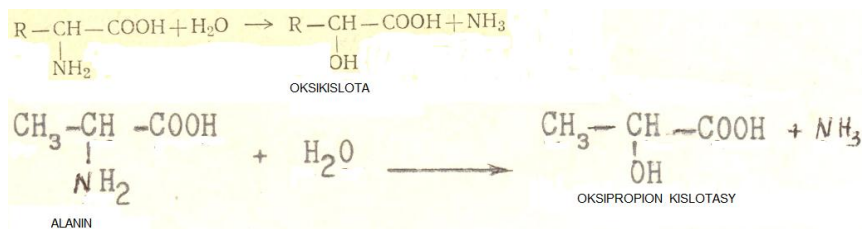
Oňa mysal edip glişiniň özüne iki atom wodorody birleşdirip gaýtarylmagy netijesinde uksus kislotasyňa we ammiaga dargaşyny görkezme bolar:



Dezaminirlenme reaksiýasynyň şeýle tipi mikroorganizmlerde duş gelyär.

w/ Hidrolitik dezaminirlenme

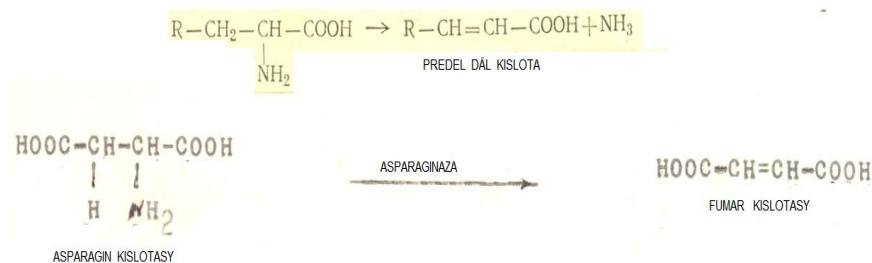
Dezaminirlenme reaksiýasynyň bu tipinde aminokislota suw bilen birleşip oksikislota we ammiaga dargaýar:



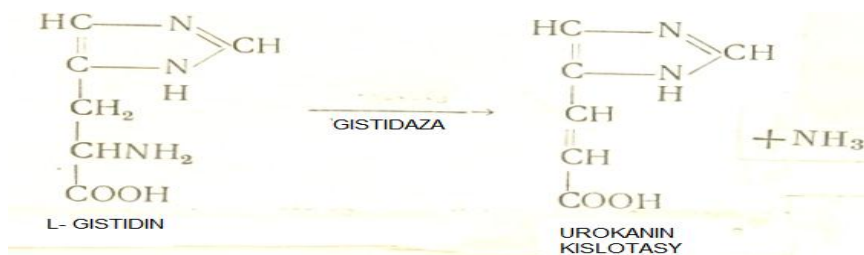
Reaksiýanyň bu tipini mikroorganizmlerde we ösümlüklerde synlamak bolar.

g/ Molekulanyň içindeki dezaminirlenme.

Bu reaksiýada molekulanyň içinde ýerleşýän uglerodlardaky wodorod atomynyň aminogruppa birleşmegi netijesinde aminokislota predel däl kislota we ammiaga dargaýar. Oňa mysal edip asparagin kislotasynyň fumar kislotasyna öwürilişigini görkezmek bolar:



Molekulanyň içinde dezaminirlenme ösümlik, haýwan öýjükleri we mikroorganizmler üçin mahsusdyr. Adamynyň we haýwanlaryň bagrynda tapylan distidaza diýilýän ýörite fermentiň täsiri esasynda gistidin-urokanin kislotasyna we ammiaga dargaýar:



Pereaminirlenme / ýa-da transaminirlenme /

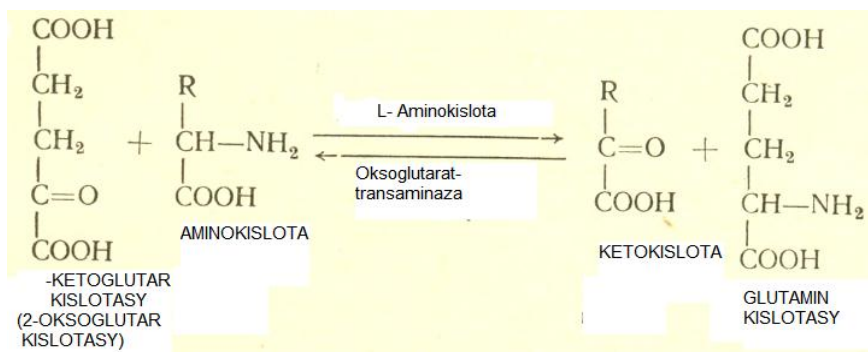
Bu reaksiýa bir aminokislotaň aminogruppasyny haýsyda bolsa başga bir

α -ketokislota /aralyk erkin ammiak emele gelmezden / göçürilmegidir. Fermentatiw pereaminirlenme hadysasy ilkinji gezek akademik A.E.Braunşteýn we M.G.Kriçman tarapyndan 1937-nji ýylda açyldy.

Pereaminirlenme reaksiýasyna gatnaşýan aminokislota /aminogruppanyň donory/ özüniň $-NH_2$ gruppasyny haýsydyr beýleki α -ketokislota /aminogruppanyň akceptoryna / berip, özi α -ketokislota öwrülýär. Aminogruppany kawul eden α -ketokislota bolsa aminirlenip gaýtarylmagy netijesinde täze aminokislota emele gelýär.

Bu prosesi çylşyrymly ferment aminotranferaza-piridoksalferment katalizlendirýär.

Reaksiýanyň umumy deňlemesini şu aşakdaky ýaly görkezmek bolar:

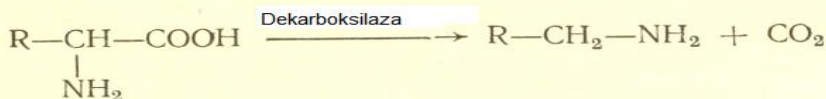


Aminokislotalaryň dargamagynyň we sinteziniň bu hili öwrüşikli biologik reaksiýasy haýwanlaryň orgamizminde giňden ýaýrandyr. Şeýle reaksiýalar aminokislotalaryň köpüsi üçin mahsusdyr we ol ähli janly öýjüklerde amala aşyrylýar.

Aminokislotalaryň α -karboksil gruppasy boýunça reaksiýasy

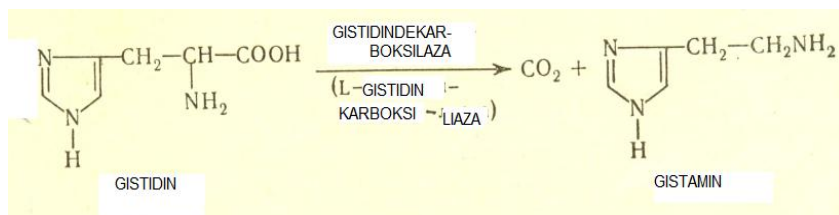
Orgamizmde aminokislotalaryň beýleki bir tarapdan başga bir maddalara öwrülmesi, olaryň karboksil gruppasy boýunça reaksiýasyna baglydyr. Şeýle reaksiýalaryň biri hem dekarboksilirlenme /aminokislotalaryň α -karboksil gruppasyndan CO₂ bölünip çykmagy/ reaksiýasydyr.

Decarboksilirlenme reaksiýasynyň esasy önümi aminlerdir we reaksiýany umumy görnüşde şeýle aňlatmak bolar:



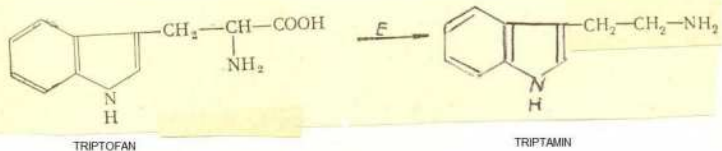
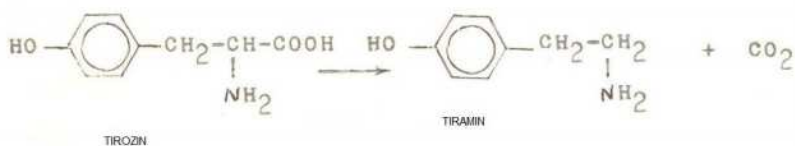
Aminokislotalaryň dekarboksilirlenme reaksiýasy haýwanlaryň we ösümlikleriň dokumalarynda aýratyn hem mikroorganizmlerde aňsatlyk bilen amala aşyrylýar we bu reaksiýany her bir aminokislota üçin hahsus bolan ýörite spesifik fermentler-dekarboksilazalar katalizlendirýärler. Häzirki wagtda asparagin kislotasyny, walini, lizini, gistidini, tirazini, triptofany we beýleki aminokislotalaryň dekarboksilirlendiren fermentler ýüze çykaryldy we doly öwrenildi.

Aminokislotalaryň dekarboksilirlenme reaksiýasy aminokislota çalyşmasynyň beýleki prosesleri ýaly öwrülşikli reaksiýa däldir. Dekarboksilirlenme reaksiýasynyň käbir mysallaryna ýüzleneliň. Gistidin dezaminirlenip gistiamini emele getirýär:

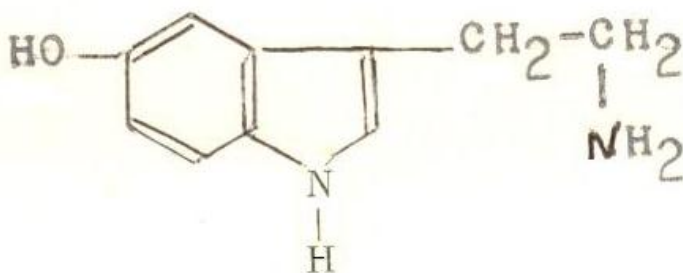


Gistamin içki sekresiya mäleriniñ işjeñligini güýçlendirýär we gan basyşyny peseldýär.

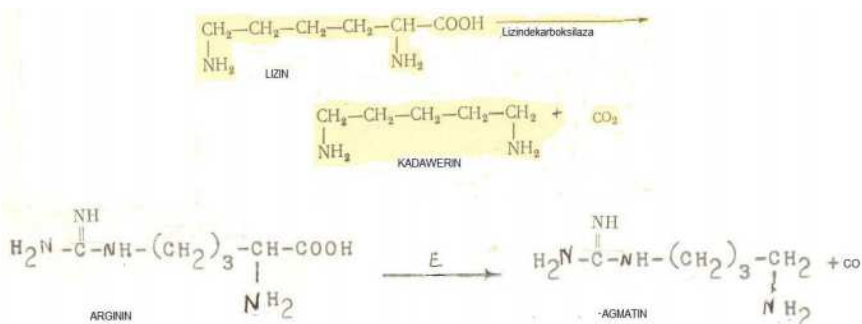
Tirozini we triptofony dekarboksilirmek bilen degişlilikde tiramin we triptamin alynýar:



Triptamin aňsatlyk bilen 5-oksitriptamine /serotonine/ öwrülýär:

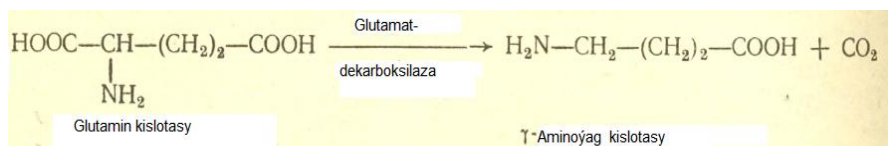


Bu böp taraplaýyn fiziologik täsiri bolan birleşmedir. Liziniň we argininiň dekarboksilirlenmegi deňişlilikde kadawerini we agmatini emele getirýär.

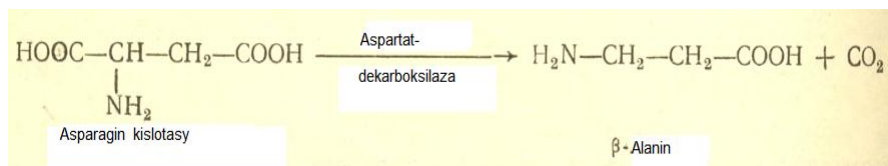


Aminokislotalaryň dekarboksilirlenmeginiň önümi ýeke bir aminler ýa-da diaminler bolman eýsem başga önümler hem bolup

biler. Mysal üçin, glutamin kislotasynyň dekarboksilirlenmegi netijesinde γ -aminoýag kislotasy, asparagin kislotasynyň dekarboksilirlenmeginde bolsa β -alanin emele gelyändir.



Aminoýag kislotasy ýilik dokumasynda toplanmak bilen, ol neýrogumoral inhibitorydyr.

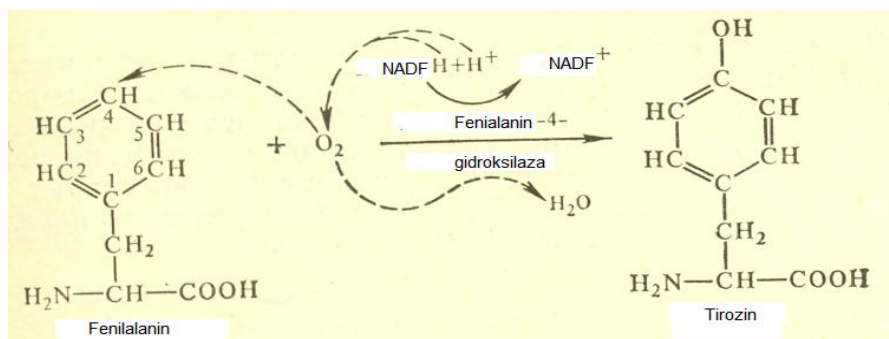


β – Alanin pantoten kislotasynyň sintezine gatnaşýar.

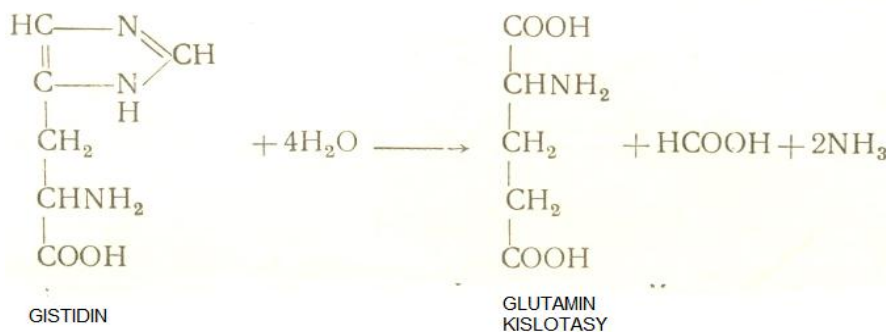
§ 3. Aminokislotalaryň öwrülišmesinde, olaryň radikallaryna m degişli reaksiýalar

Reaksiýa netijesinden aminokislotalaryň radikallarynyň üýtgemegi bilen bir aminokislotadan başga bir aminokislotanyň emele gelmegi, olaryň öwrülişmeleriniň esasy tipleriniň biridir. Şoňa görä organizmde aminokislotalaryň sinteziniň mümkinçiligi has hem

artýar. Käbir mysallara ýüzleneliň. Fenilalaniniň okislenmegi netijesinde tirzin emele gelýär.

