

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL  
NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI KƏND  
TƏSƏRRÜFATI NAZİRLİYİ

ADAU-nun 85 illiyinə həsr olunur

Nazim Yusifov  
Kamandar Daşdəmirov

HEYVAN BİOKİMYASI  
(Ali məktəblər üçün dərslik)

BAKI 2013

**Müəlliflər:** *Yusifov Nazim Məhəmməd oğlu*; kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, professor, ADAU-nun kimya kafedrasının müdiri

*Daşdəmirov Kamandar Şükür oğlu*; biologiya elmləri namizədi, dosent, ADAU-nun kimya kafedrasının dosenti

**Rəyçilər:** *Əliyev Fuad Yusif oğlu*; kimya elmləri doktoru, professor, Gəncə Elm Mərkəzinin direktoru, AMEA-nın müxbir üzvi

*Mövsümov Elman Məhəmməd oğlu*; kimya elmləri doktoru, professor, ADAU-nun Aqrotexnologiya fakültəsinin dekani

*Nəbiyev Əhəd Əli oğlu*; biologiya elmləri doktoru, professor, ATU-nun kafedra müdiri

*Nəsibov Fəmil Nəsib oğlu*; biologiya elmləri doktoru, professor ADAU-nun kafedra müdiri

N. M. Yusifov, K. Ş. Daşdəmirov. Heyvan biokimyası Ali məktəblər üçün dərslik. Bakı 2013

Dərslikdə biokimyayın müasir aktual nəzəri əsasları öz əksini tapır. Kitabdən zootexniklər, baytar həkimlər, əczaçılar, qida mühəndisləri həmçinin bu ixtisaslar üzrə təhsil alan magistr və doktorantlar da istifadə edə bilər.

Kitab ali məktəblərin kimya və biologiya fakültələrinin, bioloji təmayüllü ixtisaslarının bakalavr pilləli tələbələri üçün vacib mövzuları əhatə edir.

## MÜQƏDDİMƏ

Bioloji kimya və ya biokimya bütün canlılarda olan kimyəvi maddələrin xassələrini, quruluşunu, onların orqanizmdə çevrilmələrini və funksiyalarını öyrənən elmdir. Bu elm 3 hissədən *statik, dinamik və funksional biokimyadan* ibarətdir.

*Statik* və ya *təsviri* biokimya bütün canlılarda (mikroorqanizmlərdən başlamış insanlara qədər) olan kimyəvi maddələri, onların xassələrini və yayılmasını öyrənir. Statik biokimya iki hissəyə bölünür. Onlardan biri bioüzvi, digəri bioqeyri-üzvi kimya adlanır. Bioüzvi kimya canlılarda olan üzvi maddələrin (zülallar, lipidlər, karbohidratlar, fermentlər, hormonlar və s.), bioqeyri-üzvi kimya qeyri-üzvi maddələrin (su, qeyri-üzvi turşuların duzları və s.) varlığını və kimyəvi xassələrini öyrənir.

*Dinamik* biokimyanın köməyi ilə bütün canlı orqanizmlərdə olan maddələrin çevrilmələri, yəni parçalanma və əmələgəlmə yolları öyrənilir. Bunlardan birinci dissimilyasiya sonuncu isə assimilyasiya adlanır. Bu iki prosesin biri digərini tamamlayıb vəhdət təşkil edir. Bunlara birlikdə *maddələr mübadiləsi* deyilir.

*Funksional* biokimya canlılarda olan maddələrin kimyəvi təbiəti, xüsusən quruluşu ilə onların funksiyaları arasındakı asılılığı öyrənir.

Biokimya öyrəndiyi obyektlərə görə bir neçə hissəyə bölünür. Bitki biokimyası, heyvan biokimyası, mikroorqanizmlərin biokimyası, insan biokimyası, baytarlıq biokimyası (kliniki biokimya), tibb biokimyası və s.

Biokimyanın inkişafı biologiya və kimya elminin inkişafı ilə sıx əlaqədardır. Çünki biokimya bioloji obyektlərin kimyasını öyrənir və bunların vəhdətindən yararlanıb sürətlə inkişaf edir. Biokimya elmi bioloji elmlərdən ən çox fiziologiya, sitalogiya,

genetika, kimya elmlərindən isə üzvi kimya, fiziki kimya, qeyri-üzvi kimya, təhlili kimya və s. əlaqədardır. Bu elmlər biokimyayın inkişafına ciddi təkan verir.

Biokimyayın belə geniş və hərtərəfli inkişafı, başqa elmlərlə əlaqəsinin genişlənməsi və dərinləşməsi onun kənd təsərrüfatı (yemləmə, südçülük, yetişdirmə, aqrokimya, torpaqşünaslıq, seleksiya, tibbi və baytarlıq diaqnostikası, farmokologiya, terapeya, epidemiologiya, epizootologiya və s.) ilə bağlılığını yaratmışdır. Bu da insanların və heyvanların sağlamlığının qorunması, kənd təsərrüfatı bitkilərinin və heyvandarlığın məhsuldarlığının artırılması, məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması, rəşional yemləmə, xəstəliklərlə mübarizə və qeyri məsələlərin həllində böyük əhəmiyyətə malikdir.

Biokimyayın yeyinti, ət-süd, gön-dəri, ferment, mikrobiologiya, tütünçülük sənayesi və xalq təsərrüfatının digər sahələrinin inkişafında da mühüm əhəmiyyəti vardır.

Heyvanların biokimyasından Azərbaycan dilində dərslinin və dərş vəsaitinin kiril qrafikalı olub köhnəlməsi səbəbindən bu fənnin ali məktəblərin tələbələri tərəfindən öyrənilməsini olduqca çətinləşdirir.

Kitabın yazılmasında əsas səbəblərdən biri latın qrafikasında ədəbiyyatın olmamasıdır. Ona görə də bu fənnin ali məktəblərin aqrar sahənin ixtisası olan tələbələri tərəfindən öyrənilməsini çətinləşdirir.

Şübəsis ki, kitabda müəyyən nöqsanlar da ola bilər. Bu nöqsanları aradan qaldırmaq üçün öz məsləhətləri ilə kömək edən oxuculara müəlliflər əvvəlcədən öz səmimi təşəkkürünü bildirirlər.

# I FƏSİL

## I. HEYVAN ORQANİZMİNİN KİMYƏVİ TƏRKİBİ

Heyvan toxumalarının və bioloji mayələrinin kimyəvi tərkibi çox mürəkkəbdir. Heyvan orqanizmində 60-dan çox kimyəvi element qeyri-üzvi və üzvi biomolekullar şəklində müxtəlif miqdarda rast gəlinir. Onlardan 20 element orqanizmlər üçün mütləq vacib elementlərdir.

Heyvan orqanizmində yayılma miqdarına görə elementlər makroelementlərə (0,001%-dən yuxarı) və mikroelementlərə (0,001%-dən az) bölünürlər. Hüceyrələrin tərkibindəki maddələrin 99%-ə qədərini (quru çəkiyə görə) dörd element karbon, oksigen, hidrogen və azot təşkil edir. Bunlara orqanogen elementlər deyilir. Bu elementlər kovalent rabitə hesabına bəsit və mürəkkəb üzvi birləşmələr (zülallar, nuklein turşuları, karbohidratlar, üzvi turşular, lipidlər və s.), qismən qeyri-üzvi maddələr (su, qeyri-üzvi turşu-ların duzları və s.) formada olur.

Cədvəl 1.

Heyvan orqanizmində bəzi kimyəvi elementlərin orta göstərici (diri çəkiyə görə %-lə miqdarı)

Element	Miqdarı %-lə	Element	Miqdarı %-lə
O	62,43	Mo	0,027
C	21,15	J	0,014
H	9,86	F	0,009
N	3,10	Fe	0,005
Ca	1,90	Zn	0,003
P	0,95	Br	0,002
K	0,23	Al	0,001
S	0,08	Si	0,001
Cl	0,08	Cu	0,00015
Na	0,08	Se	0,00001

Heyvan orqanizminin elementar tərkibi heyvanın növündən, yaşından və yemləmədən asılı olaraq dəyişir. Həmçinin heyvan orqanizmində bəzi elementlərin (K, Rb, U, Ra) radioaktiv izotoplarına rast gəlinir. Ən çox və əhəmiyyətli rol oynayan kaliyun  $\beta$  və  $\gamma$  izotoplarıdır. Heyvan orqanizmi az müddətdə zəif dozada ətraf mühətdən daxil olan Cd, Li, Sr, Co radioaktiv izotoplarını saxlamaq gücünə malikdir.

Elementlər heyvan orqanizmində müxtəlif sadə və mürəkkəb qeyri-üzvi və üzvi birləşmələr şəklində mövcuddur. Onlar aşağıdakı kimi təsvir olunurlar.

***Birinci dərəcəli vacib maddələr*** – zülallar, karbohidratlar, yağlar, lipidlər, su və qeyri-üzvi duzlar hansıki bütün heyvan toxumalarının tərkibində olurlar.

***İkinci dərəcəli maddələr*** – ammoniyak, sidik cövhəri, karbonat turşusu, sidik turşusu, kreatin, qliserin və mübadilə prosesində parçalanan və sintez olunan başqa maddələr.

***Bioaktivatorlar***–fermenlər, hormonlar, vitaminlər, müdafiə funksiyası daşıyan hüceyrələr və başqaları bu sinifə aiddir.

Heyvan hüceyrə və toxumalarının tərkibində rast gəlinən bu maddələr biokomplekslər, ion və kolloid sistem halında mövcuddurlar. Zülalların digər maddələrlə əmələ gətirdiyi mürəkkəb biokomplekslər demək olar ki, orqanizmin bütün toxumalarında rast gəlinir.

Xəstəliklərin biokimyəvi mexanizmi haqqında əldə edilən anlayışlar, onlara qarşı radikal müalicə üsullarının axtarılması üçün geniş imkanlar açır. Onların molekulyar əsasının aydınlaşdırılması bu və digər bioloji prosesin qanunauyğun gedişinin öyrənilməsinə imkan yaradır.

Aşağıdakı cədvəldə heyvan toxumalarında vacib maddələrin faizlə miqdarı verilmişdir.

Cədvəl 2.

Məməlilərin əsas toxuma və bioloji mayelərinin kimyəvi tərkibi  
(orta göstəricisi %-lə)

Maddələr	Toxumalar					
	Eninə uzununa əzələ	Qan	Qaraciyər	Beyin	Dəri	Sümük
Su	72-78	79	60-80	78	66	20-25
Sıxlığı çox olan maddələr	22-28	21	20-40	22	34	75-80
Zülallar	18-20	9	15	8	23	26
Yağlar və lipidlər	3	1	3-20	15-20	7	çox az miqdarda
Karbohidratlar	0,6	0,1	1-15	0,1	izi	izi
Üzvi ekstrativ maddələr	1,0	0,14	çoxlu miqdarda	1-2	izi	çox az
Qeyri-üzvi ekstrativ maddələr	1,0	0,9	çox az miqdarda izi	1,0	0,6	45

1-ci cədvəldən görüldüyü kimi heyvan orqanizminin 96%-dən çoxu 4 element oksigenin, karbonun, hidrogenin və azotun payına düşür. Onlar canlı orqanizmin əsasını təşkil edən əsas üzvi maddələrin (zülalların, karbohidratların, lipidlərin) və suyun tərkibinə daxildir.

2-ci cədvəldə məməlilərin əsas toxuma və mayelərinin kimyəvi tərkibi verilmişdir. 2-ci cədvəldən görüldüyü kimi toxuma və mayelərin əsas kütləsini (78%-ə qədər) su təşkil edir. Sonrakı yerləri sıxlığı çox olan maddələr (40%-ə qədər), zülallar (23%-ə qədər) və yağlar (20%-ə qədər) təşkil edir.

# 1. KARBOHİDRATLAR

Bitki və heyvan orqanizmlərində olan üzvi birləşmələrdən bir qrupu da karbohidratlardır. Bunlara *sulu karbonlar* və ya *qlüsidlər* də deyilir.

