

A.Ə. Quliyev

T.H. Həsənov , S.Q. Güləhmədov

# Bioloji kimya (statika)

Dərslik

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi tərəfindən  
təsdiq edilmişdir (07.06.2003. №01-3/424)

Bakı - 2004

5771  
+ Q 86

Rə'y verənlər:

**A.M.Əfəndiyev**

Biologiya elmləri doktoru, professor.  
ATU-nin Biokimya kafedrasının müdiri

**İ.V.Əzizov**

AMEA-nın müxbir üzvü,  
biologiya elmləri doktoru.

Biologiya elmləri doktoru, professor **A.Ə.Quliyev**  
ümumi redaksiyası altında nəşrə hazırlanmışdır

**A.Ə.Quliyev, T.H.Həsənov, S.Q.Güləhmədov**  
Bioloji kimya (statika). I cild. Bakı. 2004 il. 490 səh.

*Oxucuların ixtiyarına verilən bu dərsliyin əsas vəzifəsi canlı sistemlərin molekulyar məntiq prinsiplərini özündə əks etdirən bioloji kimyanın əsasən statika və qismən molekulyar biologiya bölmələrini əhatə edir.*

*Dərslikdə canlıların həyat fəaliyyəti proseslərinin əsasını təşkil edən molekulların – amin turşuları, peptidlər, zülallar, fermentlər, vitaminlər, hormonlar və bitki mənşəli maddələrin strukturu və funksiyaları haqqında ardıcıl və geniş məlumat verilir.*

*Dərslik universitetlərin biologiya, tibb, pedaqoji və kənd təsərrüfatı ixtisasları üzrə təhsil alan tələbə, magistr və aspirantları, həmçinin biokimya və fiziologiya sahəsində çalışan tədqiqatçılar üçün nəzərdə tutulmuşdur.*

Б Д У-нун  
Елми  
китабханасы

## MÜQƏDDİMƏ

Azərbaycan dilində 1931-ci ildə nəşr edilmiş ilk "Fizioloji kimya" (Akademik A.V.Palladin) H.İ.Səfərovun və Ə.S.Həsənovun 1933-cü ildə çapdan çıxmış "Bioloji kimya", həmin adla 1958-ci ildə H.İ.Səfərovun, 1963-cü ildə B.İ.Zbarski, İ.İ.İvanov, S.R.Mardaşevin (tərcümə) dərc olunan dərslikləri XX əsrin 50-ci illərinə qədər biokimya sahəsindəki mövcud məlumatları və yenilikləri əks etdirən gözəl mənbələr olmuşdur.

50-ci illərdən sonra yeni elm sahələri, o cümlədən biokimya ilə sıx əlaqədə olan molekulyar biologiyanın inkişafı, sonuncunun bəzi elementlərini biokimya kursuna daxil etmək zərurəti yaratdı. 1974-cü ildə Azərbaycan SSR EA Müxbir üzvü professor Ə.S.Həsənov, əməkdar elm xadimi N.A.Rzayev, F.Q.İslamzadə, A.M.Əfəndiyev və b. dövrün tələblərinə cavab verən "Bioloji kimya" dərsliyini nəşr etdirdilər. Həmin dərsliyin ikinci nəşri 1989-cu ilə təsadüf edir. Hər iki dərslik bioloji kimya sahəsindəki öz dövrünə müvafiq bilikləri təlqin etmiş və indi də bu elm sahəsinə yiyələnməkdə tələbə, müəllim və tədqiqatçılara çox kömək edir.

Lakin, axıncı illər ərzində biokimyanın bir sıra sahələrində, o cümlədən enzimologiya, molekulyar biologiya, bioenergetika və s. kimi sahələrində mühüm kəşflər olmuşdur ki, onların sayəsində biokimya fundamental elm kimi bir çox müasir tibbi və bioloji problemlərin həllində əsaslı rol oynayır.

Biologiya və tibb elmlərinin bundan sonrakı inkişafı müasir biokimyanın metodoloji prinsiplərindən istifadə olunmadan mümkün deyildir. İrsi məlumatların qorunma və ötürülməsi üsulları, zülal və nuklein turşuları molekullarının struktur təşkili prinsiplərinin müəyyən olunması, bu biopolimerlərin biosintez mexanizmlərinin, həmçinin canlı sistemlərdə enerji nəqlinin mo-

lekulyar mexanizmlərinin öyrənilməsi, bioloji membranların və müxtəlif hüceyrə kompartmentlərinin rolunun müəyyən olunması, sözsüz ki, həyatın sirlərinə daha dərinə yiyələnməyə və canlı materiyanın fərdi kimyəvi komponentlərinin strukturu ilə onların funksiyası arasındakı əlaqəni aydınlaşdırmağa köməklik göstərir.

Digər tərəfdən biokimyanın həddən ziyadə dinamik inkişafını, Azərbaycan dilində mövcud dərsliklərin (Ə.S.Həsənov və b. Bioloji kimya, "Maarif", Bakı-1989 və Q.B.Xəlilov, Heyvan biokimyasının əsasları; Maarif, Bakı, 1987) tibbi təmayüllü olmasını, yeni, biokimya ilə sıx əlaqədə olan sahələrin meydana çıxmasına rəsmən ayrı-ayrı bölmələrinin nisbətlərinin dəyişdirilməsi ehtiyacını, müasir biokimyanın potensialının biotexnologiya sahəsində əldə edilən müvəffəqiyyətlərlə əlaqədar olduğunu və ona görə də, sonuncuya məxsus elementlərin də qələmə aldığımız bu kitaba salınması zərurəti, bizi I cild "Statik biokimya" dərsliyini yazmağa sövq etdi.

Bu dərslik ilk növbədə, universitetlərin biologiya fakültəsinin tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onun bəzi fəsilərdən tibb universitetinin tələbələri də faydalana bilərlər. Bundan başqa, dərslikdən Respublikanın pedaqoji universitetlərinin idman akademiyasının, kənd təsərrüfatı akademiyasının, texnikumların, texniki-peşə məktəblərinin tələbə və müəllimləri də istifadə edə bilərlər.

Dərsliyin əsas məqsədi həyat fəaliyyətinin kimyəvi əsasları və biokimyanın fundamental uğurları haqqında təsəvvür yaratmaqdır.

Bioloji kimya sahəsində informasiyanın daim genişlənməsini nəzərə alaraq, bu və digər məsələlərin şərhində qeyri dəqiqliklərin meydana çıxacağı istisna olunmur. Müəlliflər öz oxucularına göstəriləcək məsləhətlər və iradlar üçün qabaqcadan minnətdarlıqlarını bildirirlər.

*Müəlliflər*

## GİRİŞ

Bioloji kimya – canlı orqanizmlərin kimyəvi tərkibi, həmin maddələrin xassələri və həyat fəaliyyəti dövründə onların çevrilmələrini öyrənən elmdir. Bu tərif eyni mənə daşıyan başqası ilə ifadə etsək, bioloji kimya – canlı materiyayı əmələ gətirən birləşmələrin keyfiyyət tərkibi, kəmiyyət məzmunu və həyat proseslərində çevrilmələri haqqında elmdir. Hər iki halda söhbət canlı orqanizmlərdən gedir. Buradan meydana iki sual çıxır. Birincisi – "kimyəvi tərkib", "maddələrin çevrilməsi və "bioloji kimya" anlayışlarına görə, bu predmeti kimya, yoxsa biologiyanın bir bölməsi hesab etmək olar? Dialektik materializm, elmlərin metodik və elmi nöqtəyi nəzərdən əsaslandırılmış təsnifatını verərkən, həmin elmin hansı hərəkət formalarını öyrənməsinə əsaslanır. Biokimya, həyati formaları, təbiətdə materiyanın ən ali hərəkət forması olan həyatın özünü öyrəndiyindən, biologiya elmləri sırasına daxil edilir.