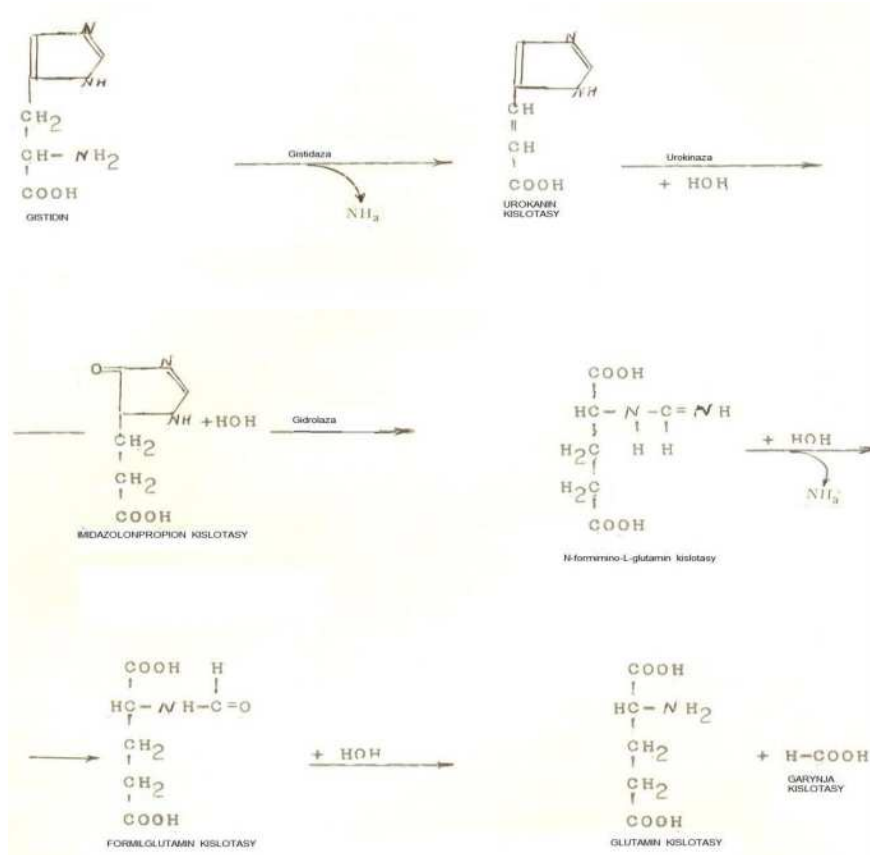


Gistidaza fermentiniň täsiri esasynda gistidiniň imidazol halkasy ýarylyp glutamin kislotasynyň molekulasyny, garynja kislotasyny we ammiagyň iki molekulasyny emele getirýär.



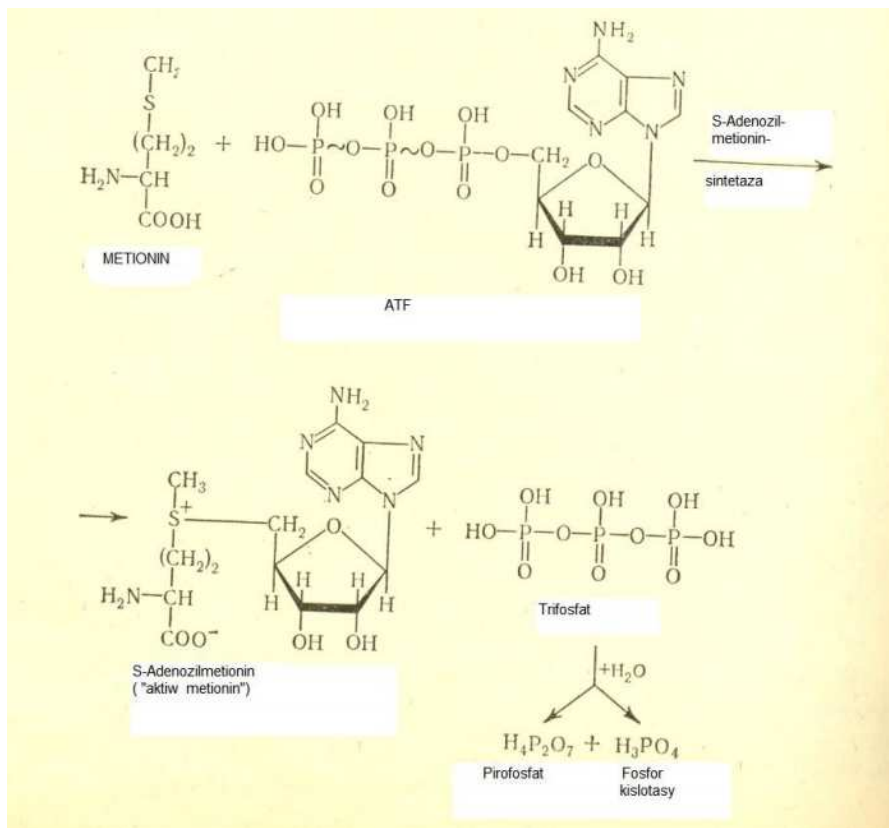
Gistidiniň glutamin kislotasyna öwürüşigi dört etapdan amala aşyrylýar. Reaksiýanyň birinji etabynda gistidinden ammiagyň

bölmegi netijesinde onuň doýgun däl önümi /deriwaty/ bolan urokanin kislotasy emele gelyär. Soňra gidroliz reaksiýalary esasynda ...-formiminoglutamin kislotasy emele gelip, ol öz gezeginde glutamin kislotasyna we garynja kislotasyna dargaýan formilglutamin kislotasyna öwürülýär. Bu reaksiýany şeýle shemanyň üsti bilen aýdyň görkezmek bolar:

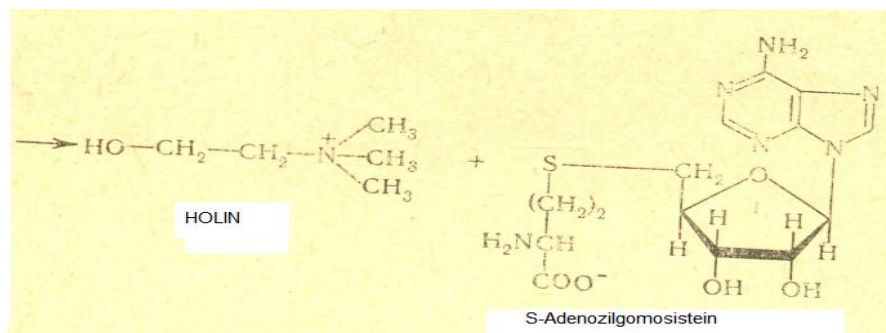
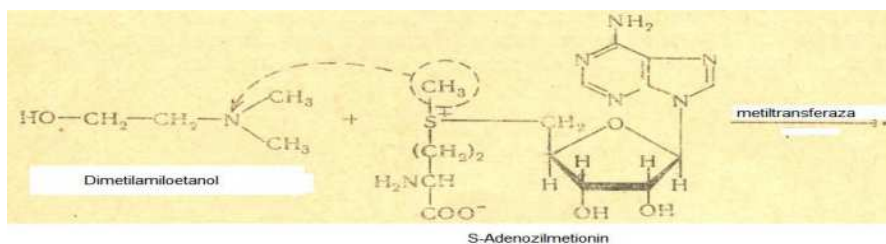


Metionini demetilirlmek /metil gruppasyny aýyrmak/ reaksiýasy örän giňden ýaýrandyr. Bu reaksiýa metiltransferaza fermentiniň katalik täsiri esasynda amala aşyrylýar.

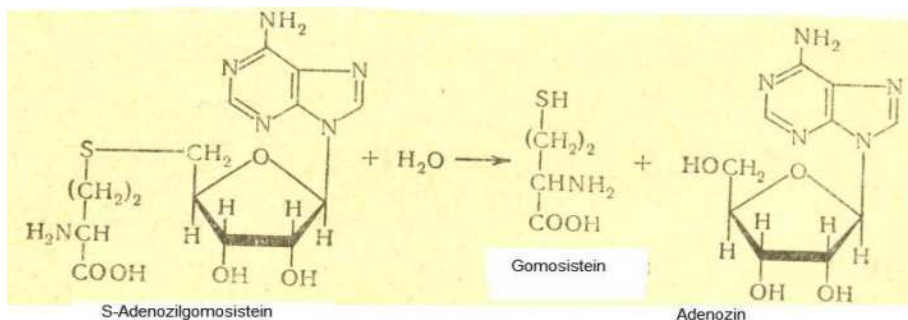
Soňky döwürde, transmetilirlmek reaksiýasynda metioniň özüniň metil ($-\text{CH}_3$) gruppasyny haýsydyr bir birleşmä bermäge örän ukyplydygy anyklanyldy. Şeýlelikde ol, ilki ATF bilen birleşip „aktiw metionine“ öwrülyär:



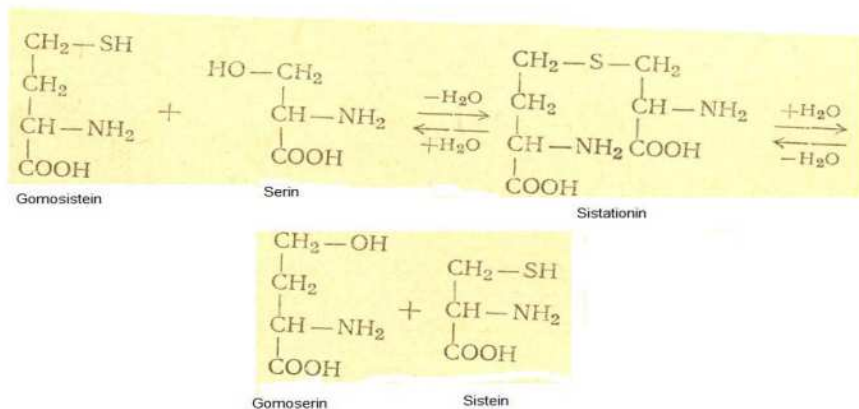
Soňra S-adenozilmetioninden metil gruppasy metilirlenýän birleşmä berilýär. Oňa mysal edip holiniň sintezini görkezmek bolar.



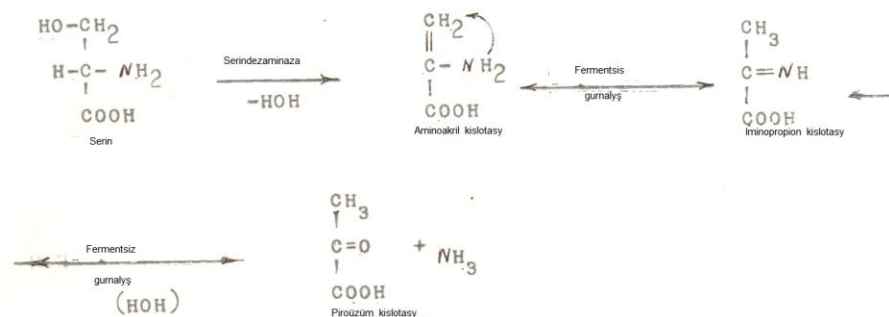
S-Adenozilgomosisteýn gidroliz esasynda gomosisteýne we adenozine dargaýar:



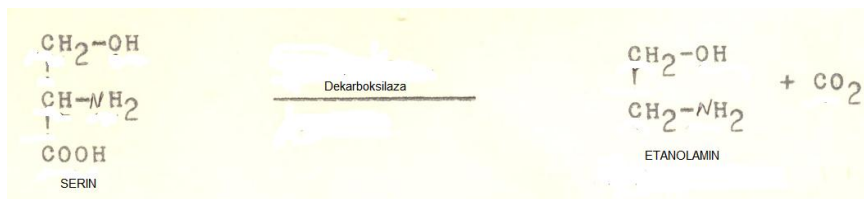
Şeýlelikde metioniň demetilirlenmek bilen sisteiniň gomologyna ýagny gomosisteine öwrülýär. Gomosisteýn bolsa öz gezeginde serin bilen özara reaksiýa girip sistationin tioefirini emele getirýär. Soňra ol efir hem gomoserine we sisteine dargýar.



Serindezaminaza fermentiniň täsir etmegi bilen, serin dezaminirlenip pirouzum kislotasyny we ammiagy emele getirýär. Reaksiýanyň birinji etaby seriniň degidrotasiýasyndan /suw molekulasynyň bölünip çykmagyndan/ başlanýar:



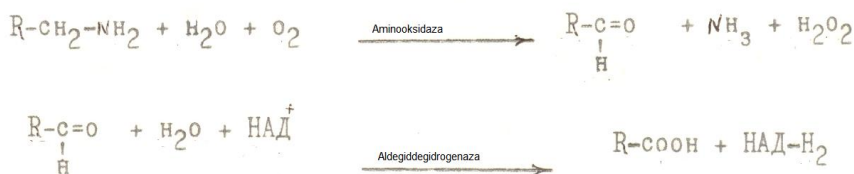
Seriniň dargamagynyň beýleki bir görnüşi, onuň dekarboksilirlenip etanolamini emele getirmegidir.



Etanolamin bolsa, fosfolipidleriň düzümine girýän holiň başlangyç maddasy bolup hyzmat edýär.

§4. Aminokislotalaryň ahyrky önümlerine dargamagy

Janly organizmlerde beloklaryň we peptidleriň gidrolizi netijesinde emele gelýän aminokislotalaryň köpüsi täzeden sintezlenýän beloklar üçin harçlanýan bolsa, olaryň /käbirleri / birnäçesi ahyrky önümi bolan NH_3 , CO_2 , H_2O ýaly has ýönekeý maddalardan başgada aminlere, karbon kislotalaryna we organiki birleşmeleriň haýsyda bolsa bir klasyna degişli beýleki maddalara hem dargaýarlar. Olaryň ammiakdan we CO_2 özgesi, ýene-de mundan buýanky dargamaklyga sezewar bolýarlar. Aminler oksidlendiriji dezaminirlenip karbon kislotasyna öwürülýärler:



Aminokislotalaryň dargamagynda emele gelýän ketokislotalar we karbon kislotalary ýuwaş-ýuwaşdan oksidlenip CO_2 we H_2O dargaýarlar. Şonuň ýaly hem organizmde aminokislotalaryň dargamagy netijesinde emele gelýän beýleki organiki birleşmeler hem öz gezeginde NH_3 , CO_2 we H_2O dargaýarlar.

Şeýlelikde aminokislotalaryň dargamagynyň ahyrky önümi NH_3 , CO_2 we H_2O ýaly maddalardyr. Bu prosesse aminokislotalaryň ahyrky önüme dargamagy diýilýär.

Emele gelen suw soňra madda çalyşmasynyň umumy fonduna goşulýar, kömür turşy gazy organizmden bekdençsiz çykarylýar, ammiagyň ykbaly bolsa täzeden sintezlenýän aminokislotalara bagly bolýar. Diňe gidrosferanyň käbir ýaşajylary /sülükler, deňiz we derýa leňneçleri we başgalar/ ammiagy gös-göni ýa-da onuň ammoniý duzlary görnüşinde daşky gurşawa çykarýarlar.

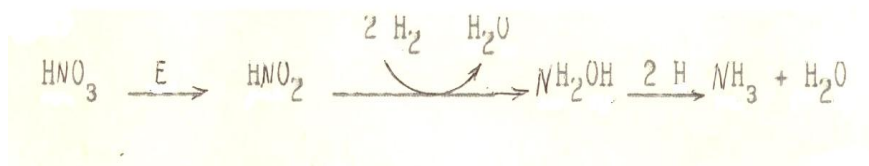
Aminokislotalaryň we proteinleriň sintezi.

Aminokislotalaryň biosintezi

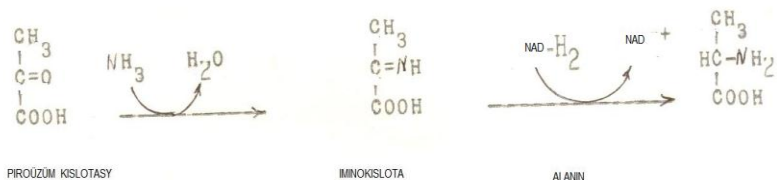
Dürli görnüşdäki janly organizmler beloklarda duş gelýän aminokislotalaryň 20 görnüşini sintezlemek ukypalary boýunça biri-birinden düýgöter tapawutlanýarlar. Şeýle hem, olar aminogruppanyň başlangyç elementi bolan azonyň ol ýa-da beýleki formasyny peýdalanmakdan ukypalary boýunça hem tapawutlanýarlar.