Karbohidratlar heyvanlarda az (quru maddənin 2%-i qədər), bitkilərdə isə çox (quru maddənin 80%-i qədər) olur. Karbohidratlar əsas üç elementdən: karbon, oksigen və hidrogen-dən ibarətdir. Bu elementlər molekularda 1:2:1 nisbətində, yəni hər bir karbon atomu iki hidrogen və bir oksigen atomu ( $CH_2O$ ) ilə birləşir. Bu formuladan belə güman etmək olar ki, hər karbon atomuna bir su molekulu uyğun gəlir. Odur ki, triozalar  $C_3H_6O_3$  və ya  $C_3(H_2O)_3$ , tetrozalar  $C_4H_8O_4$  yaxud  $C_4(H_2O)_4$  şəklində də yazıla bilər. Ona görə də bu qrup birləşmələrə *sulu karbonlar* adı verilmişdir. Bu ad isə tam düzgün deyil. Çünki başqa üzvi birləşmələr də vardır ki, onların molekul tərkibləri yuxarıda göstərilən qydaya uyğun gəlir, amma karbohidrat deyildir. Bunlara misal sirkə turşusunu ( $CH_3COOH$ ), süd turşusunu ( $CH_3CHOHCOOH$ ) və s.-ni göstərmək olar. Ancaq *sulu karbon* adı elmdə çoxdan işlədildiyindən ondan hazırda da istifadə edilir.

Karbohidratların tərkibindəki karbon atomlarının sayının axırına “*oza*” şəkilçisi əlavə etməklə onların adı düzəldilir. Məsələn, maddənin tərkibində iki karbon atomu olduqda “*bioza*”, üçdə *trioza*, dördə *tetroza*, beşdə *pentoz*, altıda *heksoza*, çox sayda isə *polioza* adlanır.

Karbohidratlar təbiətdə ən çox yayılmış üzvi birləşmələrdir. Bunların mürəkkəb formalarına daha çox rast gəlinir. Yalnız sellüloza təbiətdə olan bütün üzvi maddələrin yarısından çoxunu təşkil edir. Mürəkkəb karbohidratlar (sellüloza, nişasta, qlikogen, inulin, pentozanlar və s.) monosaxaridlərin bioloji polimerləridir.



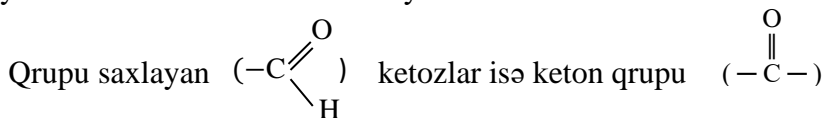
Karbohidratlar mühüm bioloji vəzifə daşıyır. Belə ki, onlar vacib energetik material, ehtiyat qida maddəsi, sementləşdirici maddə sayılır. Bütün canlılar əsasən bunların oksidləşməsindən alınan enerji hesabına fəaliyyət göstərir. Bu birləşmələr bitkilərdə istinad toxuması, insan və heyvanlarda müdafiə, habelə antikoagulyant, antifriz və sürtkü materialı funksiyasını yerinə yetirir. Zəhərli maddələri zərərsizləşdirir. Nuklein turşularının, aromatik amin turşularının biosintezində, hüceyrələrin bir-birilə və xarici mühitlə əlaqəsinin yaranmasında, qan qruplarının spesifikliyində iştirak edir.

Karbohidratlar tərkiblərinə görə 3 qrupa: monosaxaridlərə, oliqosaxaridlərə və polisaxaridlərə bölünür.

## 1.1 Monosaxaridlər

Monosaxaridlər və ya bəsit şəkərlərə, monozaqlar, tərkibində ikidən yeddiyə qədər karbon atomu saxlayan karbohidratlar: bioza, trioza, tetroza, pentoza, heksoza və heptozalar aiddir.

Monosaxaridlər tərkibindəki funksional qruplara görə iki yerə: aldozalara və ketozalara ayrılır. Aldoqlar tərkibində aldehid



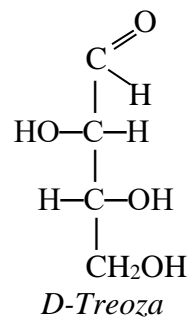
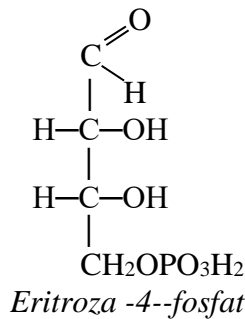
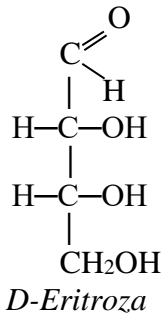
saxlayan monosaxaridlərdir. Bunların fosfat turşusu, pirofosfat turşusu, amin turşuları, sirkə turşusu və bir sıra qeyri turşularla əmələ gətirdikləri mürəkkəb efirləri bioloji cəhətdən çox əhəmiyyətlidir.

**Triozalar.** Triozalar ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) tərkibində üç karbon atomu saxlamaqla aldehid və keton formalarında olur. Aldotriozalara mi-

sal qliserin aldehidi və ketotriozalara-dioksiaseton göstərilə bilər.

Bunlara karbohidratların mübadiləsinin aralıq məhsulları kimi sərbəst və fosfat efiirləri şəklində təsadüf edilir.

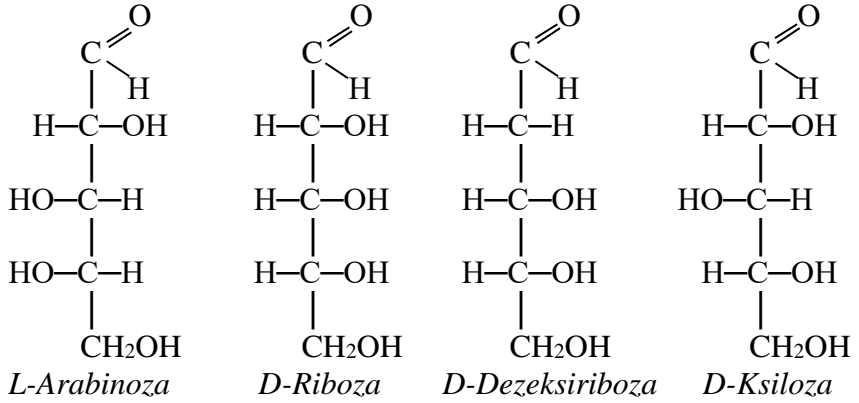
**Tetrozalar.** Tetrozalar ( $C_4H_8O_4$ ) tərkibində dörd karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Onların nümayəndələrindən eritroza və treozanı göstərmək olar. Eritroza aldotetrozalardandır. Buna insan, heyvan və bitkilərdə fosfat turşusunun efiiri (eritroza 4-fosfat) şəklində fotosintez prosesinin və karbohidratların mübadiləsinin aralıq məhsulu kimi təsadüf edilir.



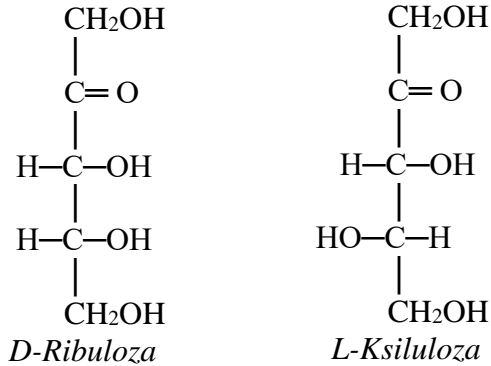
**Pentozalar.** Pentozalar ( $C_5H_{10}O_5$ ) tərkibində beş karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Bunlar da aldopentozalara və ketopentozalara bölünür. Sonunculara pentulozalar da deyilir. Bu da keton qrupu saxlayan monosaxaridlərdə “*oza*” şəkilçisinin “*uloza*” ilə əvəz edilməsindən yaranır.

Aldopentozaların nümayəndələrindən arabinozanı, ribozanı, dezoksiribozanı, ksilozanı və s.-ni göstərmək olar.

Molekul formullarına görə *d*-riboza, *d*-ksiloza və *l*-arabinoza bir-birindən fərqlənir. Dezoksiribozaya ikinci karbon atomuna birləşən hidrosil qrupu hidrogen atomu ilə əvəz edilmiş riboza kimi baxmaq olar.

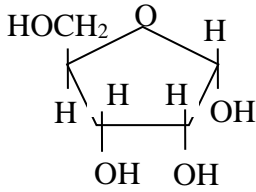


Pentozaların keto-formalarına ribuloza, ksiluloza və başqaları aiddir.

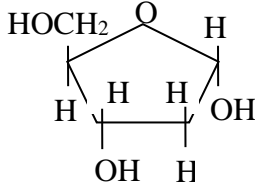


Aldo- və ketopentozalarda heksozalarda olduğu kimi asiklik və siklik formalarda müvafiq proyeksiya və konformasiyalarda təsadüf edilir.

Pentozalar sərbəst və birləşmiş formalarda ən çox bitkilərdə və nisbətən az insanda, heyvanlarda (riboza, dezoksiriboza) olur.



*α-d-riboza*



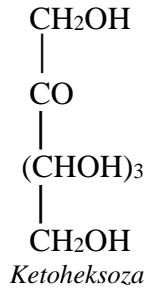
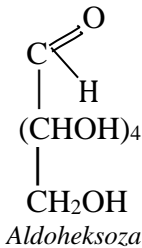
*α-d-dezoksiriboza*

Arabinoza polisaxaridlərdən olan arabanların, ksiloza ksilanların tərkibini təşkil edir.

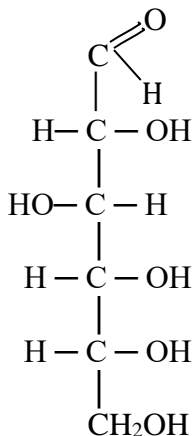
Monosaxaridlərin bioloji cəhətdən çox əhəmiyyətli heksozalar və pentozalardır.

**Heksozalar.** Heksozalar (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) tərkibində altı karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Onlar tərkibində olan funksional qruplara görə iki yerə: aldoheksozalar və ketoheksozalara bölünür.

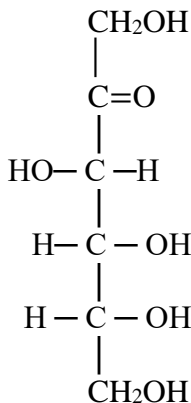
Aldoheksozalar tərkiblərində aldehid qrupu saxlayan və ketoheksozalar isə keton qrupu saxlayan monozalardır.



Aldoheksozlara qlükoza, mannoza və qalaktoza, ketoheksozlara isə fruktoza aiddir. Bunlar həm açıq zəncirli, həm də qapalı zəncirli siklik birləşmələr şəklində olur. Qlükozanın və fruktozanın açıq forması aşağıdakı kimidir:



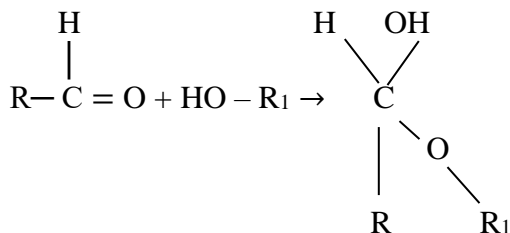
*Qlükozanın açıq və ya aldehid forması*



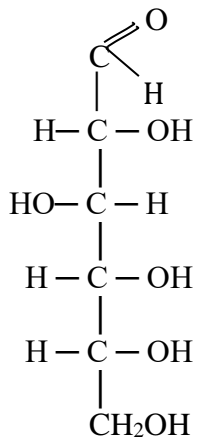
*Fruktozanın açıq və ya keto forması*

Qlükoza və fruktozanın, eləcə də başqa monosaxaridlərin açıq formaları Fişer proyeksiyası da adlanır.