Həyatın qısa tərifini verməklə, onu təşkil edən canlıyı, predmetin obyektini, cansızdan nə ilə fərqləndiyini tam təsəvvür etmək olmur. Canlıyı cansızdan ayıran hansı xüsusiyyətləridir? Bu, meydana çıxan ikinci sualdır. Həyat fəaliyyəti proseslərinin əsasını hansı prinsiplər təşkil edir? Bu prinsipləri görkəmli amerikan biokimyəçisi və pədaqoqu C.Hopkins universitetinin professoru Albert L.Lenincer "*Canlının molekulyar məntiqi*" adlandıır. Həmin prinsiplərin ayrılıqda izahı, geniş miqyaslı şərh tələb edərdi. Sadəcə, müasir biokimyayın əsaslarına yiyələne bilən hər bir tələbə, biokimya fənnini öyrənmə prosesində bu prinsiplərin mahiyyətini başa düşə biləcək. Ona görə biz canlı vəziyyətin molekulyar məntiq prinsiplərini saymaqla kifayətlənəcəyik. Onlar aşağıdakılardır:

1. Mürəkkəblik və yüksək dərəcəli təşkil səviyyəsi
2. Molekulyar səviyyə də daxil olmaqla, orqanizmin bütün təşkili səviyyələrində funksiyanın mövcud olması
3. Maddə, enerji və informasiyanı, enerji formalarının qarşılıqlı çevrilmələrini təmin edə bilən canlıda (digər formaya

çevrilə bilməyən və orqanizmdən "itən" istilik enerjisi istisna təşkil edir) "bioloji hərəkət" formasına çevirmə qabiliyyəti

4. Öz-özünü yenidən "əmələ gətirmə" və tənzimləmə qabiliyyəti

5. Eyni molekulun bir neçə funksiya daşıya bilməsi

6. Maksimal qənaət prinsipi

7. Struktur komplementarlığı prinsipi

8. Kimyəvi məntiq prinsipi

9. Ümumi homeostaz prinsipi

10. Ümumi hərəkətin generasiyası

11. Genetik informasiya "simvolları" və DNT (dezoksiribonuklein turşusu) molekulun ölçülərinin uyğunluğu prinsipi

12. Genetik informasiyanın "sabitliyi" (mütləq sabitlik mənasında başa düşmək lazım deyil)

13. Xarici mühit hesabına nizamlılığını artırma qabiliyyəti

14. Xarici mühitlə tarazlıqdan qaçma qabiliyyəti

İlk növbədə bütün orqanizmdə bu prinsiplərə tabe olan bütün proseslərin sinxron baş verdiyi və onların ayrı-ayrı qeyd olunmasının nisbi xarakter daşdığı xüsusi qeyd etməliyik. Burada bioloji kimya və molekulyar biologiya arasında kəskin sərhəd olmadığını vurğulamaqla yanaşı, saydığımız prinsiplərin bir qisminin molekulyar, digərlərinin hüceyrə, toxuma, orqan və bütöv orqanizm səviyyəsinə məxsus olduğunu da qeyd etməliyik. Canlı, bir-birindən ayrılması mümkün olmayan bu prinsiplər əsasında yaşaya bilirsə, bu bir daha bioloji kimya və molekulyar biologiya arasında sərhəd qoyulmasının qeyri mümkün olduğunu göstərir.

Bioloji kimya biologiya elminin bütün sahələrinə sirayət edir və qarşılıqlı şəkildə müxtəlif problemlərin həllində mühüm rol oynayır.

Yeyinti sənayesinin bütün sahələri, digər müxtəlif sənaye mallarının emalı (dəri, ipək, parça və s.) vitaminlər, dərman preparatları, üzvü turşular, yem zülalı, gübrələr, herbisidlər, funqisidlər, defoliantlar, desikantlar (yarpaqların tökülməsi və bitkilərin qurudulması üçün tətbiq olunan maddələr), insektisidlər,

bitki və heyvanların məhsuldarlığını artıran maddələr və s. alınması texnologiyası, bilavasitə və ya dolay yolla biokimya ilə əlaqədardır.

İnsana lazım olan bütün bu və onlarla digər məhsulların böyük bir qismi indi qeyri ənənəvi yollarla, canlı hüceyrələrdən istifadə etməklə, biologiya və digər təbiət elmlərinin nailiyyətlərinin nəticəsi olan biotexnoloji üsullarla da əldə edilir. Biotexnologiya özünü, elmi-praktiki bir istiqamət kimi, mikrobiologiya, texniki biokimya, enzimologiya (fermentologiya), molekulyar genetikə, xüsusən molekulyar biologiya və s. bu kimi elm sahələrinə əsaslanan biliklərdən daha çox istifadə edir. Göründüyü kimi, elmi biliklərin differensiasiyası və inteqrasiyası, bir tərəfdən yeni sahələrin meydana çıxması, digər tərəfdən isə, onların qarşılıqlı əlaqələri ilə səciyyələnir. Bununla əlaqədar olaraq, bioloji kimya fənninin özünü, tədqiq üsullarına görə metodiki məqsədlərlə, şərti olaraq üç yerə bölünür. 1. **Statik biokimya** – orqanizmlərin tərkibinə daxil olan maddələrin keyfiyyət və kəmiyyət tərkibini, kimyəvi quruluşunu; 2. **Dinamiki biokimya** – Həmin maddələrin çevrilməsi, bununla əlaqədar enerjinin çevrilməsini, maddələrin sintezi və parçalanmasını (anabolizm və katabolizmini və ya assimilyasiya və dissimilyasiyasını); 3. **Funksional biokimya** – Maddələrin quruluşu, dəyişməsi və funksiyaları arasındakı əlaqələri öyrənir. Biokimyanın tədqiq obyektləri və ya istiqamətlərinə görə isə, çoxlu sahələri mövcuddur:

**Ümumi biokimya** – Bütün canlı materiyaya məxsus kimyəvi birləşmələrin, həyat fəaliyyəti prosesində çevrilməsi və quruluşunun qanunauyğunluqlarını öyrənir.

**Heyvan biokimyası** – Heyvan orqanizmlərinin tərkibi, onlarda maddə və enerjinin çevrilmələrini öyrənir.

**Bitki biokimyası** – Həmin prosesləri bitki orqanizmləri üçün tədqiq edir.

**Tibbi biokimya** – İnsan orqanizmində norma və patologiya vəziyyətlərində maddə və enerjinin çevrilmələrini öyrənir.

**Veterinar biokimya** – Həmin prosesləri (norma və patologiya vəziyyətləri) heyvanlarda öyrənir.

**Texniki biokimya** – Mühüm qida məhsullarının tərkibi, onların istehsalı və saxlanması zamanı baş verən çevrilmələrini öyrənməklə yanaşı, sənayedə biokimyəvi proseslərin tətbiqi üsullarını işləyib hazırlayır.

**Müqayisəli biokimya** – (təkamül biokimyası) – müxtəlif sistematik qruplara məxsus orqanizmlərdə, maddələrin tərkibi və şəkildəyişmələrini təkamül aspektində müqayisəli şəkildə öyrənir.

**Radiasion biokimya** – İonlaşmış şüalanmanın təsirinə məruz qalmış orqanizmdə kimyəvi tərkib və maddələr mübadiləsinin dəyişməsini öyrənməklə yanaşı, radiasiyadan biokimyəvi qorunma üsullarını işləyib hazırlayır.

**Kvant biokimyası** – Bioloji əhəmiyyətli birləşmələrin xassəsini, funksiya və çevrilmə yollarını, onların kvant-kimyəvi hesablamalarla alınan elektron xarakteristikası ilə müqayisə edir.

**Kosmik biokimya** – İnsanın kosmik məkanı fəth etməsi ilə əlaqədar baş verən biokimyəvi problemləri araşdırır.

**Bioüzvi biokimya** – Kimyanın ideyaları, üsullarının tətbiqi metodları, struktur və stereokimyəvi analizi, təbii maddələrin natamam və tam sintezi, analoqlarının preparativ və texnoloji üsullarla istehsalı, bioloji funksiyaları ilə əlaqədə kimyəvi modifikasiyasını istifadə etməklə, hüceyrənin mühüm sistemlərinin funksiya daşımalarının fiziki-kimyəvi əsaslarını öyrənir.