Adam we käbir beýleki süýdemdiriji haýwanlar beloklaryň sintezi üçin zerur bolan ýigrimi aminokislotalaryň onusyny

sintezlemäge ukyplydyr. Şoňa görä, aminokislotalaryň bu on sany görnüşi çalşyryp bolýan aminokislotalardyr, olary ammiakdan we uglerodyň dürli çeşmelerinden organizmiň özi sintezläp bilýändir. Aminokislotalaryň beýleki onusy organizme iýmit arkaly barýar we olara çalşyp bolmaýan aminokislotalar diýilýär. Emma ösümlükler proteiniň sintezi üçin zerur bolan aminokislotalaryň hemmesini özlari dintezmäge ukyplydyr, üstesinede olar aminogruppanyň emele gelmeginde başlangyç madda hökmünde ýeke bir ammiakdan peýdalanmak bilen çäklenmän, eýsem nitratlary hem ulanýarlar. Nitratlar degişli fermentleriň täsiri esasynda gidroksilaminiň NH_2OH çeşmesi bolan nitritlere öwrülýär. Soňra gidroksilamin öz gezeginde gaýtarylyp ammiaga we suwa dargayar.

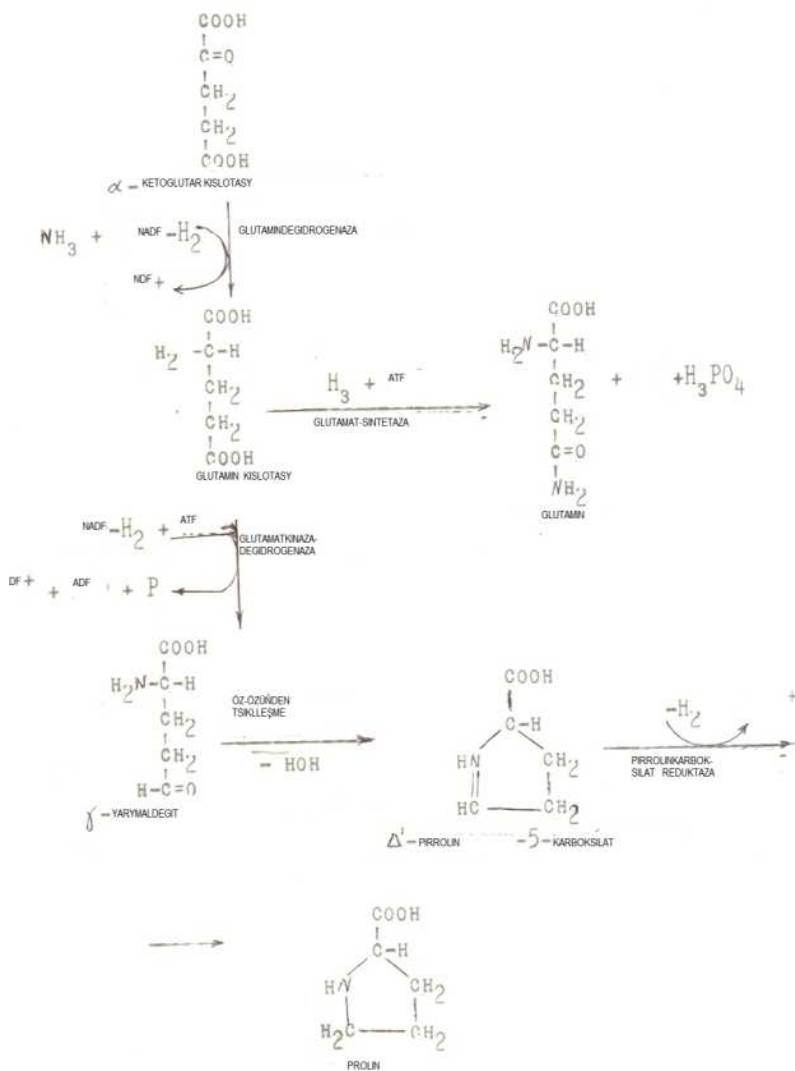


Şeýlelikde emele gelen ammiagyň degişli ketokislotalar bilen reaksiýa girmegi netijesinde ilki aralyk önüm –iminokislotalar emele gelýär. Soňra ol iminokislotalar NAD-H_2 gatnaşmagynda gaýtarylyp aminokislotalary emele getirýärler:



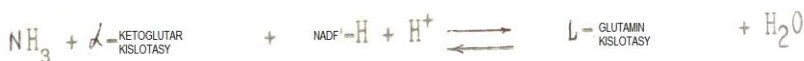
Köplenç halatlarda çalyşyp bolýan aminokislotalaryň uglerod skletiniň başlangyç çeşmesi bolup limon kislotasynyň siklinde ol ýa-da beýleki aralyk önümlerden emele gelýän degişli α -aminokislotalar hyzmat edýär.

Prostetik gruppasy piridoksalfosfat bolan transaminaza fermenti tarapyndan katalizlendirilýän transaminirleme reaksiýasynda NH_2 topar glutamin kislotasyndan göçürilýär. Glutamin kislotasy, glutamin we prolin ýaly kowumdaş aminokislotalaryň biosintez ýoly ähli jandarlar üçin birmeňzeşdir we ol çylşyrymly reaksiýalardyr. Ony şu aşakdaky shema boýunça görkezmek bolar:



3-shema. Glutamin kislotasynyň, glutaminiň we proliniň biosintezi.

Glutamin kislotasy L-glutamatdehidrogenaza fermentiniň täsiri esasynda ammiakdan we α -ketoglutar kislotasyndan emele gelýär. Glutamindehidrogenaza reaksiýasynda gaýtaryjy ekwiwalent hökmünde NADFN hyzmat edýär:



Ähli aminokislotalaryň biosintezinde bu reaksiýanyň ähmiýeti örän ulydyr, çünki transaminirleme reaksiýasynda beýleki aminokislotalaryň biosintezi üçin hem aminogruppanyň donory bolup glutamin kislotasy hyzmat edýär.

Prolin, glutamin kislotasynyň sikleşen önümidir. Onuň emele gelmegi, glutamin kislotasynyň degişli ýarymaldegide gaýtarylmagyndan başlanýar. Soňra ýarymaldegid öz-özünden sikleşip Δ^1 -pirrolin-5-karaboksilata öwürülýär. Ol hem öz gezeginde pirrolinkaraboksilat reduktazanyň täsiri esasynda we NADF-N gatnaşmagynda gaýtarylyp prolini emele getirýär.

Aminokislotalaryň öwürilişmesinde olaryň radikallaryna degişli reaksiýanyň üsti bilen beýleki käbir aminokislotalaryň başga bir emele geliş ýollary anyk görkezilendir.

Geçirilen birnäçe biohimiki we genetiki derňew işleriniň netijesinde adam we käbir süýdemdiriji haýwanlar üçin çalşyryp bolmaýan aminokislotalarň biosintez ýollary, bu aminokislotalary sintezlemäge ukyply mikroorganizmlerde aýdyň görkezildi.

Dü gün boýunça çalşyryp bolmaýan aminokislotalaryň sintezi örän çylşyrymly we birnäçe etaplarda amala aşyrylýar. Haýwan organizmleriniň bu aminokislotalary sintezlemäge ukypsyzlygynyň esasy sebäpleriniň biri, olarda bu sintez üçin zerur bolan iki sany fermentiň ýoklugy bilen düşündirýärler.

Molekulasynda benzol halkasy (ýa-da geterosikli) bar bolan fenilalanin, tirozin we triptofan ýaly aminokislotalaryň sintez ýollary özleriniň has çylşyrymlylygy bilen tapawutlanýarlar. Şeýle halkalaryň, aýratyn hem triptofanyň kondensirlenen halkasynyň sintezi birnäçe fermentativ etaplary öz içine alýan çylşyrymly prosesdir.

Haýwan organizmleri üçin çalşyryp bolmaýan –treonin, metionin we lizin ýaly aminokislotalar çalşyrylyp bolýan aspargin kislotasyndan; arginin we gistidin bolsa glutamin kislotasyndan sintezlenýärler. Bakteriýalarda izoleýsin çalşyryp bolmaýan aminokislota-teroninden emele gelýär.

Ribosomlar

Proteinleriň biosintezi janly organizmleriň öýjüklerindäki ribosomlarda amala aşyrylýandygy sebäpli, olaryň gurluşy barasynda gysgajyk durup geçmeklik zerurdyr. Çünki ribosomlar protein sintezleşiji sistemanyň esasy komponentleriniň biridir.

Ribosomlar, bu belli proteinleriň nuklein kislotalary bilen emele getiren spesifik (aýratyn) kompleksidir. Şeýle kompleksin örän çylşyrymly gurluşy bolup, olar kesgitli biologik funksiýalary ýerine ýetirýärler. Ähli organizmlerde, nuklein kislotalarynda jemlenen genetiki informasiýalary proteinleriň takyk anyklanylýan strukturalaryna ýaýratmaklyk öýjük organellasy –ribosomlarda amala aşyrylýar.

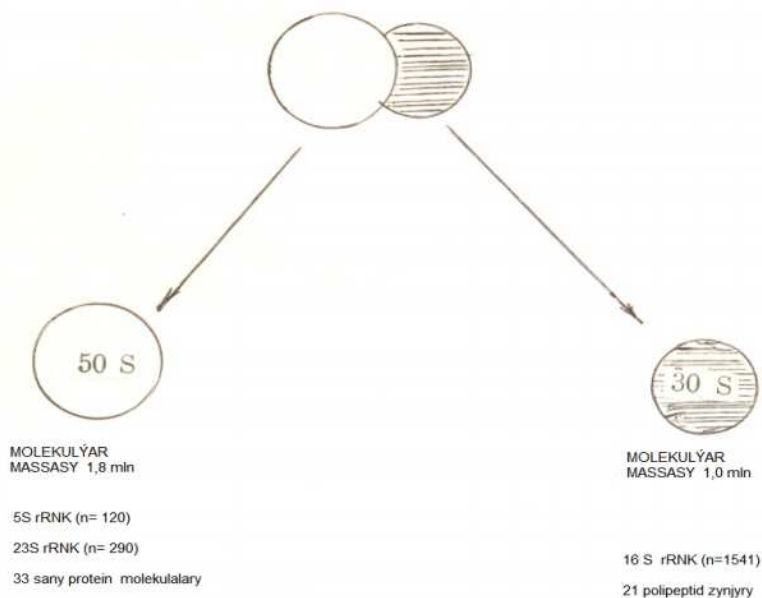
Prokariotik öýjüklerde ribosomlaryň 60-65% rRNK-dan we 35-40% bolsa proteinden ybaratdyr. Eukariotik öýjüklerde ribosomlaryň mukdary takmyndan 50% rRNK-dan we 50% hem proteinden ybaratdyr. Adamynyň garyn-ıçege traktlarynda ýaşayan *Escherichia coli* bakteriýanyň öýjükleriniň sitoplazmasynda ribosomlary erkin halnda duş gelýärler we olar öýjükleriň umumy massasynyň 25% barabardyr. *E. coli* bakteriýasynyň bir öýjüginde takmyndan 15000 ribosoma bardyr: bir ribosoma bölejiginiň massasy 2.800 000 daltona we diametric bolsa 180Å deňdir. Ribosomlar öýjük

ýadrolarynyň içinden, şeýle hem hloroplastlar we mitohondriýaly organelleriň içinden tapyldy.

Köpsanly ribosomlar birleşip poliribosomlary ýa-da polisomlary emele getirýärler. Polisomlarda köpsanly ribosomlar informasion RNK-nyň (iRNK) bir molekulasynda ýüplüğe düzülen mojuk ýaly tertipde ýerleşýärler.

RNK-nyň möçberine we mukdaryna görä az üýtgemeler bolýmаса ähli öýjükleriň ribosomlary birmeňzeş arhitektura planynda gurnalandyr. Prokariotik öýjüklerde sedimentasiýa hemişeligi 70s (s –Swedberg birligi) barabar bolan ribosomlary, eukariot üýjükleriň sitoplazmasynda bolsa 80s ribosomlary bardyr. Olar iki sany dürli möçberdäki sub-birliklerden ybaratdyr. Mysal üçin, 80s ribosomlar 60s we 40s sub-birliklerden, 70s ribosomlar bolsa 30s we 50s sub-birliklerden ybaratdyr. Ribosomlaryň iň oňat öwrenilenleri E. coli bakteriýasynyň 70s ribosomlarydyr. (12-nji surat) E.coli bakteriýasynyň kiçi 30s sub-birligi RNK-nyň molekulasyndan (16s –RNK) we ribosoma belongynyň 21 molekulasyndan ybaratdyr. Onuň uly 50s sub-birliginiň düzüminde bolsa RNK-nyň iki molekulasy (23s –RNK we 5s –RNK) we belongyň hem 33 molekulasy girýändir. 30s we 50s sub-birlikleriniň molekulýar massasy degişlilikde 1,0 mln. we 1,8 mln. daltona deňdir.

Sub-birlikleriň ikisiniň hem düzüminde köpsanly polipeptid zynjyrlary girýändir.



30-njy surat. E.coli bakteriýasynyň 70S ribosomlaryndaky sub-birlikleriň

gurluş shemasy (n – nukleotid galyndylarynyň sany).

Eukariot öýjükleriň ribosomlary prokariotlaryňky ýaly birmeňzeş gurnalandyr, ýöne eukariotlaryň sub-birliklerindäki

beloklaryň mukdary köpdür we RNK zynjyry hem uzynlygy. (18S we 28S); uly sub-birliklerinde bolsa kiçi ribosoma RNK-synyň iki molekulasy (5S we 5,8S) saklaýandyr.

Ribosomlar magniý ionyna (Mg^{2+}) örän baýdyr. Şoňa görä olar erginlerde Mg^{2+} ionynyň ýokary konsentrasiasynda durnuklydyr, Mg^{2+} ionynyň konsentrasiasynyň peselmegi bilen ribosomlar özleriniň sub-birliklerine dissodirlenmäge ukyplydyr.

Ençeme ýyllaryň dowamynda ribosomlar, mRNK we tRNK ýaly belok sintezleýji sistemalaryň aktiw elementleriniň daýanç roluny ýerine ýetirýän passiw strukturasy hökmünde garapdyrlar. Soňky maglumatlara görä, polipeptid zynjyrynyň biosinteziniň dürli etaplarynda mRNK-nyň belli böleklerini “tanamakda” ribosomlaryň aktiw gatnaşandyklary anyklanyldy.

Proteinleriň biosintezi

Proteinleriň biosintezi häzirki zaman tebigat ylmyň esasy problemalarynyň biridir. Şoňa görä, münlerçe aminokislota galyndylaryndan düzülen protein molekulalarynyň sinteziniň mehanizmini çözmeklik biologiýanyň soňky döwürde formilirlenen molekulýar biologiýa, bioorganiki himiýa, fiziki-himiki biologiýa

ýaly täze we has kämilleşen bölümleriniň esasy meseleleriniň biri bolup durýar.