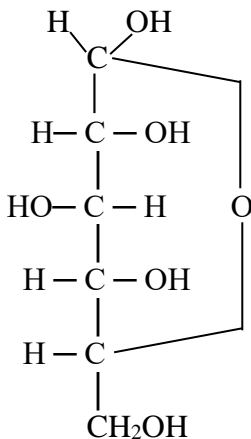
Heksozların qapalı forması poluasetal və ya qlikozid tipli rabitə hesabına yaranır. Poluasetal tipli rabitəni sxematik belə göstərmək olar:



Sxemdən göründüyü kimi sikilləşmə aldehid və spirt qrupları hesabına yaranır. Bunu qlükozanın misalında daha aydın görmək olar. Bu zaman sikilləşmə qlükozanın aldehid qrupu hesabına gedir:



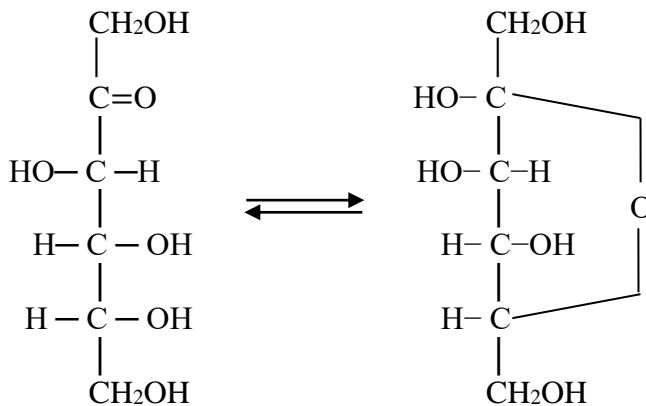
*Qlükozanın açıq forması*



*Qlükozanın qapalı və siklik forması*

Siklləşmiş qlükozaya piranın törəməsi kimi baxmaq olar. Odur ki, əmələ gəlmiş birləşməyə *qlükopiranoza* da deyilir.

Fruktozada siklləşmə ikinci karbonla beşinci karbon arasında yarandığından ona furanın törəməsi kimi baxılır və siklik forması fruktofuranoza adlanır:

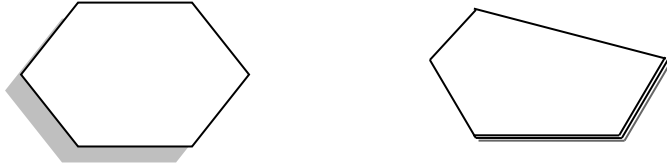


*Fruktozanın açıq forması*

*Fruktozanın qapalı*

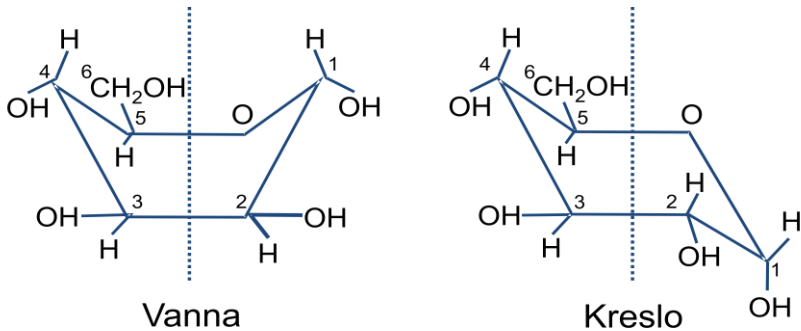
Bütün piranoza və furanozaların, həm də qlükopiranoza və

fruktofuranozanın siklik quruluşlarına *Xeuors proyeksiyası* deyilir. Bu zaman beş və altı bucaqlı halqanı aşağı, oxucuya baxan tərəfi qalın xətlə göstərilir.



Xeuozsun təklifinə görə formulda karbon atomları yazılmır. Monosaxaridin siklik formulu şərti olaraq yatı formada təsvir edilir. Karbon zəncirinin müşahidəçiyə tərəf çevrilmiş çıxıq hissəsi qalın xətlə işarə edilir. Hidroksil qrupları isə yuxarı və aşağı olmaqla karbon atomunun yanında yerləşdirilir.

Fişer və Xeuors proyeksiyaları monosaxaridlərin konformasiyaları-fəza quruluşları barədə məlumat verir. Heksozaların konformasiyası sikloheksanıninkinə bənzədiyindən iki tipdə: kreslo və vanna (qayıq) formasında olur. Bunlara *konformerlər* deyilir.



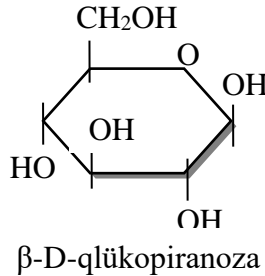
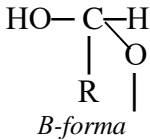
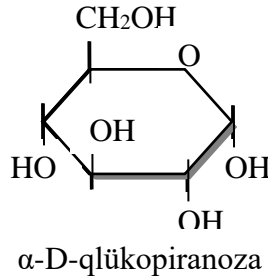
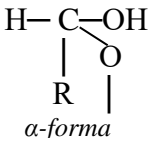
Pirianoza halqasının konformasiyaları.

Molekullar kreslo konformasiyasında vanna formasına nisbətən davamlı olur. Bu göstərilənlər başqa heksozalara da (qalakto-

za, mannoza və qeyriləri) aiddir.

Kreslo formasının davamlı olmasının əsas səbəbi karbon atomlarının bucaq quruluşunun vanna formasına nisbətən  $sp^3$  hibritləşmənin doymuş karbohidrogenlərə oxşamasıdır. Xeyrosun bu formulu hələ də öz əhəmiyyətini itirməmiş və karbohidratların quruluşunu izahında bundan istifadə olunur.

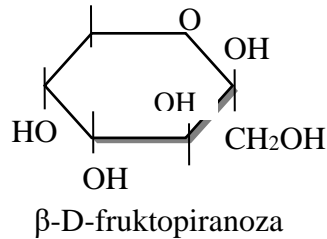
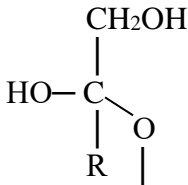
Aldoheksozaların (qlükoza, qalaktoza və mannoza) qapalı formasında birinci karbon atomunun və hidrosil qruplarının yerləşmə vəziyyətindən asılı olaraq onlar iki formada olur. Birinci karbon atomunun yanında hidrogen solda və hidrosil qrupu sağda yerləşdikdə (sis vəziyyətdə) alfa forma və əksinə, hidrosil solda və hidrogen sağda olduqda (trans vəziyyətdə) beta-forma adlanır. Bunu sxematik olaraq qlükozanın misalında belə göstərmək olar:



Fruktozada anomer karbon atomu ikincidir, yalnız  $\beta$ -forma-



da olur.



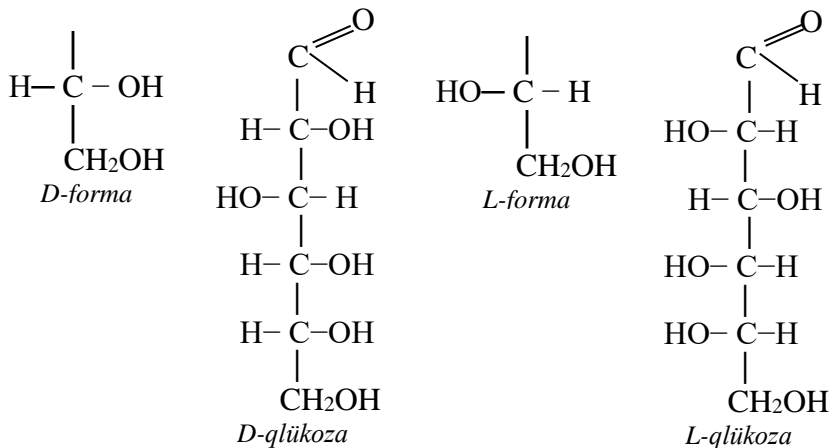
Heksozaların bu formaları *anomerlər* adlanır. Anomer karbon atomunun yanındakı hidroksilə *qlikozid* hidroksili və ya *poluasetal* hidroksili də deyilir. Bu qrupun iştirakı ilə yaranan rabitə isə qlikozid rabitəsi, birləşmələr isə qlikozidlər adlanır. Bunlara misal oliqosaxaridlər, polisaxaridlər və s. göstərilə bilər.

Sulu məhlulda anomerlər asanlıqla bir-birinə çevrilməklə (mutarotasiya) dinamik müvazinət yaradır.

Heksozaların qliserin aldehidində olduğu kimi axırdan ikinci karbon atomunun vəziyyətinə görə iki konfiqurasiyası: *D*- və *L*-formaları da olur. Belə ki, axırdan ikinci (yəni beşinci) karbon atomunun yanında olan hidrogen atomu solda və hidroksil qrupu sağda yerləşdikdə *D*-forma və əksinə olduqda, yəni hidroksil solda və hidrogen isə sağda yerləşdikdə *L*-forma adlanır. Bunu sxematik olaraq qlükozanın misalında göstərmək mümkündür.

Heksozaların tərkibində asimmetrik karbon atomları da olduğundan müvafiq sayda izomerləri vardır, optik fəal birləşmələrdir, polyarizasiya müstəvisini sağa (+*D*) və ya sola (- *L*) fırladır. Optik izomerlərin sayı  $2^n$  formulu ilə hesablanır. *n*-assimetrik karbon atomlarının sayıdır.

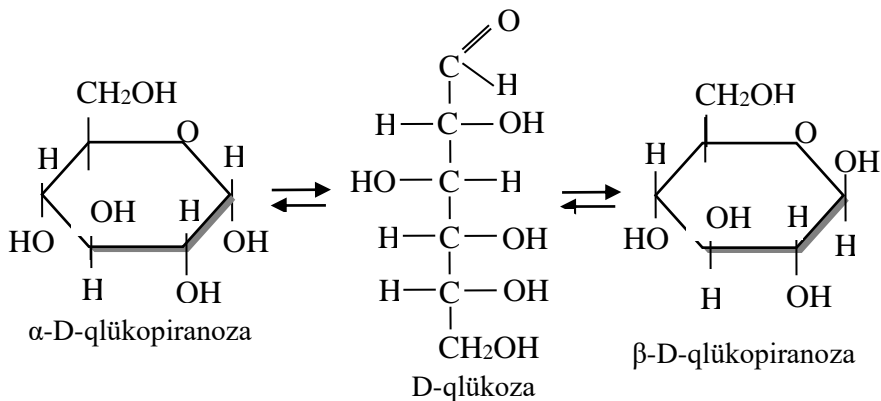
Təbiətdə heksozaların əsasən *D*-formalarına təsadüf edilir. Bunlar ağ kristallik maddələrdir, suda yaxşı həll olur, şirin dad malikdir.



Müxtəlif şəkərlərin şirinlik dərəcələri aşağıdakı kimidir:

Laktoza-16	Ksiloz-40
Rafinoza-23	Qlükoza-74
Qalaktoza-32	Saxaroza-100
Maltoza-32	Fruktoza-173

Heksozalar sulu məhlulda həm açıq, həm də qapalı formada mövcuddur. Bunlardan ən çox siklik formadadır. Məsələn, qlükozanın 37%-ə qədər  $\alpha$ -D-qlükopiranoza, 63%  $\beta$ -D-qlükopiranoza formasında olur.

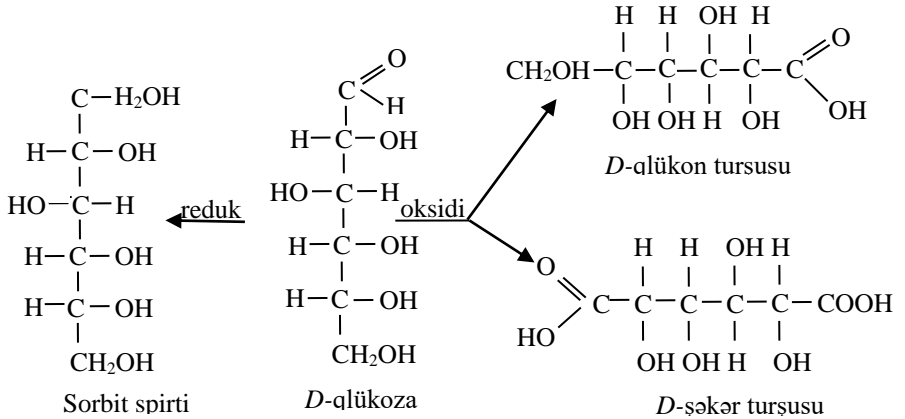


Bu formalar dinamikdir, biri digərinə keçir. Bununla yanaşı məhlulun optik fəallığı da dəyişilir. Dinamik müvazinət yarananda isə stabilləşir.