**Bioqeyriüzvi biokimya** - Qeyri-üzvi ionlarla üzvi maddələrin əmələ gətirdiyi komplekslərin (liqand, kompleksion) quruluşu və funksional aktivliyini, onların həyati proseslərdə iştirakı və hətta bioloji sistemlərin modeli kimi istifadə olunmasını öyrənir. İndi **biokimyəvi sistematika**, **molekulyar təkamül**, **biokimyəvi genetik** kimi sahələr inkişaf edir. Bioloji elmlərin **kimyəvi filogeniya**, **ekoloji biokimya**, **kimyəvi zoologiya**, **fitokimyəvi ekologiya** kimi biokimya ilə əlaqədə olan yeni sahələri meydana çıxmışdır.

Biokimyadan "ayrılaraq" sərbəst elm sahələri kimi geniş inkişaf etmiş **fermentologiya** (enzimologiya), **vitaminologiya**, **endokrinologiya** (hormonları öyrənən elm), **bioenergetika** və s. kimi elm sahələri yüksək inkişaf səviyyəsinə çatmış və indi geniş tətbiqi əhəmiyyət kəsb edir.



Biokimyanın biologiyada, təbabətdə, kənd təsərrüfatında, sənayenin bəzi sahələrində və s. nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, biosferin tədqiqi, ekoloji problemlərin həlli, hüceyrə biologiyasında rolu, molekulyar genetikanın problemləri ilə əlaqəsi və çoxlu digər bioloji problemlərin həllində iştirakı və s. haqda məlumat çox geniş miqyaslı şərh tələb edir və bunu dərslik miqyasında müzakirə etmək qeyri mümkündür. Bizə elə gəlir ki, biologiyanın müxtəlif problemləri ilə digər fənnlər və mənbələr vasitəsilə tanış olan tələbə, biokimyanın biologiya elmində tutduğu yeri aydın təsəvvür edəcək.

Tədqiqat obyektlərinə görə, biokimyanın qeyd olunan və olunmayan sahələrinin hər biri müvafiq inkişaf yolu keçmişdir. Biokimyaya həsr olunmuş qısa girişə yekun vuraraq, cəsarətlə demək olar ki, bu gün kimyəvi biologiya erası başlayır.

İndi biokimyanın keçdiyi uzun inkişaf yoluna qısa nəzər salaq.

## Biokimyanın qısa inkişaf tarixi

Biokimya qismən gənc elm olub, sərbəst elm sahəsi kimi XIX əsrin ikinci yarısında fiziologiyadan ayrılmışdır. Lakin, biokimyəvi proseslər elmi mahiyyəti məlum olmadan, qədim dövrlərdən istifadə olunur. Çörək bişirmə, süd məhsullarının hazırlanması, şərəbçilik, digər içkilərin istehsalı, dərinin aşılınması belə proseslərdəndir.

Müxtəlif xəstəliklər zamanı insanların müalicə vasitələrini axtarması, xəstəliyin səbəblərinin araşdırılması, orqanizmdə baş verən proseslərə maraq yaradırdı. Onlar hələ qədim dövrlərdə bitkilərdən dərman vasitəsi, boya mənbəyi kimi istifadə etmiş, məhsuldarlığı artırmağa çalışmışdır və s. Bu və ya buna bənzər digər insan fəaliyyəti çox vaxt primitiv xassə daşıyırdı. Baş verən proseslərin nəzəri əsasları onlara məlum deyildi. Eyni zamanda, əldə edilən təcrübə, onun nəticələri nəsillərə çatır və təkmilləşirdi. İnsanlar hər şeydən əvvəl müxtəlif vasitələrlə öz sağlamlığını qoruyub saxlamağa çalışdığından, təbabət sahəsində biliklər daha irəlidə gedirdi. Elə ona görə də, X əsrin talantlı alimi və həkim Əbu Əli Hüseyn ibn Abdullahin (latınlaşdırılmış adı Avicenna – 980-1037) İndiyə qədər dəfələrlə nəşr edilən "Həkimlik elminin qaydaları" adlı kitabının meydana gəlməsi təbiidir. 57 il yaşamış bu dahi, kitabının böyük bir hissəsini dərman maddələrinin təsvirinə həsr etmişdir.

Təsvir etdiyimiz yollarla formalaşan biokimyəvi təsəvvürlər, bu elm sahəsinin şərti dörd dövrə bölünmüş birinci dövrünü əhatə edir. Bu dövr XV əsrə qədər davam edir. Biokimyanın ikinci inkişaf dövrü XV əsrdən, intibah dövrünün əvvəlindən başlayır. 5 əsrə qədər davam edən bu dövr biokimyəvi biliklərin toplanması, fizioloji kimyanın meydana çıxması, ondan bioloji kimyanın ayrılması ilə səciyyələnir.

İntibah dövrünün dahilərindən olan, bir çox gözəl incəsənət nümunələrinin müəllifi, memar, mühəndis, anatom Leonardo da Vinçi (1452-1519) maraqlı təcrübələr apararaq, o dövr üçün

mühüm olan bir nəticəyə gəlmişdi ki, canlı orqanizm yalnız od yana bilən atmosferdə yaşaya bilər.

Alman həkimi və fizioloqu, tibbə məxsus fikirləri və tədqiqatları ilə elmə daxil olmuş Paracels (1492-1541), eyni zamanda fiziki kimya sahəsindəki işləri ilə şöhrət qazanmış M.V.Lomonosov (1711-1765) orqanizmin kiçik hissələrdən ibarət olduğunu və havadan qidalandığını ilk dəfə göstərdi. Biokimyayın inkişafında tənəffüs prosesinin ilk tədqiqatçılarından biri fransız A.A.Lavuaize (1743-1797), alman kimyaçısı Y.Libix (1803-1873), rus kimyaçısı A.M.Butlerov (1828-1886), qara ciyərdən ilk dəfə qlikogeni ayıran fransız K.Bernar (1813-1878), alman fizioloqu və biokimyayısı F.Hoppe-Zeylerin laboratoriyasında 1868-ci ildə nukleinin turşularının ilk müşahidəçisi F.Mişer, alman kimyaçısı F.Vyolen (sidik cövhərini kimyəvi yolla almış) və başqalarının böyük rolu olmuşdur.

Biokimya elminin inkişafının ikinci dövrünə Moskva universitetinin tibb fakültəsində biokimya təmayüllü ilk kafedraların yaradılması, 1866-cı ildə Almaniya Hoppe-Zeylerin biokimyəvi tədqiqatlar aparən laboratoriya və kafedra açması kimi mühüm hadisələri də qeyd etmək lazımdır. Belə mühüm hadisələr sırasına 1842-ci ildə alman alimi Zimonun və 1847-ci ildə Xarkov universitetinin professoru A.İ.Xodnevin yazdıqları "Fizioloji kimya" dərsliklərinin nəşri də aiddir.

Birinci və xüsusən ikinci inkişaf dövrlərinə məxsus kəşflərin əsas hissəsi, tədricən bir-birinə qarşı duran mexanizm və vitalizmin uyğun olaraq materialist və idealist köklərini aşkar etməyə, əsrlərlə davam edən mübahisələri dialektik materializmin xeyrinə həll etməyə kömək etdi.