Proteinleriň biosintezi ähli öýjükleriň ribosomlarynda amala aşyrylýar. Ribosom ribonuklein kislotalaryndan we proteinden gurnalan çylşyrymly asimetrik dördülenji strukturaly iri makromolekuladyr. Proteini sintezlemek üçin, ribosom protein molekulasyň polipeptid zynjyrynda aminokislotalaryň tertipli ýerleşişlerini görkezýän programma bilen, protein gurnamak üçin gerek bolan aminokislota materialy bilen we energiýa bilen üpjün bolmalydyr. Ribosomyň özi peptid baglanşygynyň emele gelmegini we degişlilikde aminokislota galyndylarynyň polipeptid zynjyryna polimerleşmegini üpjün etmekde katalitiki (fermentativ) funksiýany ýerine ýetirýär.

Proteiniň polipeptid zynjyrynda aminokislota galyndylarynyň gezekleşip tertipli ýerleşmegi üçin gerek bolan programma dezoksiribonuklein kislotasýndan, ýagny öýjügiň genomyndan gelip çykýar. Goşa “tarly” DNK-nyň gen diýip atlandyrylýan aýratyn bölekleri ýeke “tarly” “RNK”-nyň sintezi üçin matrisa bolup hyzmat edýär. Şoňa görä, sintezlenen RNK zynjyry DNK zynjyrynyň birine komplementardyr. Şeýlelikde DNK özüniň haýsydyr bir dezoksiribonukleotid yzygiderliginde özüne mahsus bolan takyk ribonukleotid yzygiderliligini emele getirýär. RNK-polimeraza

fermentiniň täsiri esasynda gen nusgasyňyň emele gelmegine – transkripsiya diýilýär. Sinteziň dowamynda we ondan soňra, aýratyn hem eukariot öýjüklerde RNK birnäçe goşmaça özgerişmelere sezewar bolýar we kämilleşýär, oňa processing* diýilýär. Soňra ondan nukleotid yzygiderliginiň belli bölegi kesilip aýrylýar. Alynan RNK sintezlenýän belogyň aminokislota yzygiderligini kesgitlenýän programma hökmünde ribosoma barýar. Oňa informasion ýa-da messenjer** RNK (mRNK) diýilýär. Şeýlelikde hut transkripsiya genleri we RNK-nyň emele gelmegi DNK-dan ribosoma barýan informasiýa akymyny üpjün edýär.

Protein molekulasyňy gurnamak üçinbaşlangyç material hökmünde aminokislotalar ulanylýar. Ýöne ribosom belogyň sintezi üçin erkin aminokislotalardan peýdalanylýan däldir. Ribosomyň aminokislotalary substrat hökmünde ulanmagy üçin ilki bilen galanyşyp bölünýän ATF-niň gatnaşmagynda aminokislotalar aktiwleşýärler, soňra ol ýörite aminoasila tRNK-s niteaza fermentiniň täsiri esasynda tRNK bilen kowalent baglanyşýar. Şeýlelikde emele gelen aminoasila –tRNK proteininiň sintezi üçin substrat hökmünde ribosoma barýar. Onuň daşyndan, aminokislota galyndysy bilen tRNK-nyň arasyndaky himiki baglanyşygyň energiýasy ribosomda polipeptidleriň sintezinde peptid baglanyşygynyň emele gelmek reaksiýa üçin harçlanýar. Şeýlelikde

aminokislotalaryň aktiwlenmegi we amoniasila –tRNK-nyň emele gelmegi, ribosomda proteiniň sintezi üçin gerek bolan material we energiýa akymy bilen üpjün edrýär. Şoňa görä bu üç sany amyn (informasiýa, material we energiýa) ribosomda duşuşýarlar. Ribosomda olary kabul etmek bilen berlikde genetiki informasiýany mRNK-nyň nukleotid yzygiderlilik dilinden proteiniň sintezlenýän polipeptid zynjyryndaky aminokislota yzygiderliginiň diline terjimesini geçirmegi ýa-da translýasiýany amala aşyrýar. Eger ol molekulýar terminlerde göz önüne getirilse, onda ribosom mRNK zynjyrynyň uzaboýuna yzygiderli hereket edýän hem-de aminoasil-tRNK sredasyndan aminokislotalary yzygiderli saýlaýar. Netijede ribosomanyň saýlan aminoasil –tRNK-syndaky amoniasil galyndysynyň spesifikligi her gezek şol pursatda ribosomda hasaplanýan mRNK kesiminiň nukleotid kombinasiýasynyň spesifikligi bilen kesgitlenýär.

Şeýlelikde genetiki kod problemasy ýüze çykýar, ýagny protein molekulasy gurnamak üçin 20 sany aminokislotanyň her biriniň haýsy nukleotid kombinasiýasy kesgitleýär ýa-da kodlaýar.

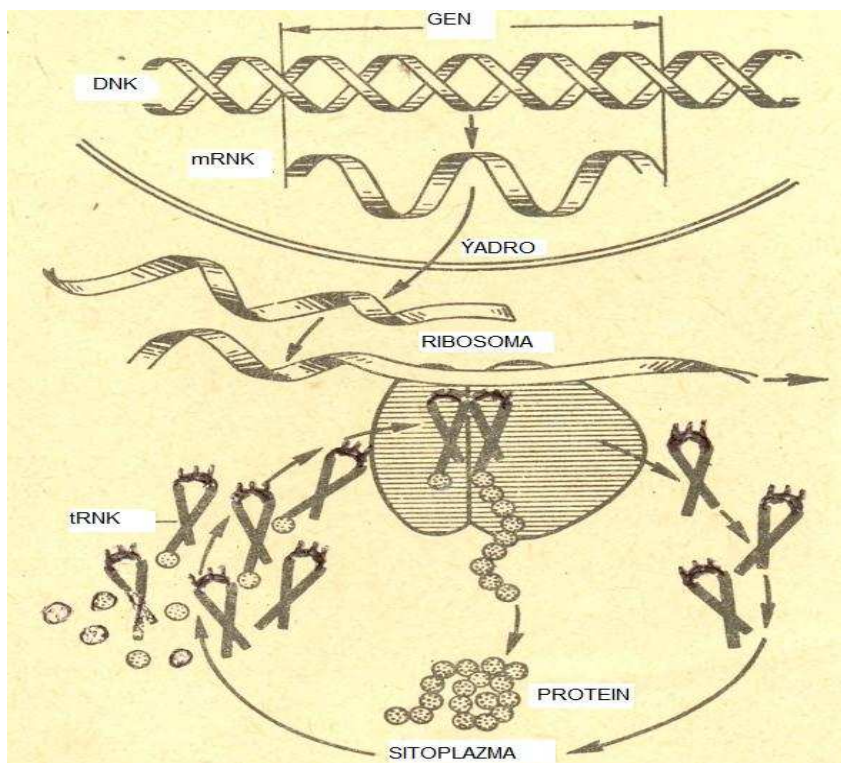
Ribosomlar mRNK zynjyrynyň uza boýuna hereket etmek bilen dürli görnüşdäki aminoasil tRNK-nyň ribosoma wagtlaýyn girmek tertibini, mRNK-nyň uzaboýuna ýerleşen kodlandyrylan nukleotid kombinasiýalarynyň ýerleşiş tertibine deňşililikde komplementar

ýagdaýda amala aşyrylýar. Aminoasil –tRNK tarapyndan saýlanan aminoasil galyndysy her gezek ribosomda ösýän polipeptid zynjyrynakowalent baglanşygy arkaly birleşýärler we soňra boşan tRNK ribosomda ergine geçýär. Şeýlelik bilen ýuwaş-ýuwaşdan belogyň polipeptid zynjyry gurnalýar.

A.S. Spiriniň shemasy boýunça belogyň biosinteziniň umumy görnüşini şu aşakdaky ýaly görkezmek bolar.

*Processing –(iňlisçe) processing –işläp bejermek, täzeden işläp bejermek ýaly manyny aňladýar.

** Messenjer –araçy, habarçy



31-nji surat. Proteiniň biosonteziniň umumy shemasy.
(DNK - RNK - Protein)

T.Kasperson, M.Kogland, P.Berg, P.Zamečnik, S.Oçoa, M.Nirenberg, N.Gorowisa, F.Gaurowisa, S.Weyssa we rus biohimiklerinden A.A.Baýew, A.N.Beložýorskiý, A.S.Spirin we beýlekiler beloklaryň sinteziniň mehanizmini, faktorlaryny we

sintezlenýän ýerini anyklamakda häzirki zaman düşünjesine örän uly goşant goşdylar.

Genetiki kod

Öýjüklerde elmydama köpdanly proteinleriň, şol sanda protein-fermentleriň biosintezi yzygiderli amala aşyrylýar we ol proteinler organizmde dürli funksiýalary ýerine ýetirýärler.

Olar ähli biohimiki reaksiýalary katalizlendirýärler, öýjüklerdäki üznüksiz hereketleriň ähli görnüşini amala aşyrýarlar we öýjük oraganelleriniň dürli konponentlerini döredýärer, başga söz bilen aýdanyňda janly organizmleriň ýaşayşa bolan ähli işjeňligi şol proteinlere baglydyr, ol ýa-da beýleki proteiniň effektiv işjeňligi onuň strukturasyna baglydyr. Onuň strukturasy bolsa polipeptid zynjyrdaky aminokislota galyndylarynyň yzygiderli tertipde ýerleşişini kesgitleýändir. Eger şeýle bolsa, janly öýjüklerde dürli aminokislota galyndylaryndan proteinleriň sintezi nähili kadalaşdyrylýar? Ýa-da öýjüklerde duş gelýän 20-den he köpüräk aminokislotalaryň utgaşykly ýerleşmegi tötänleýin dälmi diýen ýaly soraglar ýüze çykýar. Alymlar bu soraglary çözmekde belli derejede öňe gidişlik etdiler, ýagny ribosomlarda we mitohondrilerde proteinleriň biosinteziniň mehanizmi doly öwrendiler.

DNK-nyň genetiki rolynyň aýdyňlaşdyrylmagy we gutarnykly tassyk bolmagy bilen 1944-1953 ýý. proteiniň polipeptid zynjyrynyň sintezi üçin onuň gös-göni matrisa bolup hyzmat etmeýändigini anyklanyldy. Beýleki bir tarapdan, ozalky geçirilen köpsanly ylmy derňew işleriň netijesi, öýjüklerde proteinleriň sintezi bilen göniden-göni RNK-nyň baglydygyny tassyklaýan pikirlere getirdi. Şoňa görä, genetiki informasiýany DNK-dan beluga geçirmekden RNK gös-göni araçy bolup hyzmat edýär diýen düşüňjäniň peýda bolmagy tebigydyr we aminokislota galyndylarynyň polimerleşmegi üçin hut RNK-nyň özi matrisadyr (DNK→RNK→protein).

Takmyndan şol döwürlerde ribosomlar diýip atlandyrylýan protein sintezleýji ribonukleoproteid bölekleriniň hem üsti açyldy we öýjüklerdäki ähliumumy (total) RNK-laryň esasy bölegini ribosom RNK-synyň eýeleýändigini anyklanyldy. Şeýlelikde geniň ribosom RNK-syna transkripsiýa arkaly berilmegi we proteiniň sintezi üçin matrisa bolup hyzmat etmegi tebigy zatdyr. Proteinleriň spesifikligini saklamaklyk, ilki bilen olary seçip almaklyk, polipeptid zynjyrynyň sintezine päsgel berýän gerekmejek nädogry kombinasiýalary aýryp taşlamak ýaly zerur ugurlara gönükdirilendir. Şeýle seçip almakda, proteinleriň biosinteziniň ilkinji etaplarynda aminokislotalaryň aktiwligi katalizlendirýän we olaryň tRNK bilen kompleks emele getirmeginde her bir aminokislotanyň hususy

fermentiniň bardygyny biz eýýäm belleýäris. Ýöne seçip almaklygynyň ikinji basgançagy has hem möhümdir. Ol tRNK-nyň antikodynyň (ahrky adaptor gruppasynyň) matrisa bolup hyzmat edýän mRNK-nyň degişli bölegi (kodony) bilen komplementar ýagdaýda özara jebisleşmeginden ybaratdyr.

Seçip almagyň bu basgançagynda aminokislota bilen birleşen tRNK mRNK-nyň belli bölegine birleşýär. Şeýlelikde şol beluga mahsus aminokislotalaryň yzygiderligi emele gelip başlaýar. mRNK-nyň molekulasyňyň goşa spiralynyň birinde sintezlenýändigini we onuň nukleotid düzüminiň DNK-nyň nukleotid yzygiderligi bilen komplementarlygy bize ozaldan mälimdir. Şoňa görä, nesile geçijilik informasiýasy (genetiki informasiýa) belli nukleotid yzygiderligi görnüşinde DNK-da “ýazylyp” mRNK berilýär we ol öz gezeginde şol proteine mahsus bolan aminokislota galyndylarynyň yzygiderli tertibini kesgitleýär we oňa gözegçilik edýär.

Öýjükde DNK informasiýa “saklaýjydyr”. Eger-de DNK molekulasyňa haýsydyr bir ionlaşdyrylan şöhle ýa-da başga bir factor täsir edilse, onda onuň nukleotid düzümi üýtgeýär we informasiýa üýtgän görnüşinde mRNK berilýär, ol hem öz gezeginde organism üçin mahsus bolmadyk (spesifik däl) belogyň sintezlenmeine getirýär. Köp sanly proteinleriň ferment häsiýetini ýüze çykarýandygy sebäpli DNK-nyň süzüminiň üýtgemei bilen bir

fermentiň sintezi togtadylýar we oňa Derek organizmde ozal bolmadyk täze bir ferment peýda boýar. Şeýlelikde bu ýagdaýlaryň hemmesi organizmde madda çalyşma propesiniň bozulmagyna we onuň häsiýetleriniň üýtgemegine getirýär.

DNK-dan genetiki informasiýa proteine nähili berilýär we şol organism üçin mahsus bolan aminokislota galyndylarynyň yzygiderliligi bilen häsiýetlendirilýän proteinleriň biosintezi nähili amala aşýar? Proteinlerdäki aminokislota galyndylarynyň yzygiderliligi barasyndaky maglumaty berýän informasiýa teoriýasy DNK-nyň we onda sintezlenýän mRNK-nyň aýratyn böleklerindäki kesgitli gezeleşýän nukleotidlerinde ýazylýar.

Informasiýanyň nähili berilýändigine düşünmek üçin, ilki bilen bir aminokislotany kod boýunça okamaga näçe sany azotly esasyň gerekdigini kesgitlemeli. Her bir aminokislotany kodyň üsti bilen kesgitlemek üçin azyndan nukleotid tripletleriniň zerurdygyny käbir öňünden barlanmadyk duýgylar esasynda hem aýtmak mümkindir. Protein molekulasy 20 sany dürli görnüşdäki tebigy aminokislotalar gurnaýan bolsa, nuklein kislotalaryny bary-ýogy nukleotid galyndylarynyň 4 görnüşi gurnaýar. Olaryň azotly esaslaryna ednin (A), guanin (G), sitidin (S) we RNK üçin uridin (U), DNK üçin bolsa timin (T) degişlidir. Şeýlelikde bir nukleotidiň bir sany aminokislotasy kodlap bilmejegi düşnüklidir (ýagny 20

garşysyna 4). Mümkin bolan nukleotid kombinasiýasy (duplet) hem 20 sany aminokislotan kodlamak üçin ýeterlik däl (ýagny $4^2=16$). Şoňa görä, bir sany aminokislotany kodlamak üçin nukleotid kombinasiýasynyň minimal sany –üçdir, ýagny aminokislotalar nukleotid tripletleri bilen kodlandyrylmalydyr. Şeýlelikde mümkin bolan tripletleriň umumy sany 64 deň bolar ($4^3=64$). Bu bolsa beloklaryň düzümine girýän 20 sany aminokislotany artdyrmak bilen kodlap bilýändir.