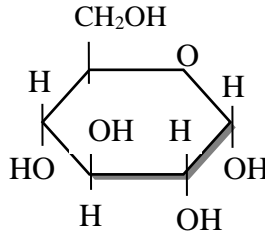
**Heksozaların nümayəndələri. Qlükoza.** Qlükozaya üzüm şəkəri və ya dekstroza da deyilir. Bu aldoheksozalardandır.

Təbiətdə qlükozaya ən çox birləşmiş və az sərbəst halda təsadüf edilir.

Qlükozanın tərkibində aldehid qrupu olduğundan asan oksidləşərək müvafiq turşulara: Qlükon və şəkər turşularına, reduksiyalaşdıqda isə sorbit spirtinə çevrilir.

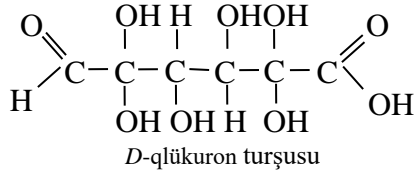


Qlükozanın siklik quruluşu belədir:



Qlükon turşusu aldon turşuları qrupuna, şəkər turşusu (və ya qlükar turşusu) isə aldar turşuları qrupuna aiddir. Aldar turşula-

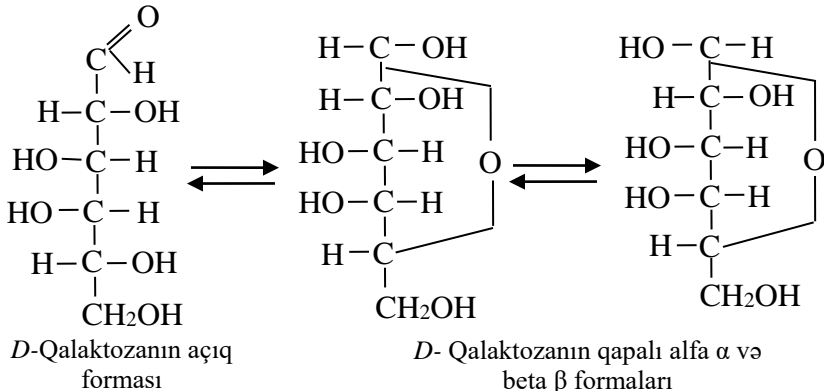
rı həm aldehid, həm də birli spirt qruplarının karboksil qrupuna qədər oksidləşməsi nəticəsinə əmələ gəlir. Qlükozanın ciddi oksidləşməsindən (məsələn, nitrat turşusunun təsiriylə) uron turşularından olan qlükuron turşusu da əmələ gəlir:



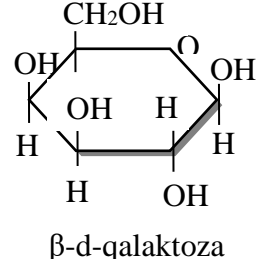
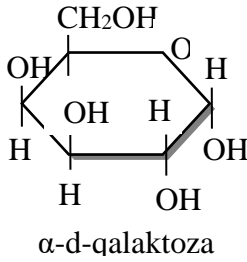
Bu turşular monosaxaridlərdəki birli spirt qrupunun karboksil qrupuna qədər oksidləşməsinin məhsullarıdır.

Təbiətdə qlükoza ən çox birləşmiş və az sərbəst halda təsadüf edilir. Sərbəst halda ən çox üzüm şirəsində (10-15%) olur. Qlükoza birləşmiş halda nişastanın, sellülozanın, hemisellülozanın, qlikogenin və başqa polisaxaridlərin, oliqosaxaridlərdən: şaxarozanın, laktozanın, maltozanın, rafinozanın, staxiozanın və qeyrilərinin tərkibində olur. Sorbitə ən çox meyvələrdə: gavalı, alma, armud, ərik və s. rast gəlinir.

**Qalaktoza.** Qalaktoza aldoheksozalardan olub, açıq və qapalı formalarda təsadüf edilir.



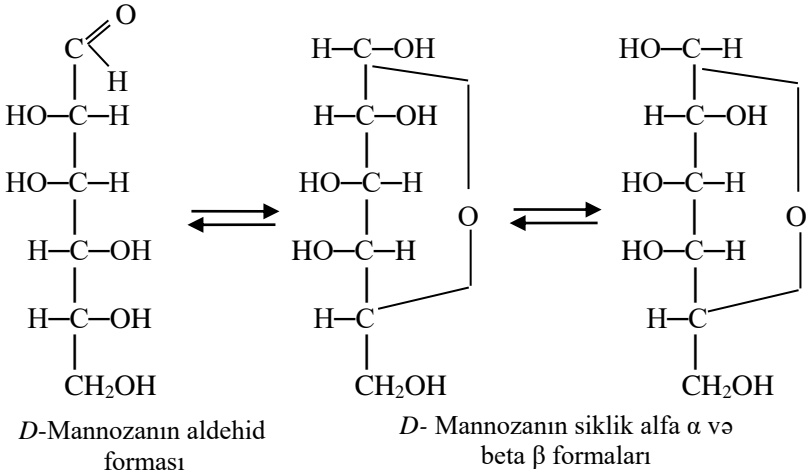
Qalaktozanın siklik quruluşu belədir:



Qalaktozada zəif oksidləşdikdə qalakton turşusuna, kəskin oksidləşdikdə (nitrat turşusunun təsiri ilə) selik turşusuna, reduksiya olunduqda isə dulsit spirtinə çevrilir.

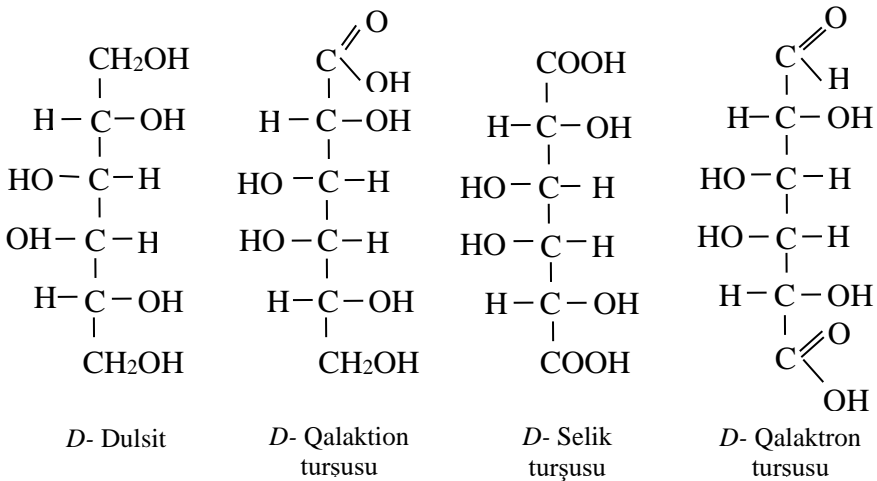
Qalaktoza sərbəst və birləşmiş şəkildə olur. O laktoza, rafiinoza, staxioza və qalaktanların, digitoninin, beyində qlikolipidlərin tərkibində birləşmiş haldadır. Qalaktoza qlükozaya nisbətən az şirindir.

**Mannoza.** Aldoheksozaların nümayəndələrindən biri də mannozadır. Mannoza həm aldehid, həm də siklik formalarda olur:



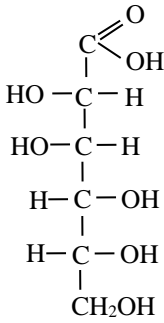
*d*-mannoza da qlükoza və qalaktozadan –H və –OH qruplarının fəzada yerləşməsi ilə fərqlənir. Onun molekulunun ikinci karbon atomunda hidrogen ilə hidrosil qrupunun yerləşməsi qlükozadakının əksinədir. Axırncı 4 və 5-ci karbondada olan OH qrupları qlükozada olduğu kimidir. Bu cür H və OH-ın yerləşməsi monosaxaridlərin kimyəvi xassələrinin fərqli olmasına səbəb olur.

Mannoza bitkilərdə portağalın qabığında, polisaxaridlərdən mannanların tərkibində və s.-də olur.

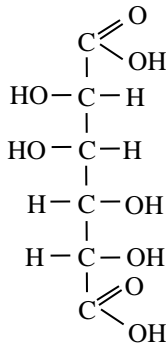


Mannoza zəif oksidləşdikdə mannon turşusuna, kəskin oksidləşdikdə mannoşəkər turşusuna, *D*-mannuron turşusuna və reduksiya olunduqda mannit spirtinə çevrilir.

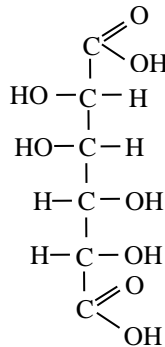
Mannoza bitkilərdə portağalın qabığında, polisaxaridlərdən mannanların tərkibində, mannit isə soğanda, sarı kökdə və ananasda olur. Bitkilərdə, insan və heyvanlarda aldoheksozaların dezoksiformalarına və aminli törəmələrinə də təsadüf edilir.



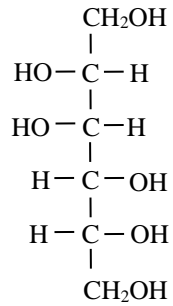
*D*-Mannon  
tursusu



*D*-Manoşəkər  
tursusu



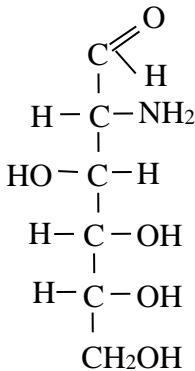
*D*-Mannuron  
tursusu



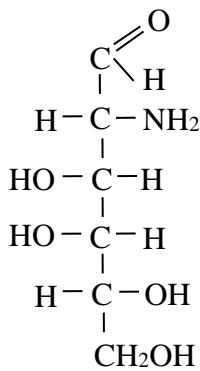
*D*-Mannit

Raminoza və fruktoza pektin maddələrinin tərkibində olur. Raminoza rutinin əmələ gəlməsində də iştirak edir.

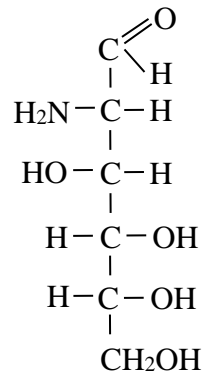
Heksozaların aminli törəmələrinə qlükozamin, qalaktozamin, mannozamin və s. aiddir. Bunlar ikinci karbonun yanındakı hidroksilin amin qrupu ilə əvəz edilməsindən əmələ gəlir.



*D*-Olükozamin



*D*-Qalaktozamin



*D*-Mannozamin

Göstərilən birləşmələrə *aminşəkərlər* də deyilir.

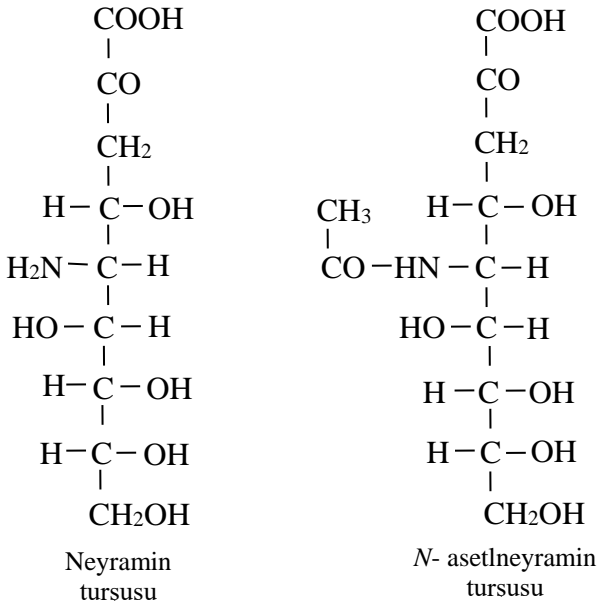
Qlükozaamin hialuron turşusunun tərkibinə daxildir. Qıdır-  
daq toxumasının əsasını qalaktozaaminin polimeri təşkil edir.