XIX əsrin ikinci yarısından başlayan üçüncü dövr həm də biokimyayın sərbəst elm kimi ayrılması ilə səciyyəvidir. XX əsrin 40-50-ci illərinə qədər davam edən bu dövr müasir biokimyayın əsas müddəalarının kəşfi dövrüdür. Təxminən bir əsr əhatə edən bu müddətdə biokimyaya məxsus görkəmli nailiyyətlərin bəzilərini qeyd edək. İlk növbədə buraya zülal quruluşunun polipeptid

nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edən A.Y.Danilevskinin (1838-1923) fikirləri, fermentlərə aid tədqiqatları, Rusiyada Kazan universitetində ilk biokimyə kafedrasına rəhbərlik edərkən, enzimləri ayırmaq üçün təklif etdiyi üsullar, M.V.Nenskinin (1847-1901) karbamid sintezinin əsas mərhələlərinin öyrənilməsini, hemoqlobinin kimyəvi quruluşuna və onun xlorofillə oxşarlığına həsr etdiyi tədqiqatlarını aid etmək lazımdır. Elə bu dövrə N.İ.Luninin vitaminlərə məxsus işləri (1880), D.İ.İvanovskinin virusları kəşf etməsi (1892) də aiddir. XIX əsrin sonunda məşhur alman kimyaçısı, Nobel mükafatı laureatı (1902) E.Fişerin (1852-1919) tədqiqatları biokimyənin inkişafında böyük rol oynadı. E.Fişer zülalların polipeptid nəzəriyyəsinin əsaslarını yaratmış, aminturşularının quruluşunu müəyyən edərək, onların əsas xassələrini öyrənmişdir. Biokimyənin üçüncü inkişaf dövrünə aid K.A.Timiryazevin (1843-1920) fotosintez və bitkilərin mineral qidalanmasına həsr olunmuş əsərlərini, tənəffüs prosesinin biokimyəsinin öyrənilməsində əvəzsiz rol oynamış A.N.Baxın (1857-1946) tədqiqatlarını xüsusi qeyd etmək lazımdır. Bu dövrə A.İ.Oparinin (1894-1980) həyatın əmələ gəlməsi, V.İ.Palladinin (1859-1922) tənəffüsün biokimyəsi nəzəriyyələrinin formalaşması təsədüf edir. Tənəffüsün biokimyəsinə həsr olunmuş işlərinə görə B.Vilandı, O.Varburqu, D.Keylini, xüsusən 1953-cü ildə Nobel mükafatını almış H.Krebsi (1900-1981) biokimyənin müxtəlif sahələrində kəşfləri olan Nobel mükafatı laureatı A.Kornberqi (1959), R. Vilşetteri, K. Xilli, M. Koleini, D.İ.Arnonu da qeyd etməliyik.

Təsvir etdiyimiz üçüncü dövr fitohormonlara məxsus işləri ilə fərqlənən F.Vent, F.Keql, İ.D.Kurosava, T. Yabuta, F.Skuk kimi alimlər də aiddir.

Üçüncü dövrün görkəmli tədqiqatçıları sırasında L.Das-ter (1822-1895), L.A.İvanov, S.P. Kostuçev, A.N.Lebedev, H.Embden, Y.O.Parnas (1884-1949), O.Meyerhof, D.N.Pryaniş-nikov, V.S.Quleviç (1867-1933), A.Qarden, V.İonq və başqaları layiqli yer tuturlar.

Qarden və İonq ilk dəfə qıvcırma prosesinə məxsus kofermenti ayıra bildilər. Bu koferment kozimaza, sonradan nikotinamidadenin nukleotid (NAD) adlandırıldı (1905). 1906-cı ildə F.Knoop yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşmə nəzəriyyəsini irəli sürdü. 50 il sonra bu nəzəriyyə təsdiq edildi. XX əsrin əvvəllərində fermentlərin kimyasına həsr olunmuş maraqlı tədqiqatlar başlamışdı. Bir qədər sonra bu sahədə görkəmli işləri ilə fərqlənən Nobel mükafatı laureatı D.B.Somner (1887-1955) və D.X.Nortropun (1891-1987) tədqiqatları öz nəticəsini verdi. Hər iki alim 1946-cı ildə fermentlərin kimyası sahəsindəki işlərinə görə həmin mükafata layiq görüldülər. Qeyd edək ki, biokimya sahəsində Nobel mükafatına layiq görülmüş kəşflərin böyük qismi və müəllifləri haqda qısa məlumat dərsləyin müvafiq yerlərində öz əksini tapmışdır.

Biokimyanın inkişafının üçüncü dövründə keçmiş Sovet İttifaqı məkanında, Qərb ölkələrində, ABŞ-da 1910-1940-cı illərdə biokimya elminin ən müxtəlif sahələrinə məxsus kəşflərlə zənginləşdi. Bu sahədə elm aləmində layiqli yer tutmuş, fosforlaşma və ATF-aza aktivliyinin (miozin və digər təqəllüs zülallarında) öyrənilməsində fərqlənən V.A.Ənqelqardt (1931), M.N.Lyubimova, transaminləşmə (yenidən aminləşmə) prosesini kəşv etmiş A.E. Braunşteyn və M.Q. Krismanla bərabər Nobel mükafatı laureatları (mükafatların verildiyi illər mötərizədə göstərilir) E.Büxner (1907), İ.İ. Meçnikov (1908), P.Erlix (1908), A.Kossel (1910), T.Svedberq (1926), P.Bayer (1907), O.Q.Varburq (1931), A.Sent-Dyerdi (1937) kimi alimlər xüsusi yer tuturlar.

1920-1940-cı illərdə də Azərbaycanda da biokimya sahəsində maraqlı işlər aparılırdı. Bu sahədə fərqlənən Azərbaycan SSR EA-nın müxbir üzvü Əbdüləhəd Səftər oğlu Həsənovu (1900-1972) və Azərbaycan SSR əməkdar elm xadimi Səfərov Həzrət İsrafil oğlunu (1896-1966) xüsusi qeyd etmək olar. Onlar respublikamızda biokimya sahəsində kadrların yetişməsində mühüm rol oynamışlar.

XX əsrin 40-50-ci illərində biokimya elmində dördüncü dövr başlayır. Dövrün əsas səciyyəvi cəhəti, biokimyəvi tədqiqat-

larda fiziki, fiziki-kimyəvi, riyazi və s. üsulların geniş istifadə olunmasıdır. Elə ona görə də, XX əsrin 50-ci illəri biokimyada keyfiyyətə yeni dövrün başlanmasına səbəb oldu. Bu illərə təsadüf edən DNT (dezoksiribonuklein turşusu) spirali modelinin kəşfi (Uotson D.D., Krik F. 1953) həmin üsulların tətbiqinin nəticəsidir.

Dördüncü dövrə təsadüf edən ən əsas kəşfləri sadəcə saymaqla belə, biokimya və molekulyar biologiya sahələrinin nailiyyətlərini təsəvvür etmək çətin deyil. Aşağıdakı kəşflərə məxsus əlavə məlumatlar müvafiq fəsillərdə verilir.

1953 - ikiqat DNT spirali modelinin artıq qeyd etdiyimiz Uotson və Krik tərəfindən kəşfi (onlar 1962-ci ildə Nobel mükafatına layiq görüldülər).

1953 – F.Senger ilk dəfə insulin hormonunun quruluşunu açdı (iki dəfə 1958, 1960-cı ildə Nobel mükafatı laureatı).

1960 – A.S. Spirin və P.Doti rRNT (ribosomal ribonukle- in turşusu) molekulunun ikinci və üçüncü quruluşunu təyin etdi- lər.

1961 – M.U.Nirenberq (Nobel mükafatı laureatı, 1968) genetik kodun ilk tripletini (urasil, urasil,urasil və ya UUU) müəyyənləşdirdi və onun fenilalanin aminturşusuna aid olduđu- nu sübut etdi.

1950-1960 – S.Oçoa, Q.Korana genetik kodun qalan tri- pletlərini kəşf etdilər (müvafiq olaraq 1959 və 1968-di illərdə Nobel mükafatı aldılar).

1964-1967 – R.Holli və ondan asılı olmayaraq A.A.Bayev nəqliyyat RNT-lərinin (nRNT) nukleotid ardıcılığını təyin etdi- lər.

1966 – P.Mitçel xemosmotik nəzəriyyəsini (proton qra- dienti nəzəriyyəsi) irəli sürdü. O, Nobel mükafatına 1978-ci ildə layiq görülmüşdür.

1960 – R.Merifeld kimyəvi yolla ribonukleaza fermentini sintez etdi (Nobel mükafatı laureatı, 1984).