Indi mRNK-nyň molekulasyndaky haýsy nukleotid triplet nähili tertipde aýr-aýry aminokislotalara laýyk gelyändigini kesgitlemek gerekdir. M.Nirenberg we G.Matteý 1961-nji ilkinji bolup bu meseläni, ýagny kodyň tebigatyny tejribe üsti bilen aýdyňlaşdyrdylar. Bu almlara sintetik mRNA-nyň kömegi bilen emeli polipeptid zynjyryny sintezlemek başartdy. Olar mRNA hökmünde sintetik poliuridil kislotasyndan (poli-U) peýdalanyp ony 20 sany dürli aminokislotadan ybarat bolan proteiniň sintezlenýän sistemasyna goşupdyrlar. Şeýlelikde poliuridil nukleotidiniň täsiri esasynda emele gelen polipeptid zynjyry diňe bir aminokislotadan – fenilalaninden düzülipdir. Galan 19 aminokislotanyň biri hem polipeptid zynjyryna goşulmalydyr. Şoňa görä uridil kislotasynyň galyndylarndan ybarat bolan nukleotid tripletiniň (ýagny ol gysgaldylan görnüşde UUU) gatnaşmagynda emele gelen belogyň

düzümine diňe fenilalanin aminokislotasynyň galyndylary girýändir – ol polifenilalanindir. Diýmek uridil kislotasynyň triplet (UUU) polipeptid zynjyryna fenilalanin aminokislotasynyň goşulmagyna kontrolluk edýär eken. Edil şonuň ýaly hem diňe prolin aminokislotasyndan ybarat bolan polipeptidiň sintezini polisitidil kislotasynyň (poli-s, ýa-da sss) welizin aminokislotasyndan düzülen poliliziniň sintezini poliadenil kislotasynyň (poli-A ýa-da AAA) kodlandyryandygy doly anyklanyldy.

Soňra matriçny mRNK hökmünde dürli gatnaşyklarda alynan iki ýa-da üç dany dürli görnüşdäki belli mononukleotid düzümi bolan geteropolinukleotidlerden peýdalanylýan, sintezlenýän proteine goşulýan käbir aminokislotalary kesgitläpdirler. Mysal üçin, şeýle usulda taýýarlanan statistiki poli-(U, C) sopolimeriniň, proteiniň sintezlenýän polipeptid zynjyryna fenilalaninden, lizinden, serinden we prolinden ybarat bolan dört sany aminokislotanyň goşulmagyny kodlandyryandygy görkezildi. Eger nukleotidiň düzümindäki uridiniň (U) sitidine (S) bolan gatnaşygy (U:S) 1:1 bolsa, onda aminokislotalaryň dördüsiniň hem polipeptid zynjyryna deň goşulmagy ähtimaldyr.

Eger-de U:C gatnaşygy 5:1 bolsa, onda aminokislotalaryň Fen>Leý=Ser>Pro ýaly yzygiderli tertipde goşulmak ähtimallygy bardyr. Diýmek, fenilalanini üç sany uridil /UUU/ we iki sany uridil

/UU/ bilen bir sany pitidilden /C/ düzülen tripletler kodlandyryandyr; leýsini we serini iki sany uridin /UU/ bilen bir sany sitidinden /C/ we iki sany sitidin /CC/ bilen bir sany uridinden /U/ düzülen tripletler; prolini bolsa üç sany sitidinden /CCC/ we iki sany sitidin /CC/ bilen bir sany uridinden /U/ düzülen triplet kombinasiýalary kodlandyryandyr. Ýokarda mysallardan görnüşi ýaly, bu metod boýunça kodlandyran tripletleriň dine düzümini anyklamak bolýandyr. Gynansakda olaryň nukleotid galyndylarynyň yzygiderliligi barasyndaky maglumaty berýän däldir, sebäbi peýdalynan matriçny polinukleotidleriň nukleotid yzygiderliligi statistikidir.

Şeýle-de bolsa, basym M.Nirenbergiň we F. Lederiň oýlap tapan täze takyk tehnika arkaly kodlandyryjy /kodlaýjy/ tripletleriň nukleotid yzygiderlikleri doly çözüldi. Şeýlelikde bu tejribeleriň üsti bilen 20 aminokislotanyň hemmesi üçin kod aýdyňlaşdyrylypdyr, ýagny “genetiki sözlük” düzülipdir /7-nji tabl/.

Geçirilen ylmy derňew işleriniň netjesinde kodyň tripletligi, ýagny her bir aminokislotanyň polipeptid zynjyryna goşulmagyny mRNK-nyň zynjyryndaky üç sany nukleotidden ybarat bolan kombinasiýanyň kesgitleýändigini anyklandy.

Şoňa görä her bir triplet kombinasiýasyna kodon diýilýär.

Belli bolan 64 tripletiniň 61 kodony “manylydyr”, ýagny polipeptid zynjyryna ol ýa-da beýleki aminokislotanyň goşulmagyny kodlaýandyr. Galan üç sany sany – UAA, UAG, UGA tripletlerine bolsa “manysyz” kodlar diýilýär, ýagny olar hiç hili aminokislotany kodlandyрмаýar. Häzirki döwürde olara terminator kodonlary diýilýär. Terminator kodonlary “manysyz” hem bolsa, olaryň translýasiýa prosesinde roly örän möhümdir, çünki olar mRNK-dan proteiniň polipeptid zynjyrynyň sinteziniň terminasiýasy, ýagny tamamlanadygyny duýdyrýar.

7-nji tablisadan görnüşi ýaly genetiki kod aminokislotalaryň hemmesi üçin bir meňzeş deň däl, ýagny aminokislotalary kodlandyran kodonlaryň sany dürli-dürlidir. Mysal üçin, metionin we triptofan aminokislotalarynyň her birine bary-ýogy bir kodon degişli bolsa, leýsin, serin we arginin ýaly aminokislotalaryň her biriniň alty kodony bardyr. Izeleýsiniň üç kodony, galan aminokislotalaryň birnäçesiniň iki kodony, beýlekileriniň bolsa dört kodony bardyr. Bu ýerde, aýratyn üns bermeli ýagdaýlaryň biri hem, şol bir aminokislotalary kodlandyran tripletler köplenç halatlarda biri-birinden dine iň soňky nukleotid galyndylarynyň dürüligi bilen tapawutlanýandygydyr. Diňe, aminokislotalaryň kodonlarynyň dördten köp bolan halatynda, kodonlaryň üýtgeşikli tripletiň birinji we ikinji ýagdaýlarynda hem bildirýär.

7-nji tablisa

Kod sözlügi					
Birinci harpy	Ikinji harpy				Üçünji harpy
	U	C	A	G	
U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA UAG	UAU } Cys UAC } UAA Try UAG	U C A G
C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CAU } CAC } Arg CAA } CAG }	U C A G
A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AAU } Ser AAC } AAA } Arg AAG }	U C A G
G	GUU } GUC } GUA } Val GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GUU } Asp GUC } GUA } Gln GUG }	GUU } GUC } Gly GUA } GUG }	U C A G

Geçirilen ylmy derňew işleriniň netijesinde kodyň tripletligi, ýagny her bir aminokislotanyň polipeptid zynjyryna goşulmagyny mRNK-nyň zynjyryndaky üç sany nukleotidden ybarat bolan kombinasiýanyň kesgitleýändigini anyklandy.

Şoňa görä her bir triplet kombinasiýasyna kodon diýilýär.

Belli bolan 64 tripletiniň 61 kodony “manylydyr”, ýagny polipeptid zynjyryna ol ýa-da beýleki aminokislotanyň goşulmagyny

kodlaşdır. Galan üç sany sany – UAA, UAG, UGA tripletlerine bolsa “manysyz” kodlar diýilýär, ýagny olar hiç hili aminokislotany kodlandyрмаýar. Häzirki döwürde olara terminator kodonlary diýilýär. Terminator kodonlary “manysyz” hem bolsa, olaryň translýasiýa prosesinde roly örän möhümdir, çünki olar mRNK-dan proteiniň polipeptid zynjyrynyň sinteziniň terminasiýasy, ýagny tamamlanadygyny duýdyrýar.

7-nji tablisadan görnüşi ýaly genetiki kod aminokislotalaryň hemmesi üçin bir meňzeş deň däl, ýagny aminokislotalary kodlandyran kodonlaryň sany dürli-dürlidir. Mysal üçin, metionin we triptofan aminokislotalarynyň her birine bary-ýogy bir kodon degişli bolsa, leýsin, serin we arginin ýaly aminokislotalaryň her biriniň alty kodony bardyr. Izeýsiniň üç kodony, galan aminokislotalaryň birnäçesiniň iki kodony, beýlekileriniň bolsa dört kodony bardyr. Bu ýerde, aýratyn üns bermeli ýagdaýlaryň biri hem, şol bir aminokislotalary kodlandyran tripletler köplenç halatlarda biri-birinden dine iň soňky nukleotid galyndylarynyň dürliligi bilen tapawutlanýandygydyr. Diňe, aminokislotalaryň kodonlarynyň dörtten köp bolan halatynda, kodonlaryň üýtgeşikli tripletiň birinji we ikinji ýagdaýlarynda hem bildirýär.

Egerde dört kodonyň hemme topary dine üçünji nukleotidleri boýunça tapawutlanyp, şol bir aminokislotany hem kodlandyran

bolsa, onda olara kodlaryň maşgalsy diýip at berilýär. Tablisadan /7-nji/ görnüşi ýaly – leýsin, walín, serin, prolin, treonin,alanin, arginin we glisin ýaly aminokislotalar üçin şeýle maşgalaryň sekizisi bardyr.

7-nji tablisada görkezilen kodlar, protein sintezleýji bakteriýalar sistemasy üçin we ähli eukariotlaryň sitoplazmalary, şol sanda haýwanlar, ösümlükler we kömelekler üçin hem hemmetaraplaýyndyr. Şeýlede bolsa janly tebigatda käbir kadadan çykmalara gabat gelinýär. Süýt emdiriji haýwanlaryň mitohondriýa sistemasynda we kömeleklerde hemmetaraplaýyn koduň kadasyndan çykýan käbir gyşarmalar bardyr. Mysal üçin, ozal öwrenilen eukariot organizmleriniň mitohondrisinde triptofany UGG we UGA tripletleri kodlaýar. Şoňa görä, bu ýerde UGA terminirleýji kodona degişli bolmaýar. Süýtendirijileriň /adamynyň/ mitohondrilerinde AGA we AGG kodonlary terminirleýji kodona degişli bolup, olar arginini kodlamaýarlar. Drožň /maýanyň/ mitohondrisinde CUU, CUC, CUA we CUG kodonlar maşgalasynyň hemmesi adatdaky ýaly leýsini kodlaman, treonini kodlaýarlar. Emma olar beýleki kömelekleriň (Neurospora) mitohondrisinde bolsa hemmetaraplaýyn koda laýyklykda leýsini kodlaýarlar.

§ 5. Proteiniň sinteziniň etaplary

Proteinleriň biosintezi esasan iki etapda amala aşyrylýar.

1. Transkripsiya – DNK-nyň degişli böleginde mRNK-nyň emele gelmegi, bu janly öýjüklerde DNK-nyň molekulasynda toplanan /gabalan/ genetiki informasiýanyň RNK-nyň ýekytäk zynjyryna täzedan ýazylmak prosesidir.
2. Translyasiya – mRNK-nyň we tRNK-nyň gatnaşmaklarynda ribosomalarda proteinleriň biosintezi – bu mRNK-nyň nukleotid yzygiderliliginde ýazylan genetiki informasiýany proteiniň polipeptid zynjyryndaky aminokislota galyndylaryň yzygiderligine berilmek prosesidir. Şeýlelikde mRNK-nyň tripleti zynjyryda aminokislota galyndylarynyň gezekleşip ýerleşişini kesgitleýär.

Transkripsiya – mRNK-nyň biosintezi

Öýjük ýadrosynda informasion RNK molekulasyň biosintezi DNK-nyň degişli böleginde amala aşyrylýar we ol janly organizmlerde genetiki informasiýany ýaýratmagyň /ýetirmegiň/ ilkinji etabydyr. Şoňa görä bu prosese – transkripsiya diýilýär. Ony DNK-garaşly RNK-polimeraza fermenti amala aşyrýar. Ol öwrenilen

organizmleriň köpüsinde, transkripsiýa prosesinde dürli rollary ýerine ýetirýän birmeňzeş bolmadyk birnäçe sub-birlikleriň kompleksidir.

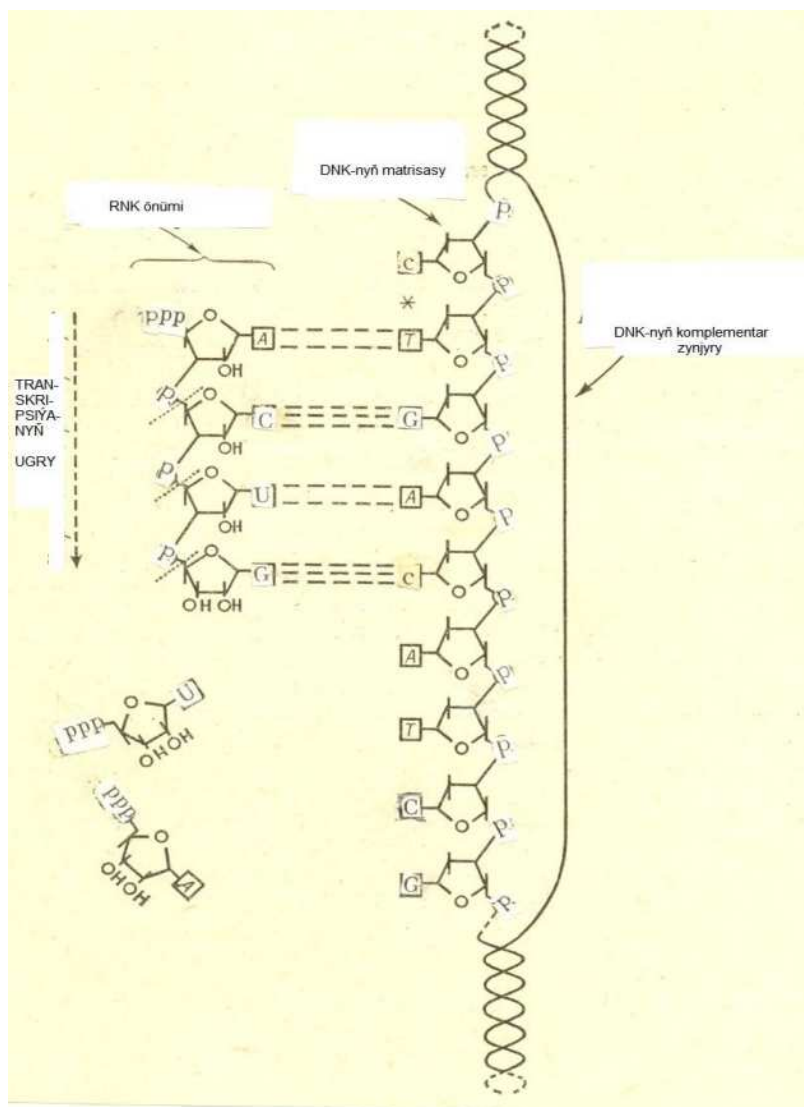
DNK-baglanşyklyRNK-nyň sintezini inisiasiýa, elongasiýa we terminasiýa ýaly transkripsiýanyň siklinden ybarat bolan birnäçe stadiýalara bölmek bolar.