Heksozaaminlər mukopolisaxaridlərin tərkibində asetat turşusu ilə birləşmiş şəkildə olur. Aminoşəkərlər kimyəvi xassələrinə görə adi monosaxaridlərdən fərqlənir. Onlar əsasi xassəlidir.

Aminoşəkərlər ən çox mukopolisaxaridlərin (hialuron turşusu və s.) və onların qarışıq biopolimerlərinin tərkibində olur.

Aminoşəkərlər təbiətdə geniş yayılmış üzvi birləşmələrdir.

Aminoşəkərlərin törəmələrindən neyramin turşusu, *N*-asetilneyramin turşusu və s. polisaxaridlərin əmələ gəlməsində tikinti materialı kimi istifadə olunur. Neyramin turşusunun *N*-asetilneyramin törəmələrinə *sial turşuları* da deyilir.

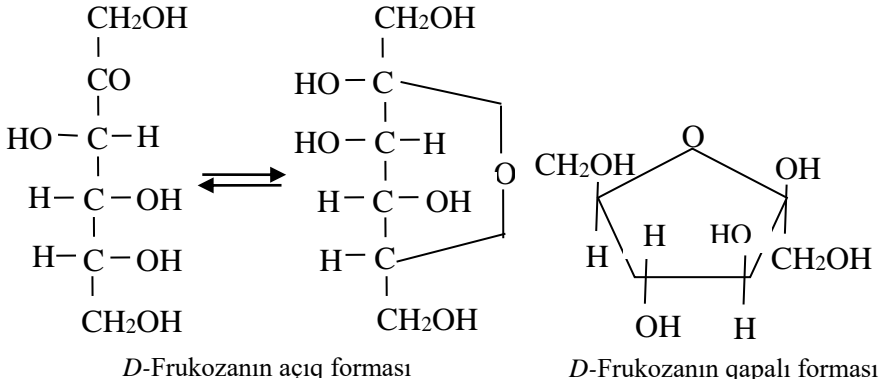


Neyramin turşusu *D*-mannozaminlə piroüzüm turşusunun qalığından və *N*-asetilneyramin turşusu isə neyramin turşusu ilə sirkə turşusunun qalığından ibarətdir.

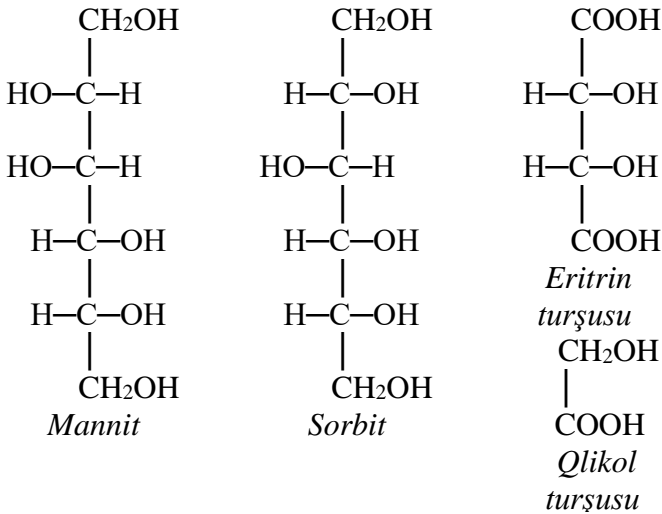
**Fruktoza.** Fruktoza və ya meyvə şəkəri ketoheksozaların nümayəndəsidir. Onun tərkibində aldehid qrupu əvəzinə keton



qrupu vardır. Bu da açıq və qapalı formalarda olur.

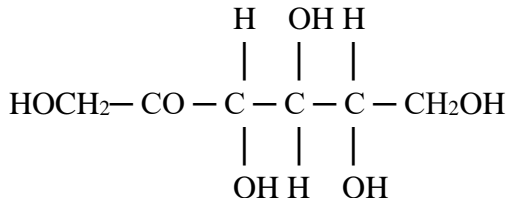


Fruktoza reduksiya olunduqda mannit və sorbit spirtlərinə, oksidləşdikə isə parçalanaraq eritrin və qlikol turşularına çevrilir.



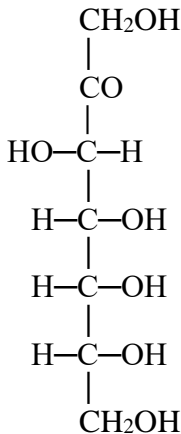
Fruktoza birləşmiş halda saxarozanın tərkibində, polisaxaridlərdən inulində, çoxlu miqdarda meyvələrdə, bitkilərin çiçəyində olan nektarda, georginin yumrularında, sərbəst halda isə üzümün şirəsində və balda olur.

**Sorboza.** Sorboza da ketoheksozalardan olub *L*-formasında təsadüf edilir.

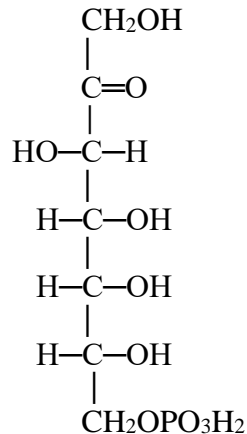


Sorboza sorbit spirtinin oksidləşməsindən əmələ gəlir. Bundan askorbin turşusunun sintezində də istifadə olunur.

**Heptozalar.** Heptozalar ( $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$ ) tərkibində yeddi karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Bunların əhəmiyyətli sedoheptozadır. Bu ketoheptozalara mənsubdur. Hüceyrələrdə karbohidratların çevrilmələrində fosfat turşusunun efiri şəklində əmələ gəlir.



*Sedoheptuloza*

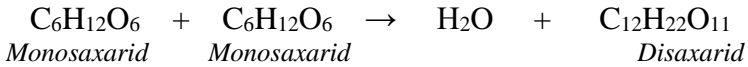


*Sedoheotuloza-7-fosfat*

## 1.2 Oliqosaxaridlər

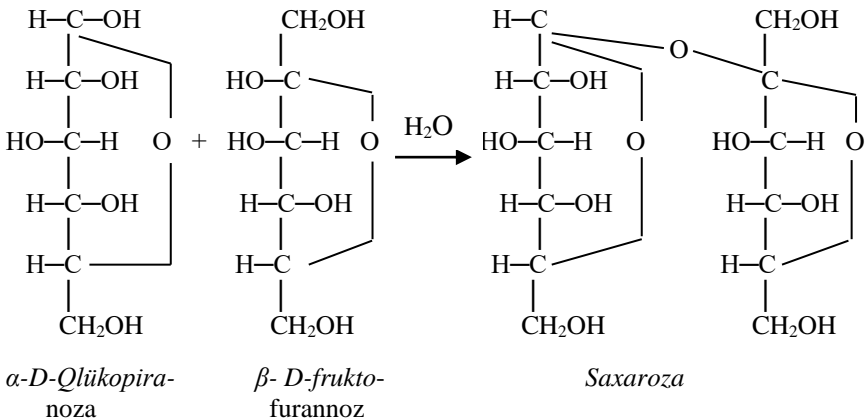
Oliqosaxaridlər iki və daha çox (təxminən 10-a kimi) monosaxaridlərin qalıqından əmələ gəlmişdir. Bunlar tərkiblərinəki monosaxaridlərin qalığının sayından asılı olaraq disaxaridlərə, trisaxaridlərə və s. ayrılır.

**Disaxaridlər.** Disaxaridlər ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) iki eyni və ya müxtəlif monosaxaridin qalıqından əmələ gəlmiş şəkərdir. Onlar eyni zamanda qlikozid hesab olunur. Çünki monosaxaridlərin rabitəsində qlikozid hidrosil də iştirak edir. İki monosaxariddən bir molekul su çıxdıqda oksigen körpüsü vasitəsilə rabitə yaranır və disaxarid əmələ gəlir. Reaksiya sxematik belə gedir:



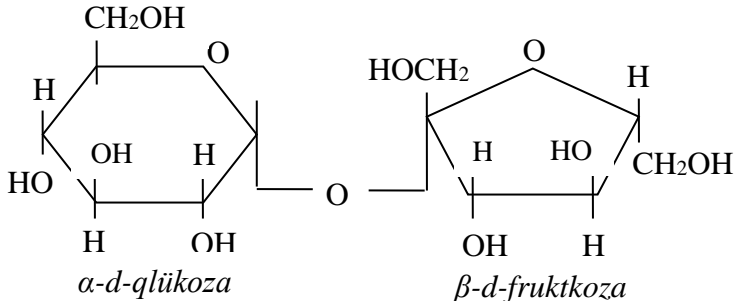
Disaxaridlərə saxaroza, laktoza, maltoza və qeyriləri aiddir

**Saxaroza.** Saxaroza və ya qamış şəkəri qlükoza ( $\alpha$ , *D*-qlükopiranoza) ilə fruktozanın ( $\beta$ , *D*-fruktofuranaza) birləşməsindən qlükozid hidrokidlərinin qlükozid rabitəsi vasitəsilə əmələ gəlmişdir. Onun alınması və kimyəvi tərkibi aşağıdakı kimidir:



Onun miqdarı şəkər çuğundurunda 27%, şəkər qamışının gövdəsində 20%, olur. Başqa bitkilərin yarpaqlarında və meyvələrində çoxlu miqdarda saxarozaya rast gəlmək olur. Saxarozaya həzm sistemində saxarozaya fermentinin təsiri ilə hidrolizə uğrayıb bərabər miqdarda qlükoza və fruktoza əmələ gətirir.

Saxarozada, reaksiyadan göründüyü kimi, qlükoza  $\alpha$ , D-qlükopiranoza, fruktoza isə  $\beta$ -D-fruktofuranaza kimidir. Ona görə qamış şəkərinə 1, $\alpha$ , D- qlükopiranozil- 2  $\beta$ , D- fruktofuranozid də deyilir.



Qamış şəkəri (saxarozaya) felinq mayesini reduksiya etmir, reaksiya mənfə nətəcə verir. Çünki onun molekulunda sərbəst aldehid və keton qrupu yoxdur.

Saxarozanın tərkibində asimmetrik karbon atomları olduğundan optik fəaldır.

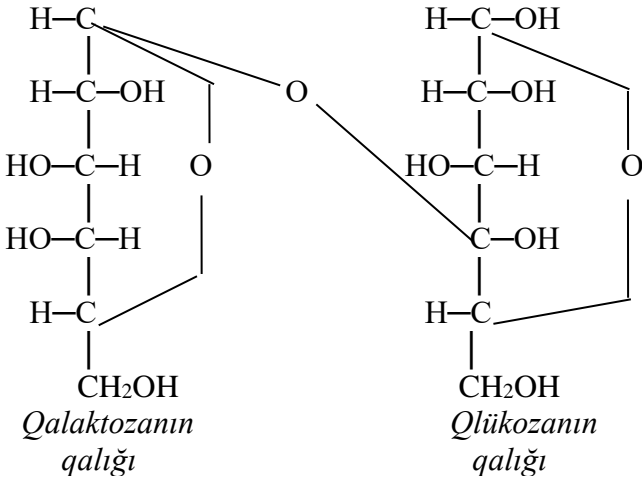
Polyarizasiya müstəvisinin 66,5<sup>0</sup> sağa fırladır. Müxtəlif amillərin (fermentlər, turşular və s.) təsirindən parçalandıqda yəni dən qlükoza və fruktozaya ayrılır, invertləşmiş şəkər əmələ gəlir. Ona görə də polyarizasiya müstəvisini sağa çevirmədən sola çevirmə daha qüvvətli olur. İnversiya fırlatma istiqaməti dəyişmiş, çevrilmiş deməkdir. Bu termin bəzən ümumiyyətlə, disaxaridlərin, trisaxaridlərin (poliozaların) hidroliz olunaraq monosaxaridlərə çevrilməsini ifadə etmək üçün işlənir.

Saxaroza əsasən şəkər qamışından alınır. Sonuncuda saxarozanın miqdarı 14-26%. Şəkər çuğundurunda isə 16-20% təşkil edir. Üzümdə saxaroza az: 0,2-1,5% olur.