1970 – Yenə Q.Korana nRNT-nin genini sintez etdi və 1976-cı ildə həmin gen üzrə  $\lambda$  (lyambda) bakteriofaqının mutant

ştamminin DNT-si ilə sintez olunmuş geni birləşdirməyə və bakteriofaqın normal çoxalmasına nail oldu.

1971- Y.A.Ovçinnikov və A.E.Braunşteynin rəhbərliyi ilə 412 aminturşusu qalığından ibarət aspartataminotransferaza fermentinin birinci quruluşu müəyyən olundu.

1975 – D.Baltimor və P.Temin əks transkriptaza fermentinin köməyi ilə RNT matrisi üzərində (RNT qəlibi) bütöv rekombinat DNT (rDNT) almaq üçün yeni üsul (shot-qun adlandırıldı) təklif etdilər (hər ikisi 1975-ci ildə Nobel mükafatına layiq görüldülər).

1975 – X.Smits, V.Arber spesifik restriksiya fermentlərini kəşf etdilər (1978-ci il Nobel mükafatı laureatları). Bu kəşfin əsasında meymunun SV-40 virusu genolmunun quruluşu və funksiyasını öyrənmiş amerikalı virusoloq D.Natans (1978-ci ildə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür). Həmin virus DNT-sinə məxsus xüsusi xəritə tərtib etməklə, onu müvafiq nöqtədə qıran izoşizomerləri (fermentləri) kəşf etdi.

1977 – yenə də F.Senger öz əməkdaşları ilə faq FX174 DNT-sinin birinci quruluşunu tamamilə açdı.

XX əsrin 90-cı illəri – Oksidləşmə və fosforlaşmanın qoşulması haqqında yeni konformasiya nəzəriyyəsi irəli sürüldü. 1997-ci ildə nəzəriyyənin müəllifləri P.Bayer və Skou Nobel mükafatına layiq görüldülər.

XX əsrin sonu – Fred Xakçinson adına xərçəng xəstəliyini tədqiq edən mərkəzin (ABŞ) direktoru amerikalı Liland Xartuell, xərçəngin tədqiqi üzrə fondun baş direktoru ingilis alimi Pol Ners və fondun əməkdaşı Tomati Xant (Böyük Britaniya), müvafiq olaraq hüceyrə tsiklinə nəzarət edən genlərin xüsusi sinifini; həmin tsiklə məxsus Zn-dən asılı kinaza fermentini; sonuncunu tənzimləyən tsiklin zülallarını kəşf etdilər. (Hər üç alim 2001-ci ildə Nobel mükafatına layiq görüldülər.)

1970-2000 – Amerikan alimləri Uilyam Nouli, Barri Şarpless və yapon alimi Riodzi Noyori istənilən xiralığa malik (sağ və ya sol enantiomerlər. Bax karbohidratlar) molekul almaq

üçün üsullar və müvafiq katalizatorları kəşv etdilər. (Hər üç alim 2001-ci ildə Nobel mükafatına layiq görüldülər.)

XX əsrin ikinci yarısına məxsus olan saydığımız kəşvlər biokimyanın, molekulyar biologiyanın bu günkü müasir səviyyəsinin bünövrəsini qoydu. Bu gün texniki mikrobiologiya, mühəndislik enzimologiyası, gen və hüceyrə mühəndisliyi, biomühəndislik kimi biotexnologiya sahələri, təsvir etdiyimiz nailiyyətlərsiz mövcud ola bilməzdi.

Bu gün biz biologiyanın və bəzi təbiət elmlərinin inteqrasiyası mərhələsini yaşayırıq. Bu sahələri və onların yaradıcılarını bir-birinə yaxınlaşdıran, mübadilə imkanları yaradan 1955-ci ildə təsis olunmuş "Beynəlxal Biokimya İttifaqı", "Avropa Biokimya Cəmiyyətləri Federasiyası" belə qurumlardandır. Biokimya ittifaqı indiyə qədər 16 beynəlxalq biokimya konqresi keçirmişdir. Federasiyanın isə, sonuncu – 23-cü konfransı 1995-ci ildə İsveçrənin Bazel şəhərində keçirilmişdir.

Biokimyanın müasir problemləri ilə maraqlanan tələbə, müəllim və tədqiqatçı istənilən informasiyanı "Biokimya", "Molekulyar biologiya", "Tətbiqi biokimya və mikrobiologiya", "Bioloji kimyanın nailiyyətləri" kimi jurnallar; rus və digər əcnəbi (xüsusən ingilis) dillərdə dərc olunan, konqres, konfrans, qurultay materiallarından, İnternet sistemindən, Azərbaycan biokimyaçılarının işləri haqda isə, Ümumrespublika biokimya konfranslarının materiallarından (2000-ci ilə qədər 3 konfrans keçirilmişdir) və nəhayət, Avropa Biokimya Cəmiyyətləri Federasiyasına üzv olmuş "Azərbaycan Respublikası Biokimya və Molekulyar Bioloqlar Cəmiyyətinin" dərc olunan materiallarından ala bilirlər.



## Orqanizmlərin kimyəvi tərkibi

Canlıların tərkibinə daxil olan bütün kimyəvi elementlər, mütləq, təbiətdə də mövcuddur. Başqa sözlə, tək-cə canlıya məxsus kimyəvi element yoxdur. İndiyə qədər məlum olan 110 kimyəvi elementin 70-dən çoxu biokütləni təşkil edən orqanizmlərdə tapılmışdır. Orta miqdarına görə onları dörd qrupa bölürlər:

1. **Makrobiogen (əsas) qrup** elementləri – orqanizmdə 1 və ondan çox % təşkil edirlər. Buraya  $O_2$ ;  $C$ ;  $N$ ;  $H$ ;  $Ca$  və  $P$  elementləri daxildir.

2. **Oliqobiogen qrup** 0,1-1 % təşkil edən bu qrupa  $K$ ;  $Na$ ;  $Cl$ ;  $S$ ;  $Mg$ ;  $Fe$  daxil edilir.

3. **Mikrobiogen qrup** miqdarı 0,01 %-dən az olan –  $Zn$ ;  $Mn$ ;  $Co$ ;  $Cu$ ;  $F$ ;  $Br$ ;  $Y$ .

4. **Ultramikrobiogen qrup** – Buraya miqdarı  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  % olan 18 element daxil edilir. Onlardan əvvəlcə 12-si  $B$ ;  $Li$ ;  $Al$ ;  $Si$ ;  $Sn$ ;  $Cd$ ;  $As$ ;  $Se$ ;  $V$ ;  $Cr$ ;  $Ni$  və sonradan 6-sı  $Be$ ;  $Rb$ ;  $Ba$ ;  $Ag$ ;  $Rb$ ;  $W$  orqanizmlərdə müşahidə edilmişdir.

Digər mənbələr, canlı maddədə olan kimyəvi elementləri miqdarına görə üç kateqoriyaya bölürlər:

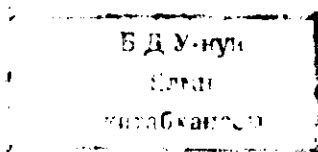
I – Miqdarı 0,001 %-dən çox olan makroelementlər -  $O_2$ ;  $C$ ;  $H$ ;  $Ca$ ;  $N$ ;  $P$ ;  $S$ ;  $Mg$ ;  $Na$ ;  $Cl$ ;  $Fe$ .

II – 0,001- 0,000001 % miqdarda –  $Mn$ ;  $Zn$ ;  $Cu$ ;  $Br$ ;  $Mo$ ;  $Co$  və digər elementlər

III – miqdarı 0,000001 %-dən çox olmayan  $Hg$ ;  $Au$ ;  $U$ ;  $Ra$  və s.

Biokütlədə I qrupdan çox olan elementlər  $O_2$ ;  $C$ ;  $H$ ;  $N$ ; və  $Ca$ -dır. Yer qabığında isə,  $O_2$  və  $Ca$  çoxdur. Digər elementlər, məsələn,  $Si$ ;  $Al$ ;  $Fe$  üzvi maddədə azdır.