RNK-polimeraza fermenti, transkripsiýanyň başlangyç belligi-promotory /DNK-nyň bölegi/ “tanap” oňa birleşýär we DNK-nyň goşa spiralyňy çözüýär. Şoňa görä, RNK-polimerazanyň matriçnyý DNK bilen özara täsirleşmegine – inisiasiýa diýilýär, ýagny ol RNK-nyň biosinteziniň başlangyjydyr. Soňra zynjyryň çözülen ýerinden başlap RNK-polimeraza fermenti DNK-nyň bir zynjyrynda uzaboýuna ýerleşip onuň bir ujyndan nusgasyny göçürüp başlaýar we monomer zwenolaryny /mononukleotidleri/ emele gelýän RNK-nyň zynjyryna komplementar prinsipe laýyklykda yzygiderli birleşdirip başlaýar. Bu prosese – elongasiýa, ýagny RNK-nyň nukleotid zynjyrynyň ösüşi diýilýär, özem nukleotid zynjyry 5`→3` tarapa ösýär. Emele gelýän iRNK DNK-nyň haýsy nukleotid zynjyrynda sintezlenen bolsa, ol şol zynjyra hem komplementardyr. Şeýlelikde DNK-nyň adenine esasynda RNK-nyň urasil esasy laýyk gelýändir, ýagny komplementardyr. Şoňa görä, RNK-nyň molekulasy DNK-nyň azotly esaslarynyň gezekleşip gelmegini takyk gaýtalanýandyr. Diýmek RNK-nyň biosintezi – DNK-nyň genetiki

informasiýasyny täzeden göçürip almagydyr, ýagny transkripsiyasydyr.

DNK-matrisada RNK molekulasyň biosinteziniň mehanizminiň shemasy 34-nji suratda aýdyň görkezilendir.

RNK-polimeraza reaksiýasynyň birinji stadiýasynda ferment-DNK kompleksi emele gelyär we ol puriniň ribonukleotid-5'-trifosfatyna baglanyşýar. Täze zynjyryň ösüşi, onuň erkin 3'-gidroksil gruppasyna nukleotidleriň yzygiderli birleşmekleri netijesinde amala aşýar. Shemadan (43-nji surat) görnüşi ýaly emele gelen önüm özüniň birinji nukleotid galyndysynyň 5'-ýagdaýynda trifosfat gruppasyny we zynjyryň osyän ujynyň ahyryndaky 3'-ýagdaýynda bolsa erkin gidroksil gruppasyny saklaýandyr. Täze sintezlenen RNK molekulasy gidroliz esasynda 3-gidroksil ujundan başlap bölünýän guanozini, uridin-3-monofosfaty, sitidin-3-monofosfaty we adenzin trifosfaty emele getirýär.



32-nji sur. DNK-matrisada RNK-nyň biosinteziniň mehanizmi. (has aýdyňlaşdyrmak üçin DNK-nyň diňe ýeke-täk (transkribirlenýän)

zynjyry görkezilendir. Transkripsiyanyň inisiýasy nokady ýyldyzjyk bilen görkezilendir. Gidroliz prosesinde zynjyryň üzülýän ýerleri punktir çyzyjaklar arkaly görkezilendir).

RNK-polimeraza fermenti DNK-nyň zynjyry boýunça hereket etdiçe iRNK-nyň ösýän zynjyry matrisadan aýrylyp başlaýar. Fermentiň yzynda bolsa DNK-nyň goşa spiraly täzedan dikeliýär. Haçanda RNK-polimeraza, nusgasyny göçürýän böleginiň ahyryna ýeteninde iRNK molekulasy DNK-matrisadan doly aýrylyşýar we bu prosese terminasiýa diýilýär. Ýagny ol RNK molekulasyň biosinteziniň tamamlanýandygyny aňladýar. Soňra emele gelen iRNK ribosoma baryp proteiniň sintezi üçin matrisa bolup hyzmat edýär. /Proteiniň biosinteziniň shemasyna seret/.

Transkripsiýa prosesiniň birlikleri, bir ýa-da birnäçe proteiniň strukturasy barasyndaky informasiýany alyp barýar. Bir sany protein barasyndaky informasiýany özüde jemleýän DNK bölegine sistron ýa-da struktura geni diýilýär. Transkripsiýany sazlamak, DNK-daky ýörite sazlaýjy bölekler arkaly ýerine ýetirilýär. Sazlaýjy zonasy – promoter, operator ýaly başgada birnäçe dolandyryş böleklerini özüde jemleýär.

Promotor, DNK-nyň onlarça nukleotid galyndylardan ybarat bolan başlangyç yzygiderligidir /ýa-da bolegidir/. Oňa DNK-nyň

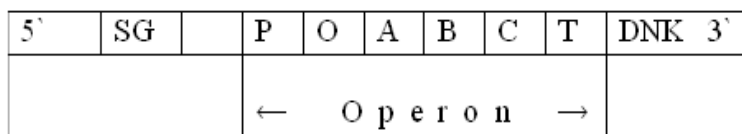
transkripsiyasyny amala aşyran RNK-polimeraza fermenti spesifik baglanyşandyr.

Operator, DNK-nyň repressor-proteinler bilen baglanyşan, öýjükleriň islegine görä, mRNK-nyň sintezini derňeýän sazlaýjy bölegidir we ol promoter bilen gös-göni goňşylykda ýerleşýär. Operator, düzgün boýunça ýa-da promoter bilen örtülýär, ýa-da promoter bilen operator tarapyndan derňeýän struktura genelriniň /sistronyň/ arkalygynda ýerleşýär.

Protein-repressoryň gözegçiligi astynda, transkripsiyasy informasion RNK-nyň /iRNK/ bir molekulasynda amala aşyrylýan genetiki materialyň bir bölegine operon diýilýär./şeýle hem oňa transkripton diýilýär/.

Öýjükleriň metabolitlere bolan islegine görä, ol ýa-da beýleki geniň “goşulmagynyň” ýa-da “goşulmazlygynyň” mehanizmini aýdyňlaşdyrmak üçin 1961-nji ýylda F.Žakob we Ž. Mono tarapyndan operon konsepsiyasy /garaýyş sistemasy/ işlenip dildi. Soňra prokariotlarda we bakteriýafaglarda geçirilen köp sanly eksperimentler esasynda bu konsepsiýa, ýagny operon sazlanmasy genleriň aktiwligini sazlamagyň esasy mehanizmi hökmünde tassyklanyldy. Olar bu işleri üçin 1965-nji ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Operon haýsydyr bir metabolitiň biosinteziniň yzygiderli etaplaryny amala aşyrmakda proteinleri /fermentleri/ kodlandyran bir, iki, we ondan hem köpüräk biri-birine örän golaý tirkelen struktura genlerinden düzülendir. Bulardan başga-da her bir operonyň promoter /transkripsiýanyň başlangyç bölegi/ operator /operonyň başynda ýerleşýän repressory baglanyşdyryjy/ we terminator /transkripsiýanyň tamamlanýandygyny duýdurýan signaly/ ýaly sazlaýjy elementleri bardyr. Operonyň struktura gurluşyny şeýle shemada görkezmek bolar.



33-nji surat. Prokariotlarda operonyň gurluşy.

SG – sazlaýjy gural; P – promotr; O – operator; A,B,C – struktura genleri (sistronlar); T – terminator.

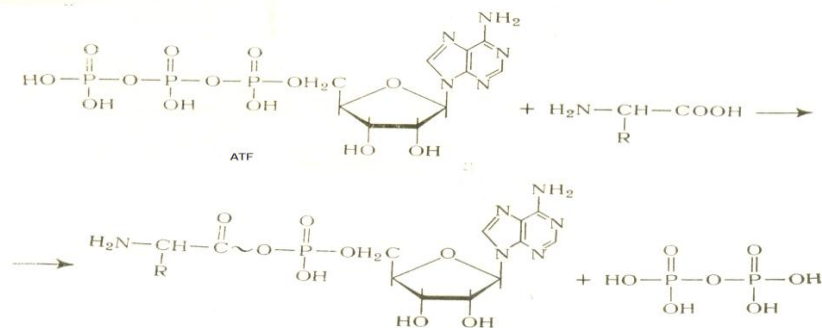
mRNK

Translýasiýa – mRNK-nyň nukleotid yzygiderliginde ýyganan informasiýa görä polipeptid zynjyryny sintezlemegiň köp basgançakly çylşyrymly prosesidir. Translýasiýa prosesi ribosomda amala aşyrylýar we oňa belok faktorlary, GTF we aktiwleşen aminokislotalary göteriji aminoasil –tRNK molekulalary hem

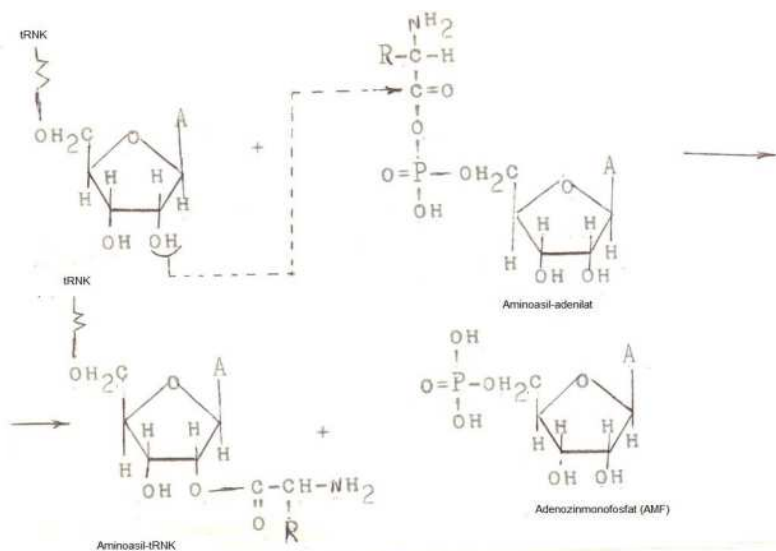
gatnaşdyrylýar. Belogyň sintezi ýa-da translýasiýa prosesi şertleýin iki etaba bölünýär: aminokislotalaryň aktiwleşdirilmegi we hususy translýasiýa prosesi.

§6. Aminokislotalaryň aktiwleşdirilmegi

Beloklaryň biosinteziniň bu stadiýasynda aminokislotalaryň aktiwleşdirilmegi aminoasil –tRNK –sintetaza fermentiniň gatnaşmagynda ATF-niň energiýasynyň hasabyna sitoplazmanyň ergin böleginde amala aşyrylýar. tRNK-ky aminoasilirmek reaksiýasy iki stadiýada geçýär. Reaksiýanyň ilkinji stadiýasynda fermentiň täsiri esasynda ATF –den pirofosfat molekulasy bölünip galan adenozinmonofosfat /AMF/ özüniň zapas /ätiýaçlyk/ energiýasyny harçlamak bilen aminokislota birleşýär we onuň aktiw formasy bolan –aminoasiladenilaty emele getirýär:



Reaksiýanyň ilkinji stadiýasynda –tRNK –nyň 3 –ujynda ýerleşýän adenoziň ribozasyndaky 2 ýa –da 3 –gidroksili aminoasiladenilatyň angidrid toparlanşygyna hüjüm edýär we netijede tRNK–nyň ribozasy bilen aminoasil galyndysynyň arasynda efir baglanşygy emele gelýär, AMF bolsa bölünip çykýar.



Reaksiýanyň ikisini hem ýörite aminoasil –tRNK –sintetaza fermenti katalizlendirýär. Transasirleme reaksiýasyna gatnaşýan ribozanyň gidroksidine bolan gatnaşygy boýunça, dürli görnüşdäki aminoasil –tRNK –sintetazalar dürli spesifiklige eýedirler. Mysal üçin, fenilalanil-, leýsil-, izoleýsiýa-, walil-,

metionil-, arginil – tRNK- sintetazalar aminokislotany tRNK-nyň 3 – uýyndaky ribozanyň 2-gidroksiline birleşdirýärler. Emma seril-, glisil-, treonil-, gistidil-, protil –tRNK – sintetazalar bolsa ribozanyň 3 –gidroksiline birleşdirýärler.

Tirozin we sistein aminokislotalaryň aminoasil – tRNK – sintetazalary bolsa 2 – we 3 –gidroksilleriň ikisiniň hem reaksiýalaryny parhsyz katalizlendirýärler.

§7. Hususy translýasiýa prosesleri

Proteinleriň matrisadaky sinteziniň ýagny hususy translýasiýa prosesiniň ribosomda amala aşyrylýan ikinji etabyny şertleýin üç stadiýa bölýärler: inisiasiýa /sinteziniň başlanmagy/, elongasiýa /polipeptid zynjyrynyň uzalmagy/ we terminasiýa /sinteziniň tamamlanmagy/.

Inisiasiýa. Translýasiýanyň inisiasiýa stadiýasy – bu belogyň sinteziniň başlangyjydyr we ol örän haýal geçýän prosesidir. Ýadrodan sitoplazma geçen mRNK ribosomyň kiçi sub-birligine baglanyşýar, özem onuň sub-birlige birleşýän nokady RNK-nyň 5 ujyna ýakyndyr, sebäbi RNK –nyň programmasynyň “okalyşy” elmydama 5 → 3 tarapa süýşýändir. Sub-birligiň çäginde mPNK-nyň diňe iki kodony ýerleşýär. mPHK-nyň 5- uýyndaky ilkinji kodyny –

AUG ýa-da GUG bolup, olara inisirleýji kodonlar diýilýär, çünki ribosomlarda hut şol kodonlaryň gatnaşmagynda translýasiýa başlanýar. Bu kodonlara metionol –tRNK duş gelýär.

Olaryň biri elmydama inisiasiýa prosesine gatnaşýar, beýlekisi bolsa elongasiýa prosesinde peýdalanylýar. Prokariotlarda belogyň sintezi formilmetionil – tRNK bilen baglanýar, çünki metioniniň (-NH₂) gruppasy formil gruppasy bilen gabalýar. Şoňa görä poliseptid zynjyrynyň başlangyç aminokislotasy formilmetionindir we ol ýönekeý görnüşinde fMet. /fMet/ ýaly belleniýär.

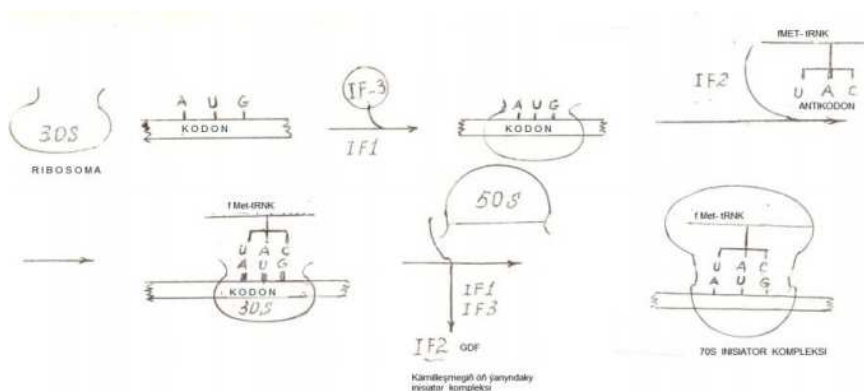
Bulardan başga-da belogyň biosintezine azyndan ýç sany faktorlary hem gatnaşýandyr. Olar belok monomerlerinden ybarat bolup, ribosomyň 30S sub –birligine asosirlenýärler /birleşýärler/. Ol faktorlary IF1 IF2 we IF3 ýaly tapawutlandyryýarlar. /*Initiation faktor* -başlangyç faktorlar diýen manyny aňladýar./ Bu faktorlar translýasiýanyň belli etaplarynda ribosoma birleşýärler we öz funksiýalaryny ýerine ýetirip, ondan aýrylýarlar.