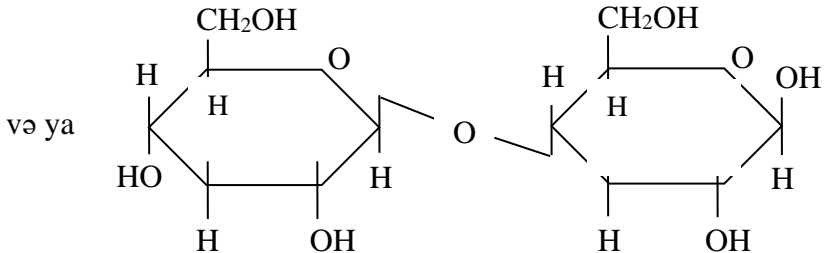
Saxaroza şəkər çuğundurundan da alınır. Bu isə ən çox Ukraynada, Qırğızıstanda, İranda və s. ölkələrdə əkilir.

**Laktoza.** Laktozaya *süd şəkəri* də deyilir. Bu disaxarid  $\alpha$ -D-qlükoza ilə  $\beta$ -D-qalaktozanın qalığından ibarətdir. Odur ki, hidroliz etdikdə qlükozaya və qalaktozaya ayrılır.

Laktozada göstərilən monosaxaridlərin rəbitəsi qalaktozanın birinci karbonu ilə qlükozanın dördüncü karbonu arasında yaranır.

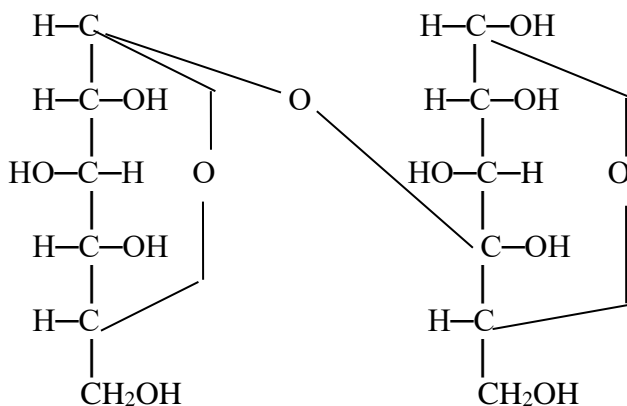


Onun quruluş formulu aşağıdakı kimidir:

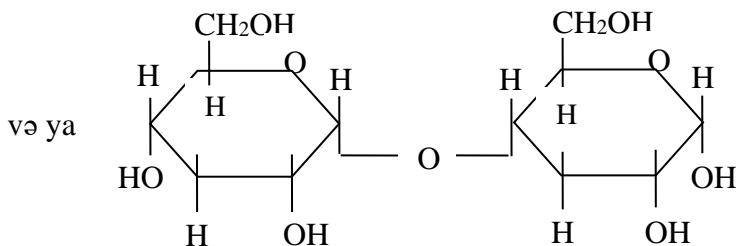


Süd şəkəri optik fəaldır, az şirindir. Felinq mayesini reduksiya edir. Laktoza əsasən insan və heyvanların südündə olub, 4-7% arasında dəyişir.

**Maltoza.** Maltoza nişastanın və qlikogenin fermentativ hidrolizi zamanı əmələ gəlir. Maltoza və ya səməni şəkəri də disaxaridlər-dəndir. O, iki molekul  $\alpha$ -D-qlükozanın qalığından ibarətdir. Bunların rabitəsi isə birinci və dördüncü karbonlar arasındadır.



*Maltoza*



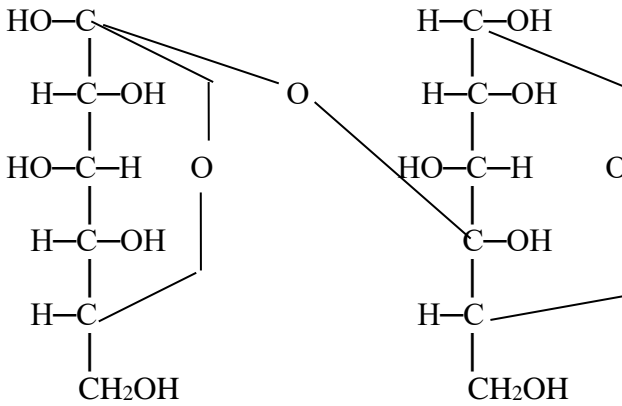
Maltozaya  $\alpha$ , D-qlükozid-D-qlükoza və ya 4- $\alpha$ -D-qlükopiranozid-1,  $\alpha$ , -D-qlükopiranozid də deyilir. O, saxarozaya nisbətən az şirindir. Felinq mayesi ilə müsbət reaksiya verir.

Optik fəaldır, polarizasiya müstəvisini  $130,4^0$  sağa döndərir.

Maltoza (və ya səməni şəkəri) ən çox nişastanın tərkibində olur.

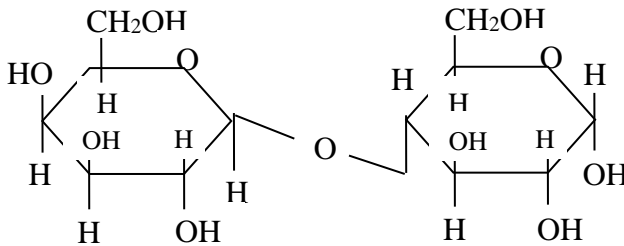
**Sellobioza.** Sellobioza iki molekul  $\beta$ -D qlükozadan əmələ gəlir. Buna  $4$ - $\beta$ , D-qlükozid-qlükoza da deyilir.

Sellobiozada qlükozanın rəbitəsi birinci və dördüncü karbonlar arasında gedir. Optik fəaldır.



*Sellobioza*

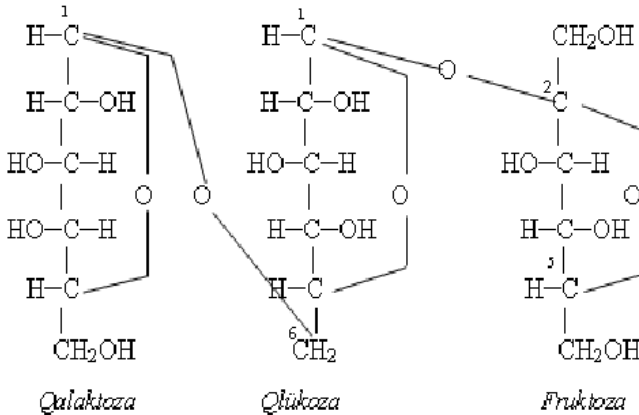
Sellobioza birləşmiş halda sellülozanın tərkibində olur.



**Trisaxaridlər.** Trisaxaridlər ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ) üç molekul monosaxariddən iki molekul suyun kənar edilməsi ilə əmələ gəlir. Mono-

saxaridlər oksigen rabitəsi ilə bağlanır. Trisaxaridlərin nümayəndələrindən rafinozanı və melesitozanı göstərmək olar.

Rafinoza üç molekul monosaxariddən: qlükoza, fruktoza və qalaktozadan əmələ gəlir. Rafinoza invertazanın təsiri ilə hidroliz olunub melibioza adlanan disaxarid və  $\alpha$ -fruktoza əmələ gətirir. Onun düsturu aşağıdakı kimidir:



Rafinoza az şirindir. Felinq mayesini reduksiya etmir, optik fəaldır. Rafinoza ən çox şəkər çuğundurunda və pambığın toxumunda olur.

**Tetrasaxaridlər.** Tetrasaxaridlərin nümayəndəsi staxiozadır  $C_{24}H_{42}O_{19}$ . Bu 4-monosaxaridin: iki molekul qalaktozaya, bir molekul qlükoza və bir molekul fruktozanın qalığından əmələ gəlir. Felinq mayesi ilə mənfi nəticə verir.

Staxioza ən çox noxudda, soyada, mərciməyin toxumunda və s. olur.

### 1.3 Polisaxaridlər.

Polisaxaridlərə *qlikanlar* və ya *poliozalar* da deyilir. Bunlar



çox sayda monosaxaridlərin qalığında əmələ gəlirlər, onların polikondensasiyasının məhsullarıdır, biopolimerlərdir.

Polisaxaridləri ayırmaq və təmizləmək üçün müxtəlif üsullardan: ekstraksiya, çökdürmə, elektroforez, xromotoqrafiya, dializ, ultrafiltrasiya və qeyrilərindən istifadə olunur.

Polisaxaridlər tərkibindəki monosaxaridlərin eyniliyindən və müxtəlifliyindən aslı olaraq 2 qrupa: homopolisaxaridlərə və heteropolisaxaridlərə bölünür. Homopolisaxaridlər eyni monosaxaridlərdən, heteropolisaxaridlər isə müxtəlif monosaxaridlərdən əmələ gəlir.

Polisaxaridlər təbiətdə ən çox bitgilər aləmində yayılmışdır. Onlar üzvi birləşmələrin yarısından çoxunu təşkil edir. Bunlara insan və heyvanlarda da təsadüf edilir.

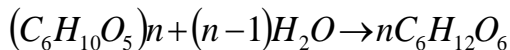
Polisaxaridlər bir sıra fizioloji funksiyalar yerinə yetirir: onlar (məsələn, nişasta, qlükogen) energetik material vəehtiyat maddələri sayılır. Bunların bəzi törəmələri müdafiə vəzifəsi daşıyır.

### ***1.3.1 Homopolisaxaridlər***

Homopolisaxaridlər hidroliz olunduqda bir növ monosaxaridlərə ayrılır. Bunların empirik tərkibi  $(C_6H_{10}O_6)_n$  kimi yazılır.

Homopolisaxaridlərə nişasta, qlükogen, sellüloza, inulin və qeyriləri aiddir.

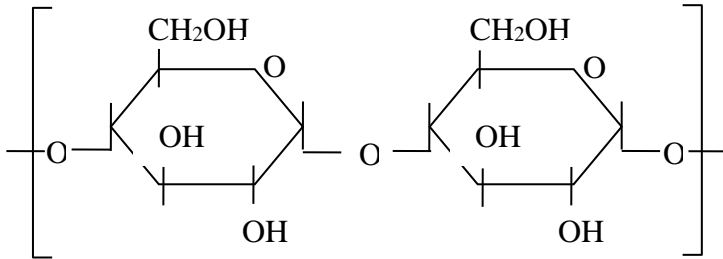
**Nişasta.** Nişasta mürəkkəb homopolisaxariddir. Suda həll etdikdə kolloid məhlul əmələ gətirir. Nişasta hidroliz olunduqda əvvəlcə bir sıra aralıq məhsullara (dekstrinlərə) və ən nəhayət qlükozaaya ayrılır. Reaksiya sxematik belə gedir:



Burada  $n$ —nişasta molekulundakı qlükoza qalıqlarının sayını göstərir. Onun qiyməti 3-6 min arasında tərəddüd edir. Nişasta iki maddədən: amiloza və aminopektindən ibarətdir. Amiloza aminopektinə nisbətən bəsit maddədir, suda yaxşı həll olur. Amilozanın molekul kütləsi 100 mindən 600 minə qədər, aminopektininki isə 1 milyon çadır.

Nişastanın molekul kütləsi, adətən, bir neçə milyona çadır.

Amiloza zəncirində  $\alpha$ -D-qlükopiranoza qalıqları bir-biri ilə birinci və dördüncü karbonlar arasında  $\alpha$ -1,4 rabitələr hesabına birləşir, şaxələnmə olmur.