Üzvlə və qeyri üzvi aləmdə elementlərin yayılması arasında birbaşa asılılıq yoxdur. Həll olan və qaz halında mövcud olan maddələri asanlıqla əmələ gətirən  $C$ ,  $N$ ,  $P$ ,  $S$  kimi elementlər, biosferin əsas kütləsini təşkil edirsə, Yer qabığında onların miq-



darı nisbətən azdır. Suda həll olan maddələri əmələ gətirə bilməyən elementlər isə, əksinə, qeyri-üzvi təbiətdə çoxdur.

Üzvi aləm nisbətən yüngül elementlərdən təşkil olunmuşdur. Kimyəvi elementin kütləsi artdıqca, toksiki xassələri də artır, orqanizmdəki miqdarı isə azalır (*Zn, Cd, Mg*). Bioloji obyektlərdə *Ca, Sr, Ba* bir-birini əvəz edə bilirlər. *Fe, Co, Ni* biofəal birləşmələrin komponentləridir. *H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, C, N, P* biokütlənin elementləri daxilində 99% təşkil edir. Bütün bu və digər faktlar müvafiq qanunauyğunluqlara malikdir. Sonda göstərdiyimiz elementlər xüsusi xassələr daşıyır. Onlar cüt kimyəvi rabitələri əmələ gətirə bilirlər. *C* elementi isə, unikal xassələr daşıyan ən müxtəlif birləşmələri əmələ gətirə bilirlər. Həmin elementlərin atomları kiçik ölçülü olmaları ilə fərqlənirlər. Onlar eyni zamanda minimal atomlararası məsafəli kompakt, kimyəvi amillərə qarşı davamlı molekulları təşkil edirlər. *P* və *S*, az miqdarda *N*, elə birləşmələr əmələ gətirə bilirlər ki, onlar parçalandıqda sərbəst enerji ayırırlar (makroergik maddələr).

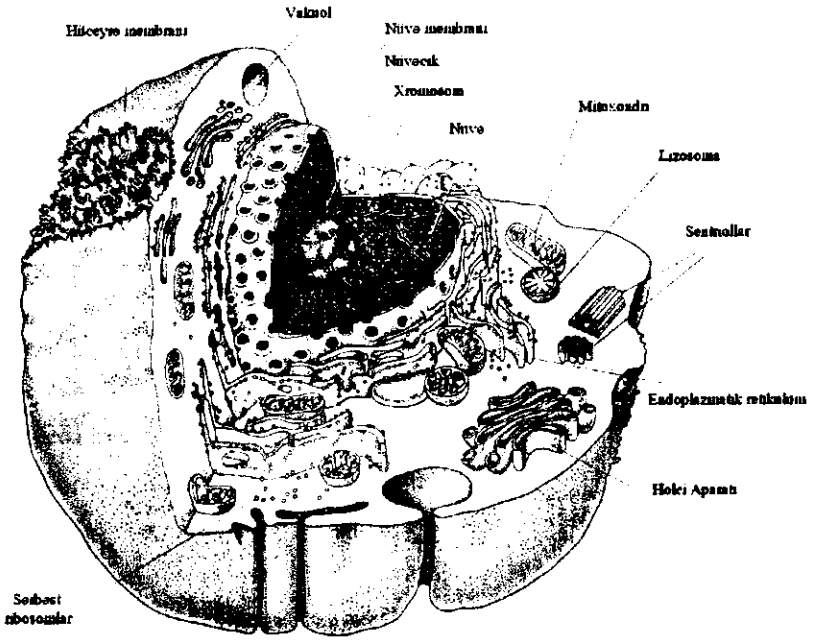
Biokütlənin təxminən 75 %-ni su təşkil edir. Müxtəlif növlərdə suyun miqdarı 40–99 % təşkil edə bilər. Məsələn, meduzanın bədəninin 99 %-ni su təşkil edir. Canlı orqanizmlərdə miqdarca ikinci yeri zülallar (əsasən heyvanlarda) tutur. Su və zülallardan başqa yerdə qalan quru maddə karbohidratlar, nuklein turşuları (NT), lipidlər, mineral maddələr, bioloji fəal birləşmələrdir. Toxumlar istisna olmaqla bitkilərdə karbohidratlar zülallardan çoxdur. Orqanizmləri təşkil edən maddələr sırasına, mübadilə prosesində əmələ gələn metabolitlər (mübadilənin aralıq məhsulları) da daxildir.

Qeyd edək ki, biokütlənin tərkibinə daxil olan 70-dən çox elementin mütləq zəruri olduğunu demək düzgün deyil. Məsələn, *Al, As, Si, Cr, F, Rb* və *W* –in rolu hələ aydınlaşmamışdır. Bəs hüceyrədə mühüm kimyəvi birləşmələr necə paylanır? Müxtəlif hüceyrə tiplərində maddələrin paylanması eyni deyil. Biz aşağıdakı cədvəldə sadə bakterial hüceyrə-bağırsaq çöpcüyünün (*E. Coli*) kimyəvi tərkibini göstərməklə kifayətlənəcəyik.

*E. Coli* hüceyrəsinin təxmini kimyəvi tərkibi

Komponent	%-lə miq-darı	Molekulyar kütləsi (MK) daltonla (D)	Molekul növlərinin miqdarı
Su	70	18	1,0
Qeyri-uzvi maddələr	1,0	40	20
Karbohidratlar və sələfləri	3,0	150	200
Aminturşuları və sələfləri	0,4	120	100
ND-lər və sələfləri	0,4	300	200
Lipidlər və sələfləri	2,0	750	50
Digər kiçik molekullu maddələr	0,2	150	250
Zülallar	15	$4 \times 10^4$	3000
DNT	1,0	$2,5 \times 10^9$	1,0
PNT	6,0	-	-

*Molekulyar kütlə (MK) cədvəldə və kitabın digər yerlərində daltonla (D) göstəriləcək. 1D  $1,661 \times 10^{-24}$  q-dır. Molekulun və atomun kütləsini  $^{12}\text{C}$  izotopunun kütləsi ilə ifadə edirlər. Bu izotopun atom çəkisi 12 D-dir. MK-rəqəmlə molekulyar çəkiyə bərabərdir. Lakin, molekulyar çəki dedikdə molyar kütlə və ya qram/mol nəzərdə tutulur. Bir çox hallarda D-ni molekulyar çəki ilə ifadə etmək dəqiq olmasa da, xromosom, ribosom, mitoxondri, virus və hüceyrə haqda dedikdə, dalton termini daha düzgün təsəvvür yaradır. Beləliklə, hər iki terminin işlədilməsini normal qəbul etmək mümkündür.*



*Şəkil 1. "İdeallaşdırılmış" eukareotik hüceyrənin makrokompartmentləri*

İstər bakterial, istərsə də ali eukariotik hüceyrənin bütün kimyəvi komponentləri müvafiq kompartmentlərdə yerləşir. Hüceyrənin özünün mövcudluğu, canlı materiyanın təşkilində fundamental prinsip olan kompartmentləşmə ilə əlaqədardır. Biokimyə üçün "kompartment" terminini, digər hüceyrə proseslərindən kinetik təcrid olunmuş subhüceyrə sahələri kimi başa düşmək lazımdır ki, bu sahələrdə biokimyəvi reaksiyalar baş verir. Kompartmentdə metabolik fond yerləşir. Fond dedikdə, burada onu maddə miqdarı kimi başa düşmək lazımdır. Başqa sözlə fond, hüceyrə kompartmentlərində lokalizə olunur (şəkil 1).