Inisiasiýa faktorlarynyň biri (IF3) mRNK –ny ribosoma baglanyşdyrmak reaksiýasyny katalizlendirýän bolsa, beýlekisi (IF2) formil-metionil- tRNK-nyň ribosoma birleşmek reaksiýasyny katalizlendirýär. IF1 faktory bolsa reaksiýalaryň ikisini hem goldaýar, ýöne IF2 we IF3 faktorlary bolmasa ol özüniň aktiwligini

ýüze çykaryp bilmeýär. Şoňa görä IF1 faktory beýleki faktorlara IF2 we IF3 garaşlydyr.

Inisiasiýa döwründe ribosomlar sub-birliklere dissosirlenýärler we kiçi /30Ş/ sub-birlik IF-faktorlaryň täsiri esasynda mRNK bilen birigýär. Emele gelen kämilleşmegiň öň ýanyndaky inisiator kompleksi uly /50Ş/ sub-birlige birleşýär.

Soňra IF –faktorlaryň bölünip aýrylmagy netijesinde belogyň sintezine taýýar bolan kämilleşen 70Ş inisiator kompleksi emele gelýär. /34-nji surat./



34-nji surat. Kämillişen 70S inisiator kompleksiniň emele grliş shemasy.

Ýöne kämilleşmedik inisiator kompleksi emele gelmezden ozal, ribosomyň kiçi sub-birliginde belogyň sinteziniň başlanýan ýerini kesgitlemeli, ýagny mRNK-nyň inisirleýji kodyny tapmalydyr. Ozal bellenilişi ýaly kodon AUG, kähalatlarda prokariotlarda GUG, hatda AUU hem bolup bilýär, ýöne ozal olaryň hemmesi inisiator formilmetionil – tRNK baglanyşýarlar. Islendik mRNK-nyň strukturasyndaky AUG yzygiderliligi köp gezek duş gelýändir. Ýöne, muňa garamazdan sub-birlik sintezlenýän belogyň ilkinji aminokislotasyňa degişli hut şol kodony tanaýandyр. Prokariotlarda we eukariotlarda şonun ýaly tanamaklyk dürli- dürli bolýar, şeýle-de bolsa ýagdaýlaryň ikisinde hem, ribosom sinteziň başlanmagy barasyndaky informasiýny mRNK –nyň strukturasyndan alyandyр.

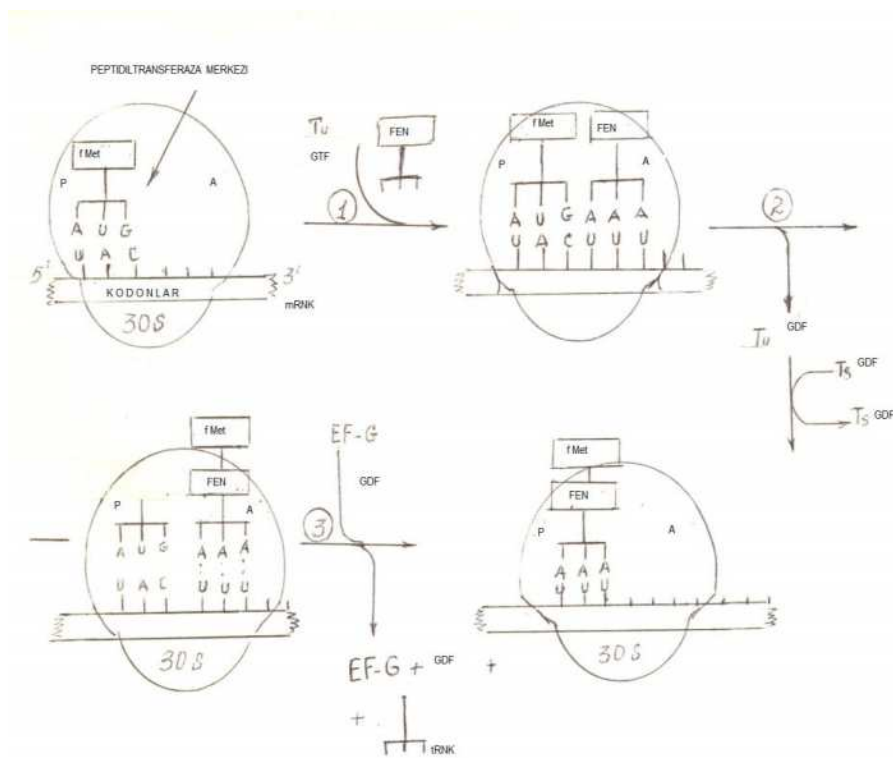
E l o n g a s i ý a. Elongasiýa prosesi öz gezeginde üç sany esasy stadiýada amala aşyrylýar: degişli aminokislotany aminoasil - tRNK baglanyşdyrmak; peptid baglanşygynyň emele gelmegi; translokasiýa /ýa-da mRNK-ny bir triplet süýşürmek/.

Ribosomyň tRNK-ny baglanyşdyrmak üçin şertleýin iki sany funksional merkezi bardyr. Olaryň biri aminoasil merkezi / ýa-da A-merkezi /, ikinjisi peptidil merkezi / ýa-da p- merkezi /.

Reaksiya gatnaşýan her bir täze aminoasil -tRNK ribosomyň A- merkezinde ýerleşýär, onuň p- merkezinde bolsa ösýän peptid zynjyryna birleşen tPNK /peptidil -tRNK / ýerleşýändir.

E.coli bakteriýasynda elongasiya stadiýasynyň üç sany belok faktory işleýär. Olar *EF-Tu*, *EF-Ts* we *EF-G* / translyasiýanyň elongasiya faktorlary gysgaldylan gürnüşde bellegenisi: *EF-T elongation faktor translation; u-unstable- stabil däl, durnuksyz; s-stabile-stabil, durnukly* /.

EF-Tu faktory ilki GTF bilen birleşip, kompleks emele getirýär. Ol kompleks öz gezeginde aminoasil- tRNK bilen özara täsirleşip ýç gat kompleks döredýär. Soňra ýç gat kompleks amionosil- tRNK-ny A-merkezde bolar ýaly edip ribosoma birigýär we aminoasil- tRNK-niň antikodony bolsa mRNK-nyň kodony bilen komplementar jebisleşýär. Şeýlelikde GTF gidrolizlenýär we Tu-GDF kompleksi ribosomdan aýrylýar. Netijede P-merkezdeki pentidil- tRNK bilen A- merkezdeki amionosil- tRNK ýanaşyk ýerleşýär we öňdäki kodon bilen özara täsirleşýär. 50Ş sub- birliginiň struktura bölegi bolan peptidiltransferaza fermenti peptid zynjyryny täze aminokislota göçýrýär. Netijede, riboçoma täze giren aminoasil- tRNK peptidil- tRNK öwrülýär, öňki peptidil- tRNK bolsa zarýadsyzlanýar. /35-nji surat./



35-nji surat. Elongasiýa hadysasynyň geçişi.

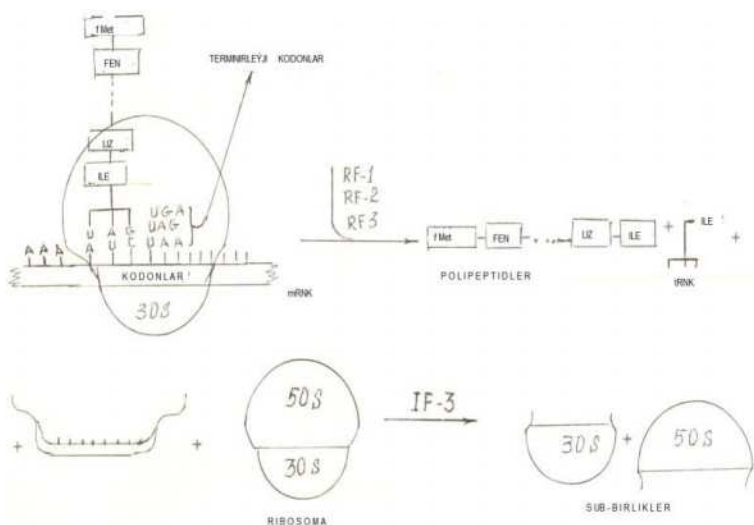
§8. Terminasiýa

Translýasiýanyň soňky stadiýasy terminasiýadyr. Ol haçanda ribosom A-merkeze baran UAA, UAG ýa-da UGA ýaly terminirleýji /sintezin tamamlanandygyny duýdurýan/ kodona baryp ýeteninde

amala aşyrylýar. Riboçomda polipeptil zynjyrynyň sinteziniň tamamlanmagyna RF-1, RF-2 we

RF-3 ýaly belok faktorlary gatnaşýarlar. RF-1 faktory UAA weUAG ýaly terminirleýji kodonlary katalizlendirýär, RF-2 faktory bolsa UAA weUGA kodonlary tanaýar. RF-3 faktorynyň hususy kataliki aktiwligi ýokdyr, ýöne ol RF-1 we RF-2 faktorlarynyň täsirlerini aktiwleşdirýär.

Terminasiýa stadiýasynda RF- faktorlaryň haýsydyr biri ribosoma birigýär, şeýlelikde polipeptid bilen tRNK-ny birleşdirýän çylşyrymly efir baglanyşykly gidroliz esasynda üzülýär. Netijede peptidal- tRNK-dan belok zynjyry bölünip aýrylýar we zarýadsyzlanan /boşanan/ tRNK bolsa ribosomyň çäginde çykýar. Şeýlelik bilen, translýasiýa prosesi amala aşyrylýar. Proteiniň sinteziniň terminasiya stadiýasynyň umumy görnüşini şeýle shema boýunça aňlatmak bolar. /36-njy surat/.



36-njy surat. Protein sinteziniň terminasiýa tapgyry.

§9. Genetiki inženeriýa

Genetiki inženeriýa - bu ýörite işlenip düzülen metod boýunça gerek bolan genleri gurnamakda we olary öýjüm-hojaýynyň genetiki häsiýetlerini üýtgetmek / ozgertmek/ maksady bilen, oňa ornaşdyrmakda peýdalanylýan molekulýar genetikanyň täze bir şahasydyr.

Genetiki inženeriýanyň esasy maksady haýsydyr bir organizm miň genini başga bir organizmiň genomyna göni

göçürmek arkaly täze bir fenotipi döretmekden ybaratdyr. Şeýle hem, bu metod haýsydyr bir genomyň nesilme-nesil gelyän kemçiligini düzetmeklige, ýagny nesil boýunça gelyän keseli bejermeklige gönükdirilendir. Genetiki inženeriýanyň ilkinji üstünligi adam üçin peýdaly önümleri, şol sanda derman maddalaryny sintezleýän mikroorganizmleriň täze görnüşini almak bilen baglydyr.

Häzirki wagtda, genetiki inženeriýanyň metodlary esasynda geni dürli organizmlere /wiruslara we bakteriýalara, wiruslara we eukariotlara/ birleşdirmek, ýagny görnüşleri genetiki taýdan täzedan gurnamak bilen organizmiň nesliniň hilini gowylandyrmaklyga, şeýle hem öýjüklere göçürilen genleriň täsiri esasynda senagatda beloklary öndürmek we başgalar ýaly wajyp meselelere örän uly üns berilýär.

Genetiki inženeriýanyň metodlary şu aşakdaky esasy stadiýalary özüde jemleýär: 1/gerek bolan geni almak; 2/ gibrin /recombinant/ DNK-ny almak; 3/ gibrin DNK-ny kabul ediji öýjüge girizmek; 4/ gibrin DNK-ny klonirlemek / köpeltmek / .

Geniň alnyşy. Gerek bolan genleri adaty himiki ýa-da fermentativ usullary boýunça alýarlar. Belogyň ilkinji strukturasyna we biologiki kodyna salgylanmak bilen, ilki şol belogyň genindäki nukleotid yzygiderliligini anyklaýarlar, soňra

bolsa himiki usul boýunça ol geni sintezleýärler. Bu usul boýunça uzynlygy onlarça kodondan ybarat bolan genleri snitezlemek bolýar. Soňra dokumalardan arassa görnüşinde mRNK-ny bölüp aýýarlar / şeýle usulda globinden, owalbuminden, immunoglobulinden we başgalardan mRNK alyndy /, ýa-da gerek bolan mRNK-ny himiki ýol bilen sintezlenýärler. Alnan mRNK-ny tersleýin / ters / transkripsiýanyň kömegi bilen komplementar DNK-ny fermentativ usulda sintezlenmek üçin matrisa hökmünde ulanyýarlar. Bu maksat üçin, RNK-garaşly DNK-polimerazadan ýa-da ters transkriptazadan peýdalanýarlar. Şeýlelikde, ters transkriptazanyň täsiri esasynda ilki mRNK-da komplementar DNK-nyň ýeke-tar sapagy emele gelýär, soňra DNK-polimerazanyň kömegi bilen onuň ilkinji sapagy gurnalýar.

Gibrid / rekombinat / DNK-nyň alnyşy

DNK-nyň aýratyn fragmentlerini bölüp almagyň we olary hojaýyn organizmde /düzgün boýunça bakteriýalarda/ awtomom köpeliýän wektor / geçiriji / molekulasyň düzüminde durnukly ösdürmek sistemasy, genetiki inženeriýanyň esasydyr. Wektor hökmünde plazmidler, aram bakterio-faglar we wiruslar ulanylýar. Ýöne köplenç halatlarda wektor hökmünde birnäçe gen saklaýan

DNK-nyň uly bolmadyk halkalaýyn molekulasy – plazmidlerden peýdalanylýarlar.

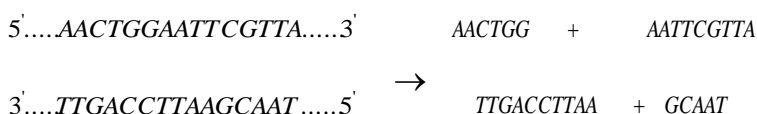
Gen inženeriýasy boýunça ylmy-derňew işlerinde adatça içege bakteriýasy *E. coli* ulanylýar. Bu bakteriýanyň geni bir hromosomda / DNK-nyň molekulasynda / bolmak bilen, ol membrane we sitozolda “ýüzüp ýören” plazmidlere berkidilendir. Plazmida DNK-nyň esasy molekulasyndan takmynan müň esse kiçidir.

Plazmidleriň we wiruslaryň bakteriýa öýjükleriniň içinde öndürilýändigine görä, olaryň strukturasyna goşulýan fragmentlerini çäksiz köpeltmek bolýandyr.

*Restriksiýa - latınca *restrictio* çäklendirmek diýen manyda.

Gibrid / rekombinant / DNK-ny almak üçin *E. coli* bakteriýasyndan plazmidleri bölüp alýarlar we restriksion* endonukleozalaryň / restriktazalaryň / täsiri esasynda, olardan DNK-nyň halkalaýyn molekulasyň bölegini aýyrýarlar. Restriktazalaryň substrata bolan spesifligi, olaryň her biriniň belli bir nukleotid yzygiderliligini tanaýandygyny ýüze

çykarmaklygydyr. Mysal üçin, EcoR1 restriktaza / E. coli bakteriýasynyň öýjüklerinden birinji gezek bölünip alynan R serotoniniň restrikazasy / fermenti $\begin{matrix} GAATTC \\ CTTAAG \end{matrix}$ ýaly geksa nukleotid yzygiderliligini tanaýar we ol guanine /G/ bilen adeniniň /A/ arasyndaky baglansygy gidroliz esasynda üzýär:

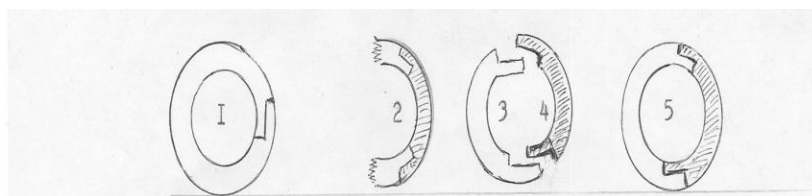


Restiktaza fermentiniň tanaýan DNK- zynjyryndaky nukleotid yzygiderligi kwadrata alynandyr we fermentiň täsiri esasynda nukleotid zynjyrynyň gidrolizlenýän ýeri, bolsa peýkamjyklar arkaly görkezilendir.