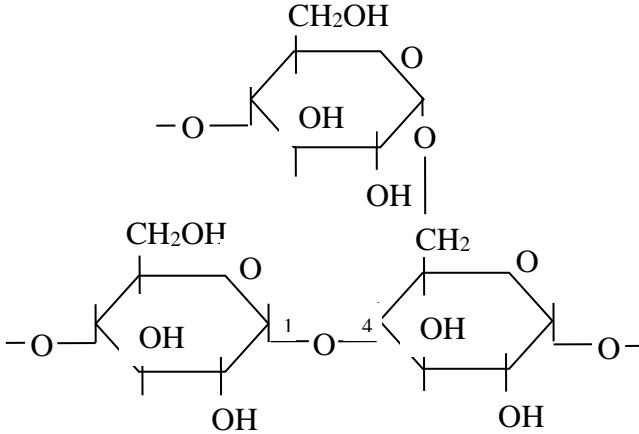


Amilopektinin tərkibində isə monosaxaridlərin qalıqları bir-birilə birinci və dördüncü karbonlarla  $\alpha$ -1,4 rabitə ilə yanaşı, birinci və altıncı karbonlar arasında da  $\alpha$ -1,6-qlükozid rabitələri yaratmaqla çox şaxələr verir. Son zamanlar müəyyən edilmişdir ki, amilopektində hər 8-12 qlükoza qalığından bir şaxə verir. Şaxələrdə isə orta hesabla 12 qlükoza qalığı vardır.

Bitkilərdə nişasta ehtiyat qida maddəsi kimi toplanır. Bu yem bitkilərinin əsas tərkib hissələrindəndir, ən çox dənli bitkilərdə (düyüdə 60-80%, buğdada 60-70%, qarğıdalıda 65-75%), soğanaqlarda, kök yumrularında (kartofda 12-20%) olur.

Müxtəlif bitkilərin nişastasında amiloza ilə amilopektinin nisbəti eyni deyildir. Nişastanın 15-25% amiloza, 75-85%-i isə amilopektin təşkil edir. Amilopektin ən çox qarğıdalı, düyü, arpa

nişastasında olur. Noxudda, qarğıdalının bəzi növlərində isə nişastanın 50-75% amilozadan ibarətdir.



**Qlikogen.** Qlikogen heyvan nişastası da adlanır. Bu da homopolisaxariddir. Qlikogen hidroliz olunduqda çox sayda qlükozaya ayrılır. Molekul kütləsi bir neçə yüz mindən 100 milyona yaxın və daha çoxdur. Bunda da amilopektində olduğu kimi  $\alpha$ -D qlükopiranoza qalıqları  $\alpha$ -1,5 və  $\alpha$ -1,6 qlikozid rabitələri ilə birləşməklə, şaxələnmişdir. Şaxələnmə orta hesabla hər 8-10 qlükoza qalığından bir başlanır. Yan zəncirlərdə 6-12 qlüloza qalığı vardır.

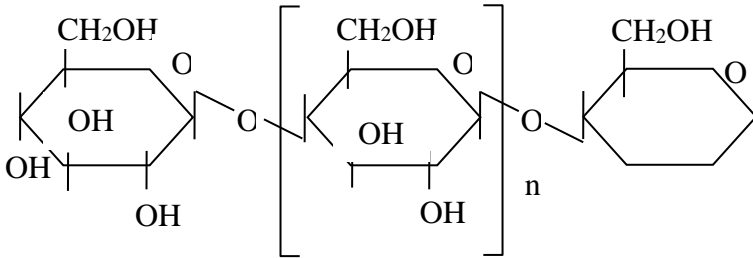
Qlikogendə şaxələnmə daha çoxdur.

Qlikogen yüksək polidispers maddədir, isti suda yaxşı həll olur, hidrofil kolloiddir. Optik fəaldır, polyarizasiya müstəvisini  $196,6^\circ$  sağ fırladır, molekulunun forması sferik quruluşa yaxındır.

Qlikogen ən çox insan və heyvanların qaraciyərində (20%-ə qədər) və müəyyən miqdarda əzələlərində (4%) və başqa üzvlərində olur.

**Sellüloza.** Sellüloza bitki aləmində ən geniş yayılmış homopolisaxariddir. Karbon birləşmələrinin yarıdan çoxunu sellüloza təşkil edir. Bu ən çox kətanda (80-90%), çətənədə, samanda, bitkilərin oduncağında (40-50%) və pambığın lifində (90-98%) olur. Bitkilər ildə  $10^{11}$  tona yaxın sellüloza sintez edir. Bitkilərdə sellüloza başqa karbohidratlarla (hemisellüloza, liqinin və s.) birlikdə olur.

Sellüloza hidroliz edilərkən D-qlükozanın  $\beta$ -forması əmələ gəlir. Sellülozanın molekulyar kütləsi 10-20 milyon arasında dəyişir, qlükoza qalıqlarının miqdarı 3000-dən 10 000-ə qədər olur və zəncirvari şaxələnidir. Qlükoza qalıqları biri digəri ilə birinci və dördüncü karbonlar arasında  $\beta$ -1-4 qlükozid rabitələri hesabına birləşir.



Sellüloza mikrofibrillər şəklində bitki hüceyrələri divarının əsas quruluş materialı sayılır.

Sellüloza müxtəlif kimyəvi təsirlərə çox davamlıdır. Yalnız şvesyser reaktivində (mis-ammonyak kompleksi) həll olur.

**İnulin.** İnulin homopolisaxariddir. Suda yaxşı həll olur. Molekulyar kütləsi 5-6 min arasındadır. Hidroliz olunduqda  $\beta$ -D-qlükopiranozaya ayrılır. İnulinin molekulunda fruktozaların əlaqəsi birinci karbonla ikinci karbon arasında yaranır.

**Lixenin** şibyələrdə olan homopolisaxariddir. Molekulyar küt-

ləsi 10-40 min olur. Hidroliz olunduqda  $\beta$ -D-qlükopiranozaya ayrılır. Qlükoza molekullarının əlaqəsi birinci və dördüncü karbonlar arasında yaranır. Bu polisaxarid şimal maralları üçün əsas yem sayılır.

Aqar-aqar yosunlarda olan polisaxariddir. Hidroliz olunduqda qalaktozanın D- və L-formalarına ayrılır.

Dekstranlar bakterioloji mənşəli şaxəli polisaxariddir. Bunların özlülüyü və osmotik xassələri qanına yaxın olduğundan və toksiki təsir göstərmədiklərinə görə qismən depolimerləşdirilərək qanplazmasının əvəzediciləri kimi işlənir. Bunlarda antigenlik xassəsi də vardır. Dekstranlar sənaye üsulu ilə külli miqdarda istehsal olunur.

Dekstranlar da D-qlükozanın polimerləridir. Bunlarda qlükoza qalıqları birinci və altıncı karbonlar vasitəsilə ( $\alpha$ -1-6-rabitələri) birləşir.

**Pentozanlar.** Pentozanlar pentozaların biopolimerləridir. Bu qrup polisaxaridlərə arabanlar, ksilanlar və qeyriləri aiddir.

**Arabanlar** hidroliz olunduqda L-arabinozaya ayrılır. Arabanlar suda yaxşı həll olur. Molekul kütlələri 6000-ə yaxındır.

**Ksilanlar** ən çox bitkilərin oduncağında olan  $(C_5H_8O_4)_n$  polisaxaridlərdir. Bunlar samanda, bitkilərin budaq hissələrində və az miqdarda üzüm şirəsində də olur. Hidroliz olunduqda  $\beta$ -D-ksilozaya ayrılır. Molekulda  $\beta$ -1,4-qlikozid rabitələri ilə birləşmişdir.

### 1.3.2 Heteropolisaxaridlər

Heteropolisaxaridlər müxtəlif növ monosaxaridlərdən əmələ gəlmiş karbohidratlardır. Bunlara hemisellüloza, pektin

maddələri və qeyriləri aiddir.

**Hemisellülozanın** hidrolizi nəticəsində müxtəlif monosaxaridlər (qlükoza, qalaktoza, fruktoza, mannoza, arabinoza, ksiloza) əmələ gəlir. Bu polisaxarid hüceyrənin divarında ehtiyat kimi olur.

Pektin maddələri də heteropolisaxaridlərin nümayəndəsidir. Bunların hidrolizi zamanı müxtəlif monosaxaridlər: arabinoza, qalaktoza, raminoza, ksiloza, fruktoza ayrılır. Pektin maddələrində çoxlu miqdarda qalakturon turşusundan əmələ gəlmiş poliqaalakturon turşusu və ya pektin turşusu da olur. Burada  $\alpha$ -D-qalakturon turşusunun qalıqları arasında rabitə birinci və dördüncü karbonlar arasında  $\alpha$ -1-4-qlikozid əlaqələri hesabına yaranır.

Pektin maddələrinə ən çox meyvələrdə, giləmeyvələrdə, liflərdə təsadüf edilir.

Selik də heteropolisaxaridlərdəndir. Ona **k i t r ə** deyilir. Bu polisaxarid bitkilər zədələndikdə əmələ gəlir. Suda həll olmur, şişib kolloid məhlul əmələ gətirir. Kitrə hidroliz etdikdə D-qalaktozaya, D-qlükuron turşusuna, arabinozaya və raminozaya ayrılır.

Selik yoncada, çovdarda, kətanda, meyvə ağaclarında olur.

**Qalaktomannanlar** tərkiblərində qalaktoza və mannoza (1:2) saxlayan heteropolisaxaridlərdəndir. Bunların nümayəndələrindən qararı göstərmək olar.

**Qlükomannanlar** da polisaxaridlərdəndir. Bunların nümayəndəsi eremurandır. Eremuran bizim ölkəmizdə də vardır. Bunun hidrolizi zamanı qlükoza və mannoza alınır. Mannoza almaq üçün yaxşı mənbədir. Eremuran çox gözəl emulqatordur, qismən hidrolizdən sonra qanın əvəzedicisi kimi də işləyə bilər.

**Mukopolisaxaridlər.** Mukopolisaxaridlər heteropolisaxaridlər qrupuna aiddir. Bunlardan turş mukopolisaxaridlərə aşağıdakılar aiddir: hialuron, xondroitin-kükürd, xondrontinsulfat tur-

şuları, heparin və s. Bunlar hidroliz olunduqda heksozalara, heksozaminlərə, heksuron turşularına, sirkə turşusuna, sulfat turşusuna və s. ayrılır.

Mukopolisaxaridlərə birləşdirici toxumada, gözün şüşəvari cismində, sinovial mayesində, toxuma və hüceyrələrarası maddələrin tərkibində, qaraciyərdə, selikdə rast gəlinir. Bunlar boy prosesində, mayalanmada iştirak edir və yapışdırıcı xassəyə malikdir.

**Hialuron** turşusu turş mukopolisaxaridlərdəndir, hidroliz olunduqda qlükozaminə, sirkə turşusuna, qlükuron turşusuna ayrılır. Onun tərkibində N—asetilqlükozaminlə qlükuron turşusunun qalığı birinci və dördüncü karbonların  $\beta$ —1—14 rabitəsilə birləşir.

Hialuron turşusunun molekul kütləsi bir neçə yüz mindən bir neçə milyona yaxındır. Məhlulunun özlülüyü çox yüksək olur. Hialuron turşusu toxumalarda (gözün şüşəvari cismində, dəridə) və bioloji mayelərdə (sinovial mayesində, qan plazmasında) zülallarla birləşmiş şəkildə olur. Hialuron turşusu sinoviya mayesinə sürüşkənlik xassəsi verməklə, oynaqlarda zərbəni zəiflətmək qabiliyyətinə malik olub, hüceyrələri bir-birinə birləşdirir.

A,— və C—xondroinsulfatlar sulfatlaşmış N—asetil-D—qalaktozamin və D qlükuron turşusunun qalıqlarından əmələ gəlmiş zəncirvari polimerlərdir. Bunlar qalaktozamində sulfat turşusunun vəziyyətinə görə fərqlənir. A xondroitinsulfatda sulfat turşusunun qalığı qalaktozamində dördüncü karbonun yanındakı hidroksili, C—xondroitin—sulfatda isə altıncı karbonun yanındakı hidroksili əvəz etmişdir.

B-xondroitinsulfat (və ya dermatansulfat) bunlardan D—qlükuron turşusu əvəzinə L—induron turşusunun olması ilə fərqlənir.

Xondroitinsulfatlar çox da irimolekullu birləşmələr deyildir.

Onların molekul kütləsi adətən 50-100 min arasında dəyişir.

Xondroitinsulfatlar qığırdaq toxumasının əsasını təşkil edir.

Heparinin tərkibinə D—qlükozamin, D—qlükuron turşusu və sulfat turşusu daxildir. Onun molekulyar kütləsi 10-20 minə yaxındır.