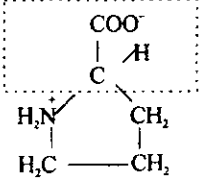
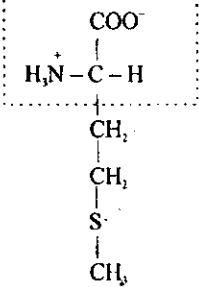
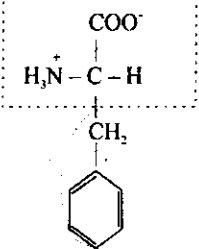
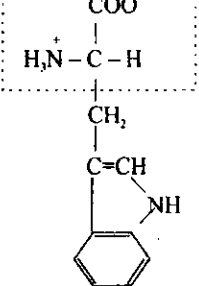
## Fəsil I. AMİNTURŞULARI VƏ ZÜLALLAR

### Aminturşuları

Aminturşuları – karbon turşuları zəncirində hidrogen atomlarından birinin amin qrupu ( $-NH_2$ ) ilə əvəz olunması nəticəsində əmələ gələn törəmələrdirlər. Əksər aminturşularında amin qrupu, karboksil ( $-COOH$ ) qrupundan sonra  $\alpha$  vəziyyətdə karbon atomuna birləşir.  $\beta$ ,  $\gamma$  aminturşuları orqanizmlərdə çox az hallarda rast gəlinir ki, onlar da adətən kofermentlərin ( $KoE$ ) və ya koenzimlərin, bəzi digər bioloji fəal birləşmələrin tərkibinə daxil olurlar. Zülallar isə, L-  $\alpha$  - aminturşuları qalıqlarının birləşməsi nəticəsində əmələ gəlir (sadə zülallardan fərqli olaraq, mürəkkəb zülalların tərkibinə aminturşularından başqa digər maddələr də daxildir). Bioloji dəyərli zülallarda daim rast gəlinən aminturşuları *proteinogen aminturşuları* adlanır. Bəzi zülallarda onların hamısı yoxdur və onlar bioloji dəyərsiz zülallar hesab olunurlar. 20 ədəd proteinogen aminturşusunun əmələ gəlməsi üçün müvafiq tripletləri mövcuddur (bax III fəsil). Əslində 17 amin, 1 aminturşusu və iki ədəd aminturşusunun amidi, şərti olaraq zülalə daxil olan aminturşularına məxsus 20 ədədini ifadə edir. Proteinogen aminturşularının quruluşu, hərfi işarələri və kəşfi haqqında məlumat 2-ci cədvəldə verilmişdir. Həmin aminturşularından əlavə bəzi zülalların tərkibinə digər aminturşuları da daxil olur (onların tripletləri yoxdur və qeyriproteinogen aminturşuları sırasına daxildirlər). Belə aminturşularına aşağıdakılar misaldır: Oksiprolin (okspirrolidin -  $\alpha$  -karbon turşusu); oksilizin ( $\alpha$ ,  $\epsilon$ , diamino-  $\delta$  - oksikapron t.); Ornitin ( $\alpha$ ,  $\delta$  -diaminovalerian t.) 3,5 - diiodtirozin;  $\alpha$ -aminoizoyaq t.); N-metil-, N.N-dimetil N.N.N -trimetillizin; N - metil-N.N'- dimetil - və N.N' -dimetilarginin;  $\gamma$ - karboksiqlutamin;  $\beta$ - karboksiasparagin; N - metilhistidin; N.N - dimetilprolin, asparagin və qlutamin turşularının metil efirləri və s. Beləliklə zülallarda mütləq 20 aminturşusu növünün olması nisbidir. 20 aminturşusunun hamısı olmayan dəyərsiz zülallarda isə, məsələn, jelatində triptofan, arginin, lizin kimi mühüm turşular çatmır.

## Zülalların tərkibində daim rast gəlinən amin turşuları

	Aminturşuları (triväl və kimyevi adları)	İon şəklində quruluşu	İ və 3 hərifi işarə ilə	Hansı maddə və ya zülalda, nə vaxt və kim müşahidə edib
<b>Qeyri polyar (hidrofob)radikalı (R) turşular</b>				
1	Alanin ( $\alpha$ - amino propion turşusu)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2(\text{R}) \end{array}$	A, Ala	İpək fibroinində, 1888, T.Veyl
2	Valin ( $\alpha$ - amino izovale- rian T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	V, Val	Albumində, 1879, P.Şyutsenberje
3	Leysin ( $\alpha$ - amino-izo- kapron T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	L, Leu	Yun və əzələ zülallarında, 1820, A.Brakkono
4	İzoleysin ( $\alpha$ - amino, $\beta$ -etil- $\beta$ -metil propi- on T və ya $\alpha$ - amino - $\beta$ -me- til valerian T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	İ, İle	Qan fibrinində 1904, F.Erlix

5	Prolin (pirrolidin - $\alpha$ - karbon T)		P, Pro	Südün kazeinində, 1901. E.Fişer
6	Metionin ( $\alpha$ - amino - $\gamma$ metil-tioyağ T)		M, Met	Südün kazeinində 1922, Müller
7	Fenilalanin ( $\alpha$ - amino - $\beta$ - fenil-propion T)		F, Phe	Bitki zülalında 1881, E.Şulse, Y.Barbieri)
8	Triptofan ( $\alpha$ - amino - $\beta$ - indolil-propion T)		W, Trp	Südün kazeinində 1901, F.Hopkins, D.Kol

Mənfi yüklü polyar R-lı turşular				
9	Asparagin T. (α-amino-kəhrəba T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$	D, Asp	Bitki zülalında 1868, Q.Rutthauzen
10	Qlutamin T. (α-amino-qlutar T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$	E, GLu	Bitki zülalında 1866, Q.Rutthauzen
Yüklənməmiş polyar R-lı turşular				
11	Qlisin və ya qlikokol (α-aminosirkə T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	G Gli	Jelatində, 1820, Brakko- no
12	Serin (α-amino-β-oksipropion T.)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{C} - \text{OH} \end{array}$	S, Ser	İpək serisin zülalında, 1863, E.Kramer.
13	Treonin (α-amino-β-oksiyağ T)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	T, Thr	Qaz lələyi ke- ratinində, 1921, D.Zelinski, V.Sadikov



14	Sistein ( $\alpha$ -amino- $\beta$ -tiolpropion və ya merkaptopropion T.)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$	S, Sis	Yumurta zülalında, 1901, Q.Embden
15	Tirozin ( $\alpha$ -amino- $\beta$ -hidroksifenilpropion T.) və ya ( $\alpha$ -amino- $\beta$ -paraoksifenilpropion T.)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	T, Tir	Südün kazeinində, 1849, F.Bopp
Müsbət yüklənmiş polyar R-lı turşular				
16	Lizin ( $\alpha, \epsilon$ , diaminokapron T.)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	L, Liz	Südün kazeinində, 1889, E.Dreksel
17	Arginin ( $\alpha$ -amino- $\sigma$ quanidil-H-valerian T.)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\   \\ (\text{CH}_2)_3 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{C} = \text{NH}_2^+ \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	A, Arg	Buyuz keratinində, 1895 S.Xedin

18	Histidin ( $\alpha$ -amino- $\beta$ -imidazolil-propion T.	$  \begin{array}{c}  \text{COO}^- \\    \\  \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{C} - \text{NH} \\     \quad \diagup \\  \text{CH} - \text{NH}  \end{array}  $	H, His	Nərə balığı kürüsünün zülalında, 1896 A.Kossel və S.Xedin
<b>Yüklənməmiş polyar R-lı amidlər</b>				
19	Asparagin ( $\alpha$ -aminokəhrəba T-nun mono amidi)	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O} \\    \quad \quad \quad \diagdown \\  \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{NH}_2  \end{array}  $	A, Asn	*
20	Qlutamin ( $\alpha$ -amino-qlutar T-nun mono-amidi)	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O} \\    \quad \quad \quad \diagdown \\  \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{NH}_2  \end{array}  $	Q Qln	*

\* *Asp və Glu amin turşularının iki amidi zülalda mövcud olsalar da, hüceyrədə Asp və Glu sintez olunduqdan dərhal sonra amin qrupunu özünə birləşdirərək amidləşir və Asn-i həm də Qln-i sonradan əmələ gətirirlər. Prosesdə ikinci amin qrupu Asp-də  $\beta$ -vəziyyətdəki, Glu-da isə,  $\gamma$ -vəziyyətdəki karboksil qrupunda -OH-ın yerinə birləşir.*