Dürli spesifik häsiýeti bolan restriktazalary peýdalanmak bilen DNK-nyň saýlanyp alynan islendik ýerinden bölüp almak bolýandyr. Şeýlelikde, restriktaza fermentiniň kömegi bilen alynýan DNK-nyň islendik fragmenti özüniň ahyrky çetinde ähli ýagdaý üçin meňzeş bolan ýeke zynjyrlý bölegini saklaýar. Onuň şeýle bölegine bolsa “elmeşýän çeti” diýilýär, çünki olar restriktazanyň kömegi bilen DNK-nyň islendik fragmentiniň komplementar esaslary arkaly biri-biri bilen birleşdirmäge

ukyplydyr. Şoňa görä, gen bilen plasmid garyşdyrylsa, onda olar özleriniň ýelmeşýän çetleri arkaly birleşýärler. Soňra DNK – ligaza fermentiniň kömegi bilen molekulalaryň ahyrky fosfodiefir baglanşygy emele gelýär we DNK-nyň göçürmek üçin niýetlenen gen saklaýan täze halkalaýyn molekulasy alynýar. Ol bolsa, gibrid / recombinant / DNK-dyr/39 sur./

Gibrid DNK-nyň alnyş shemasyny şu aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:



39-njy surat . Gibrid DNK-nyň alnyşy . I. Restriktaza bilen işlenen plazmida; 2. Şol bir restriktaza bilen işlenen DNK – fragmenti / olarda restriktaza fermenti bilen kesilýän ýerleri egri çyzyklarda görkezilendir/; 3, 4 – plazmida bilen DNK böleginiň gibdirdleşýän pursady; 5. – gibrid DNK-nyň emele gelmegi.

Gibrid /rekombinant/ DNK-ny köpeltmek üçin, ony kabul ediji öýjükleriň sredasyna ornaşdyrýarlar. Kabul ediji öýjükler

hökmünde bolsa köplenç halatlarda *E. coli* ýaly içege bakteriýalaryndan peýdalanýarlar.

Häzirki wagtda dürli görnüşdäki bakteriýalarda, kömeleklerde, ösümliklerde we birnäçe süýtendiriji haýwanlarda DNK-ny köpeltmegiň birnäçe sistemalary işlenip düzüldi. Mikroorganizmler tebigy önümleriň dürli görnüşini senagatda öndürmekde örän oňat obýekt bolup hyzmat edýärler. Olar örän çaltlyk bilen, köpeliýärler / bary –ýogy ýarym sagatda olaryň biomassasy iki esse köpeliýär/. Şoňa görä, biomassany ösdürmek we ony gaýtadan işläp bejermek tehniki taýdan örän amatly bolýar.

Genetiki inženeriýanyň ösmegi netijesinde , başga usullar bilen alyp bolmaýan adam üçin gerekli maddalary mikroorganizmler arkaly sintezlemek ýollary ýüze çykaryldy. Mysal üçin, hazier çenli derman hökmünde ulanylýan interferon* belogy adam ganynyň leýkosidlerinden ýa-da şol belogy sintezleýän adam organizminiň öýjüklerindäki cultural suwuklyklardan alynýardy.Şeýle metodlar arkaly interferonyň gerekli / ýeterlik / mukdaryny almaklyk örän çylşyrymly we amatsyzdyr.

Interferon – virus infeksiýasy esasynda organizmleriň öýjüklerinde emele gelýän belok. 1957 – nji ýylda ilkinji gezek

ĩlis alymlary A. Aýzeks we D. Lindenman zäherlenen öýjükleriň öndürýän belogyny ýüze çykarypdyrlar we ol beluga interferon diýip at beripdirler, (lat. *inter* ara, *ferens* ýokuşdyryjy). Interferonlar wiruslara garşy uniwersal täsir ediji agentdir, olar islendik wiruslara garşy aktiwdir; ýone düzgün boýunça olar görnüş spesifiklige eýedir, çünki haýwanlaryň her bir görnüşi üçin öz interferony mahsusdyr.

Ýakynda /1980 ý./ adam interferonynyň genini saklaýan gíbrid plasmid alyndy. Şeýle plazmidler *E. coli*, bakteriýasynyň öýjüklerine girizilmegi netijesinde, tebigy bakteriýalaryň sintezläp bilmeýän interferon-belogyny öndürýändigini anyklanyldy.

Häzirki wagtda genetiki inženeriýanyň metodlary esasynda adam organizmindäki somatostatin, somatotropin, insulin ýaly gormonlary we urokinaza fermentini sintezleýän mikroorganizmler döredildi. Şeýlelikde alynýan interferon proteinleriň hemmesi dürli keselleri bejermekde giňden ulanylýar.

§10. Proteinleriň biosinteziniň sazlanýşy

Proteinleriň sintezinde ýaşaýşyna köp taraplaýyn düşünmeklik, diňe beloklaryň hil we mukdar taýdan düzümine

dahylly bolman, eýsem sinteziň geçýän wagtyňa hem göniden-göni baglydyr.

Öýjükleriň ýaşayşa işjeňligini proteinler kesgitleýär. Şoňa görä, öýjükler proteinleriň sintezini ýola goýmazdan ozal, örän inçeden proteinleriň assortimentini sazlamalydyrlar.

Öýjüklerde hemişelik tizlik bilen sintezlenýän proteinlere - konstitutiw – proteinler diýilýär; dürli ýagdaýlaryň täsiri netijesinde sintezlenmesiniň tizligini çürt-kesik üýtgedýän proteinlere bolsa – adaptiw ýa-da indusibel proteinler diýilýär. Konstitutiw proteinler /şol sanda fermentler/. Gerekligine garamazdan öýjüklerde elmydama özleriniň şol bir hemişelik mukdaryny saklaýarlar. Indusibel proteinleriň molekulasyň mukdarynyň üýtgemeklik çägi bolsa örän ulydyr.

Dimek, konstitutiw proteinleriň sintesi sazlanmaýar, onuň tersine indusibel proteinler örän inçeden sazlanmagyna mätäçdir.

Proteinleriň biosinteziniň stimülirlenmegi bilen, olaryň mukdarynyň ýokarlanmagyna – induksiýa diýilýär, biosinteziniň /basylmagyna/ ýatyrylmagyna bolsa repressiýa diýilýär.

Janly organizmleriň öýjüklerinde proteinleriň sintezi saýlap - seçip amala aşyrylýar. Ýagny öýjüklerde aýry-aýry proteinler deň derejede emele gelmeýär. Mysal üçin *E. coli* bakteriýasynda proteinleriň bir görnüşiniň mukdary 10

molekuladan artyk bolmaýar. Emma proteinleriň beýleki bir görnüşiniň mukdary 500 müňe ýetýändir; aýratyn hem ribosomyň proteinleriniň mukdary ýokarydyr.

Köp öýjükli organizmleriň ähli dokumalarynyň we organlarynyň somatik öýjüklerindäki genetiki informasiýalar bir meňzeş hem bolsa, olar özlerinde saklaýan ol ýa-da beýleki proteinleriň mukdary boýunça biri-birinden çürt-kesik tapawutlanýarlar. Ayp görsek, eritrosit öýjükleri özlerinde köp mukdarda toplanýan-gemoglobini, deri öýjükleri-kollagen proteini, garynasty mäsleri bolsa özlerinde köp mukdarda fermentativ proteinleri emele getirýändigleri bilen häsiýetlendirilýärler.

Aýry-áýry organlarda, öýjüklerde we dokumalarda saklanýan proteinleriň mukdary, şol organlaryň ýaşyna we ösüş fazalaryna baglylykda üýtgeýärler. Netijede, bu hadysalaryň hemmesi janly organizmlerde proteinleriň sinteziniň mehanizminiň sazlaşdyrylýandygyna şaýatlyk edýär. Olar proteinleriň çylşyrymly prosesiniň her bir tapgyry üçin içki we daşky faktorlaryň täsiri esasynda hereket edýärler.

Käbir genleriň spesifik taýdan sanynyň ýokarlanmagy, transkripsiya stadiýasynyň sazlaşmagy we mRNK-nyň kämilleşmegi netijesinde proteinleriň mukdarynyň üýtgemegi mümkindir. Protein sinteziniň tizligi, translyasiya derejesinde sintezi

sazlaşdyrýan mRNK-nyň ýaşaýan wagty bilen hem kesgitlenip biler.

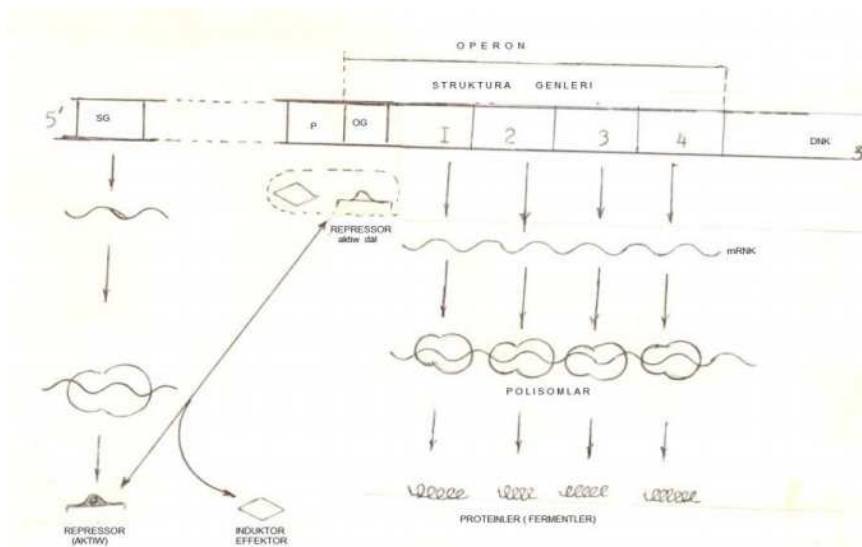
Prokariotik organizmlerde protein sinteziniň mehanizminiň sazlaşmasy transkripsiya tapgyrynda has oňat öwrenilendir. Bu tapgyrda sinteziň sazlaşmasy bakteriýalaryň indusibel-fermentlerinde bolup geçýär, ýagny şeýle fermentleriň mukdary ýokumly gurşawda şol fermentiň substratynyň goşulmagy bilen çürt-kesik ýokarlanýar.

Mysal üçin, *E. coli* bakteriýasynda laktoza metabolizminde fermentleriň güýçli sintezi diňe uglerodyň we energiýanyň ýeke-täk çeşmesi bolan laktoza gurşawynda amala aşyrylýar.

F. Žakob we Ž. Mono tarapyndan *E. coli* bakteriýasynda fermentleriň sinteziniň sazlaşygyny jikme-jik öwrenildi. Olar bu fermentiň laktoza operonynda /lac-operon/ sintezlenýändigini anykladyrlar.

Žakob we Mononyň teoriýasy boýunça bakterial proteinleriň biosintezinde azyndan genleriň üç tipi gatnaşýar: olar struktura geni, sazlaşdyryjy gen, operator-geni. Struktura genleri sintezlenýän belogyň ilkinji strukturasyny kesgitleýär. Hut şol genler DNK zynjyrynda mRNK-nyň biosintezi üçin matrisanyň esasy bolup hyzmat edýär. Soňra emele gelen mRNK ribosoma geçip proteinleriň biosintezi üçin matrisa bolup hyzmat edýär.

Induksiya arkaly proteinleriň sinteziniň sazlaşmagyny shema boýunça aşakdaky ýaly görkezmek bolar.



Shemadan görnüşi ýaly, DNK molekulasyňyň struktura genlerinde mRNK-nyň sintezine göniden-göni operator diýilýän belli bölekleri gözigçilik edýär. Ol struktura genlerini herekete getiryän mehanizmi bolup hyzmat edýär. Operator, özüni sazlaşdyrýan struktura genleriniň iň çetki kesiminde ýerleşýändir. Genetiki koduň “hasaplamasy” (ýagny mRNK-nyň ilmesi), DNK-nyň mRNK-ny sintezlemek üçin inisiýasiya nokady bolan promoter böleginden başlanýar we soňra gen-operator bilen

ugurdaş bolan struktura genlerine tarap ýuwaş-ýuwaşdan süýşüp başlaýar.

Bir operator bilen / koordinirlenen / sazlaşdyrylan ýekeleýin genleriň / ýa-da struktura genleriniň / topary operony emele getirýär. Öz gezeginde operonyň işjeňligi DNK zynjyrynyň genregulýator diýilýän beýleki bir böleginiň gözegçiliginde bolýar. Struktura genleri we gen-regulýatory DNK zynjyrynyň aýry-aýry böleklerinde ýerleşýän hem bolsa, Žakob we Mononyň çaklamalaryna görä, olary proteinlere degişli bolan repressor diýip atlandyrylýan araçy-madda baglanyşdyrýandyr. Repressor ýadrodaky ribosomlardan gen-regulýatorda sintezlenen spesifik mRNK-nyň matrisesinde emele gelýär. Repressoryň operatory meňzeşligi bardyr we onuň bilen kompleksde öwrülişikli birleşýändir. Şeýle kompleksniň emele gelmegi mRNK-nyň sintezini, şeýle hem belogyň sintezini bökdeýär. Şoňa görä gen-regulýatoryň funksiýasy belok-repressoryň üsti bilen mRNK-ny sintezlendirýän operatoryň / struktura genleriniň / işjeňligini “gadagan” etmekden ybaratdyr. Bulardan başga-da, repressor pes molekulaly induktor ýa-da effektor diýilýän belli maddalar bilen hem spesifik birleşmege ukyplydyr. Haçanda şeýle induktor repressor bilen birleşse, onda repressor gen-operator bilen baglanyşmak ukybyny ýitirýär we gen-regulýatoryň

kontrollýgyndan çykýar, soňra mRNK-nyň sintezi başlanýär. Şeýlelikde ribosomda proteiniň sintezine gözegçilik edýän mRNK-nyň biosintezi, repressoryň ýagdaýyna baglydyr.

Eger-de umumy molekulýar massasy 150 000 barabar bolan dört sub-birlikden ybarat proteinlere degişli repressor aktiw ýagdaýda bolup inductor bile baglanyşmasa, onda ol gen-operatory gabaýar we mRNK-nyň sintezi geçmeýär. Öýjükde metabolitiň gatnaşmagy bilen onuň molekulalary repressory baglanyşdyrýarlar we ony aktiw däl görnüşe öwürýär / ýa-da onuň gen-operatora meňzeşligini peseldýän hem bolmagy mümkin /. Şeýlelikde, struktura genleri onuň kontrollýgyndan çykýar we gerek bolan mRNK-nyň sintezi başlanýar.

Repressory aktiw däl formadan aktiw forma geçirýän madda kompressor diýilýär. Diýmek, repressoryň korepressor we induktory baglanyşdyrýan bölegi bardyr. Korepressor we induktor ýokumly maddalar, madda çalyşmasynyň ahyrky önümi we ş.m. bolup, olar repressoryň üsti bilen proteinleriň sintezini köpeltmegiň ýa-da azaltmagyň zerurlygyny duýdurýarlar.

Mazmuny

Giriş.....	7
Bölüm 1. Janly organizmleriň umumy biohimiki häsiýetlendirmeleri.....	17
Bölüm 2 . Proteinler.....	28
Bölüm 3. Fermentleriň umumy häsiýetnamasy.....	139
Bölüm 4. Nuklein kislotalary.....	201
Bölüm 5. Proteinleriň çalyşmasy.....	264