Adlarını çəkdiyimiz amin turşuları ilə yanaşı təbiətdə qeyri-proteinogen turşular cərkəsinə aid olan çoxlu törəmələr məlumdur. Onları qeyri standart və bəzən qeyri adi amin turşular da adlandırırlar. Tripleti olmayan belə törəmələrin sayı artıq 400-ü keçmişdir. Ən çox bitkilərdə rast gəlinən belə amin turşularına yer-kökü və lalənin  $\gamma$ -metilen-L-qlutamin dikarbon turşusu, mürəkkəbçiçəklilər fəsiləsində müşahidə olunmuş azetid-2-karbon (amin turşusu), L- $\alpha$ -amino- $\beta$ -ursidopropion (albizin), 5-hidro-

ksinofleysin, hipoqlisin A, limozin və s. aminturşuları misaldır. 2-ci cədvəldə göstərilən təsnifat qaydasından başqa aminturşularının yan R-lərinin xarakterindən asılı olaraq, onları atsiklik (alifatik) və tsiklik (homo və hetero) turşulara da bölürlər. Amin və karboksil qruplarının sayına əsaslanan təsnifat da mövcuddur. Həmin təsnifata əsasən onları belə bölürlər:

1. Monoaminomonokarbon turşuları (*Qli, Ala, Val, Ley, Ile, Ser, Sis, Met, Thr, Tir, Phe*)

2. Diaminomonokarbon turşuları (*Liz, Arg*)

3. Monoaminodikarbon turşuları (*Asp, Qlu*)

4. Diaminodikarbon turşuları-2 sisteyinin birləşməsindən alınan sistin belə aminturşusudur.

Aminturşularını bioloji və ya fizioloji roluna görə təsnif edən mənbələr də var. Bu təsnifat belədir:

1. Əvəzolunmayan aminturşuları. Onlar orqanizmdə əmələ gələ bilməyən və yalnız qida vasitəsilə daxil olan aminturşulardır. Belə turşuların sayı insan üçün 8-dir. (bəzi ədəbiyyat mənbələrində 10). Bura *Val, Leu, Ile, Thr, Liz, Met, Phe, Trp* daxildir.

2. Qismən əvəzolunan aminturşuları. Orqanizmdə az miqdarda əmələ gələn turşulardır. Onların çatışmayan miqdarı orqanizmə qida vasitəsilə daxil olmalıdır. İnsan üçün belə aminturşuları *Arg, Tir, His*-dir.

3. Əvəzolunan aminturşular. Orqanizmdə normal qidalanma şəraitində kifayət qədər digər aminturşularından və başqa maddələrdən əmələ gələn *Ala, Pro, Asp, Qlu, Qli, Ser, Sis, Asp* və *Qln*-dir.

Sonda göstərdiyimiz təsnifat yalnız 8 əvəzolunmayan aminturşu üçün universaldır. Qalan hallarda bu təsnifat nisbidir, çünki müxtəlif orqanizmlər üçün bir-birindən fərqlənir.

Aminturşularının mühüm xüsusiyyətlərindən biri, onların qlisin istisna olmaqla, optiki aktivliyidir. Optiki aktiv aminturşuları asimmetrikdir (bax həmçinin karbohidratlar), suda və hidrogen xlorid məhlulunda polyarizasiya müstəvisini döndərilirlər! Döndərmə dərəcəsi adətən 20-30° həddində sola və ya sağa

doğru yönəlmə zamanı qeydə alınır. Bəzən döndərmə dərəcələri 20°-dən az və ya 30°-dən çox olur (bax cədvəl 3). Təmiz stereoisomerdən (bax sxem 1) işıq keçərkən əmələ gələn polyarizasiya müstəvisi bucağının qiyməti  $[\alpha]_D^{25^\circ C}$  - simvolu ilə işarə olunur. Bu xüsusi fırlanma simvolu, dönmə dərəcəsi, polyarimetrdəki məhlulun q/ml-lə məlum qatılığı və məhluldan keçən işığın dm-lə ölçülən uzunluğundan alınan rəqəmlə ifadə olunur. Yəni:

$$[\alpha]_D^{25^\circ C} = \frac{\text{döndərmə dərəcəsi}}{\text{şua yolunun uzunluğu (dm)}} \times \text{məhlulun qatılığı (q/ml)}$$

D – istifadə olunan işıq dalğasının natrium spektrində D-xətti üzrə uzunluğunu ifadə edir və adətən göstərilmir. D adətən  $\lambda = 589 \text{ nm}$ -dir.

Cədvəl 3

Bəzi aminturşularının polyarizasiya müstəvisini döndərmə dərəcələri

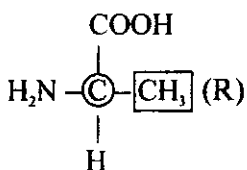
Aminturşusu (L-turşular)	D
Ala	+ 1,8
Arg	+ 12,5
His	- 38,5
Qlu	+ 12,0
İle	+ 12,4
Liz	+ 13,5
Pro	- 86,2
Ser	- 7,5
Thr	- 28,5
Phe	- 34,5

Qeyd edək ki, təbii zülallarda olan aminturşularının əksəriyyəti sol enantiomerdir. *Qli*, *Asn*, *Qln*-dən başqa su məhlullarındakı aminturşuların 7-si (+), yəni sağa döndərən, 10-u isə (-) sola döndərən turşular olmaqla yanaşı, D-sıraya daxildirlər.

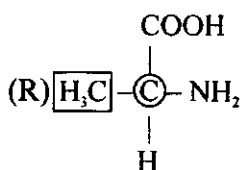
Yalnız bakterial hüceyrə divarlarının qlikoproteidlərində (qeyri zülal hissəsi karbohidrat olan mürəkkəb zülallar), antibiotiklərdə *D*,  $\alpha$  formalı *Phe*, *Glu*, *Ala*, *Leu*, *Val*, *Pro* aminurşularını müşahidə olunmuşdur.

Kimyəvi sintez yolu ilə aminurşularını aldıqda, reaksiyon mühitdə 50% *L*, 50% *D* enantiomer olur. Eyni sürətdə əmələ gələn hər iki formanın ekvimolyar qarışığı *rasemat* adlanır. *Rasemat* optiki aktivlik göstərmir. Qeyri fermentativ öz-özünə *rasematlaşma* ( $D \rightleftharpoons L$ ) da çox yavaş və müvafiq zaman ərzində baş verən bir proses kimi məlumdur.

Məsələn, dişin bərk eməlinə olan *dentin* zülalındakı *Asp*, insan bədəninin temperaturunda, bir ildə çox dəqiq sürətlə 0,1 % öz-özünə *rasematlaşmaya* uğrayır. Maraqlıdır ki, bu prosesdən istifadə edərək *rasemasizasion* test köməyi ilə insanın yaşını dəqiq təyin etmək mümkündür və bu üsul radioaktiv izotopların parçalanma sürətlərinə əsaslanan üsullardan dəqiqliyi ilə heç də geri qalmır. Bu yolla Ekvadorun dağ kəndlərində təcrübə apararaq, yaşlarının 90-100 il olduğunu deyən insanların, əslində hansı yaşda olduqları müəyyən edilmişdir. Həmin test, qazıntılar zamanı tapılmış fil, delfin və ayılarda da tətbiq edilmiş və nəticələr digər üsullarla tapılan rəqəmləri təsdiq etmişdir. Təcrübələrdə müqayisə üçün radioaktiv izotop üsulları da istifadə olunmuşdur. *D* və *L* – optiki fəal izomerlər – *stereoizomerlərdir* və  $\alpha$  vəziyyətdə qlisin amışturşusu istisna olmaqla, asimmetrik karbon (C) atomuna malikdirlər. Bu elə karbon atomudur ki, dörd müxtəlif qrupla, yəni – *COOH*; –*NH*<sub>2</sub>; –*H*; və müvafiq *R*-lə birləşmiş olsun.



L - alanin



D - alanin