Heparin ən çox qaraciyərdə, ağciyərdə, əzələlərdə, qan və limfada olur. O qanın ən bioloji fəal spesifik antikoagulyantıdır. Odur ki, trombozun müalicəsində və s.-də işlənir.

Neytral mukopolisaxaridlərdə qlükuron və sulfat turşuları olmur. Onlarda fruktozaya, sial turşularına (N—asetilneyramin turşusu) rast gəlinir. Zülallarla birləşmiş şəkildə (mukoproteidlər) bütün üzv və toxumalarda, xüsusən selikdə və s.-də olur. Son zamanlar karbohidratların qarışıq polimerləri də müəyyən edilmişdir. Bunlar qlükopeptidlər, qlükolipidlər və lipoqlükoproteidlərdir. Qlükopeptidlərin tərkibində karbohidratlardan başqa aminoturşuları da vardır. Qlükolipidlərin tərkibində isə karbohidratlarla yanaşı yağ turşuları da olur. Lipoqlükoproteinlərin tərkibində isə karbohidratlarla bərabər yağ turşuları, aminoturşuları və lipoidlərə də təsadüf edilir.

## Mövzuya aid suallar

1. Bitki, heyvan və insan orqanizmində karbohidratların yayılmasını xarakterizə edin.

2. Monosaxaridlərin aldo və keto formalarını göstərin.

3. İnsan və heyvan orqanizmində əsas əhəmiyyətli monosaxaridlər hansılardır?

4. Disaxaridlərin quruluşu və bioloji rolu haqqında məlumat verin.

5. Homo və heteropolisaxaridlərin əhəmiyyətli nümayəndələrinin kimyəvi tərkibi və bioloji rolunu göstərin.

6. Monosaxariddə asimmetrik karbon atomunun vəziyyətini



izah etməli.

7. Karbohidratların şirinlik dərəcəsini xarakterizə edin.

8. Karbohidratlar orqanizmdə ehtiyat şəklində hansı ən çox birləşmə şəklində toplanırlar?

9. Heteropolisaxaridlərin, mukopolisaxaridlərin nümayəndələrinin və onların bioloji rolunu izah etməli.

## II FƏSİL

### 2. LİPİDLƏR

#### *2.1. Lipidlərin təsnifatı və biokimyəvi xüsusiyyətləri.*

*Lipidlər*-ali yağ turşularının, spirtlərin, aldehidlərin təbii üzvi törəmələridir. Lipidlərə yağlar və yağabenzər maddələr aiddir. Lipidlər energetik maddələrdir. Onlar insan və heyvanlarda ehtiyat qida maddəsi kimi toplanır. Bitkilərdə ən çox pambıqda, soyada, günəbaxanda, xaşxaşda və s.-də olur. İnsan və heyvanda yağlar xüsusi yağ hüceyrələrində, dərialtı qatda, daxili üzvlərin pərdəsində və s.-də toplanır. Onlar oksidləşdikdə karbohidrat və zülallardan iki dəfə çox enerji verir. Ancaq hüceyrə protoplazmasının tərkibində olan (protoplazmatik yağlar) yağların miqdarı sabit qalır, hətta aclıq və piylənmə hallarında da heç bir dəyişikliyə uğramır. Lipidlər suda həll olmurlar, əsasən zülal və karbohidratlarla birlikdə biokimyəvi komplekslər şəklində hüceyrə membranının quru maddənin 60 %-ə qədərini təşkil edirlər. Lipidlərin kompleks birləşmələri orqanizmin böyüməsi, əzələ və sinir fəaliyyəti həmçinin laktasiya üçün mühüm rol oynayır. Lipidlər suda həll olmayan (*A*, *D*, *E* və *K*) vitaminləri həll edərək onları orqanizm tərəfindən mənimsənilə bilən şəkildə salaraq, vitaminlərin orqanizmin müxtəlif toxumalarına keçirilməsini təmin edir. Lipidlər mexaniki funksya da yerinə yetirir. Yağlar istiliyi pis keçirdiyindən orqanizmi soyuqdan qoruyur, həmçinin elastiklik xassəsi xarici zərbəni azaldır. Lipidlər iki qrupa: sadə və mürəkkəb lipidlərə bölünür. Sadə lipidlərə neytral yağlar, mumlar və steridlər aiddir. *Lipidlərin hidrofob xassələri*-tərkibində olan yağ turşularının, spirtlərin, aldehidlərin miqdarından və quruluşundan asılıdır.

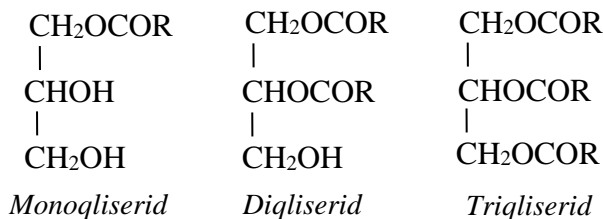
Cədvəl 4.

## Təbii lipidlərin hidrofob komponentləri

Karbon atomlarının sayı	Adı	Formulu
Doymuş normal yağ turşuları		
4	Butan turşusu (yağ turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
6	Heksan turşusu (kapron turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
8	Oktan turşusu (kaprin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
10	Dekan turşusu (kapril turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
12	Dodekan turşusu (laurin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
14	Tetradekan turşusu (miristin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
16	Heksadekan turşusu (palmitin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
18	Oktadekan turşusu (stearin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
20	Eykozan turşusu (araxın turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
22	Dokozan turşusu (bekon turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
24	Tetrakozan turşusu (liqnoserin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$
26	Heksakozan turşusu	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$
28	Oktakozan turşusu	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{COOH}$
30	Triakontan turşusu (melisin turşusu)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{COOH}$
Doymamış yağ turşuları		
4	2-buten turşusu (karton turşusu)	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$
16	9-Heksadekan turşusu (palmiton-olein turşusu)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-$ $-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
18	9-Oktadekan turşusu (olein turşusu)	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$
22	13-Dokozan turşusu (eruk turşusu)	$\text{C}_{21}\text{H}_{41}\text{COOH}$
24	15-Tetrakozan turşusu (nervon turşusu)	$\text{C}_{23}\text{H}_{45}\text{COOH}$
18	6,9-Oktadekadien turşusu (linol turşusu)	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$
20	8,11-Eykozadien turşusu	$\text{C}_{19}\text{H}_{33}\text{COOH}$
18	6,9,12-Oktadekatrien (lionolein turşusu)	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$
18	9,12,15-Oktadekatrien turşusu (linolein turşusu)	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$
20	5,8,11,14 Eykozatetraen turşusu (jaraxidon)	$\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$
18	6,9,12,15 Oktatetraen turşusu (rasinal turşusu)	$\text{C}_{17}\text{H}_{27}\text{COOH}$
20	8,11,14,17 Eykozatetraen turşusu (araxidon turşusu)	$\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$
22	4,7,10,13,16,19 Dokozahexaen turşusu	$\text{C}_{21}\text{H}_{31}\text{COOH}$

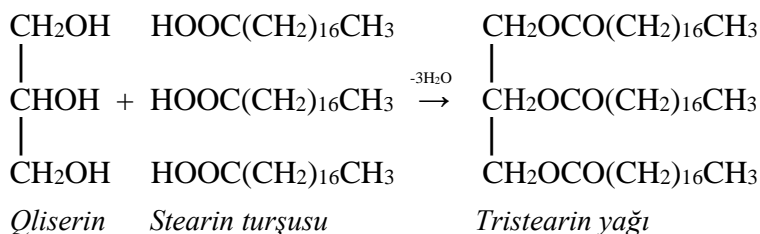
Doymuş ali spirtlər		
10	Dekanol-1	$C_{10}H_{21}OH$
12	Dodekanol-1 (laurin spirti)	$C_{12}H_{25}OH$
14	Tetradekanol-1 (miristin spirti)	$C_{14}H_{27}OH$
16	Heksadekanol-1 (setil spirti)	$C_{16}H_{33}OH$
18	Oktadekanol-1 (stearin spirti)	$C_{18}H_{37}OH$
20	Eykozanol-1	$C_{20}H_{41}OH$
26	Heksakozanol-1	$C_{26}H_{53}OH$
30	Triakontanol-1	$C_{30}H_{61}OH$
Doymamış ali spirtlər		
14	Sis-9-Tetrasen 1-ol (miristil-olein spirti)	$C_{14}H_{27}OH$
16	Sis-9-Heksasen 1-ol (palmitil-olein spirti)	$C_{16}H_{31}OH$
18	Sis-9-Oktadesen 1-ol (olein spirti)	$C_{18}H_{35}OH$
22	Sis-13-Dokozen 1-ol (eruk spirti)	$C_{22}H_{43}OH$
24	Sis-15-Tetrakozen 1-ol (nervon spirti)	$C_{24}H_{47}OH$
10	Dekanol (kapril aldehidi)	$C_{10}H_{20}O$
12	Dodekanol (laurin aldehidi)	$C_{12}H_{24}O$
14	Tetradekanol (meristil aldehidi)	$C_{14}H_{28}O$
16	Heksadekanol (palmitil aldehidi)	$C_{16}H_{32}O$
18	Oktadekanol (stearin aldehidi)	$C_{18}H_{36}O$
20	Eykozonal (Araxin aldehidi)	$C_{20}H_{40}O$
22	Dokozonal (Begen aldehidi)	$C_{22}H_{44}O$
Doymamış ali yağ aldehidlər		
14	Sis-9-Tetradesen 1-al (miris-tilolein aldehidi)	$C_{14}H_{27}O$
16	Sis-9-Heksadesen 1-al (palmitilolein aldehidi)	$C_{16}H_{31}O$
18	Sis-9-Oktadesen 1-al (olein aldehidi)	$C_{18}H_{35}O$
22	Sis-13-Dokozen 1-al (Eruk aldehidi)	$C_{22}H_{43}O$
24	Sis-15-Tetrakozan 1-al (Navon aldehidi)	$C_{24}H_{47}O$

**2.2. Neytral yağlar.** Neytral yağlar (asilqliserinlər) kimyəvi cəhətdən qliserinlə irimolekullu yağ turşularının mürəkkəb efirləridir. Bunlarda qliserindəki spirt qruplarının efirləşmə dərəcəsi asılı olaraq monoqliseridlərə, diqliseridlərə və triqliseridlərə bölünürlər.

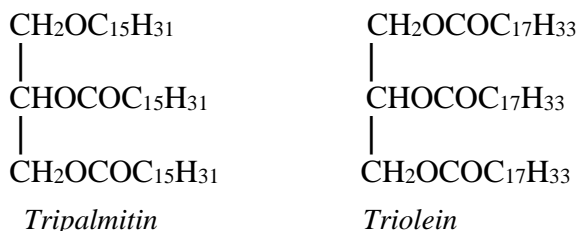


Üçatomlu spirt-qliserin stearin, palmitin, olein, linol, linolen turşuları və s. ilə birləşərək neytral yağları əmələ gətirir.

Müasir üsullarla ana südü yağında indiyə qədər məlum olmayan 40-a yaxın turşu aşkar edilmişdir. Tristearin yağının əmələ gəlməsi reaksiyasını belə təsəvvür etmək olar.



Reaksiyada olein və palmitin turşuları iştirak etdikdə müvafiq olaraq olein və ya palmitin yağı əmələ gəlir.

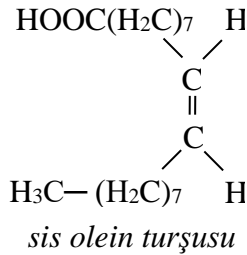


Bitki yağlarının tərkibində doymamış yağ turşularından: olein, linol və linolen turşuları çoxluğu təşkil edir.

Təbiətdə rast gəlinən doymamış yağ turşularının hamısı sis

formasındadır.

İkiqat rabitə iki və çox olan yağ turşuları sis formada olur.



Bu da onların bükülməsinə və qısalmasına imkan verir. Bunun da xüsusən membranlarda bioloji əhəmiyyətə malik olduğu güman edilir. Linol və linolen turşularına *F*-vitamini (və ya esensial turşular) da deyilir. İnsanın gündəlik qidasında esensial turşularının miqdarı 12 q olmalıdır.

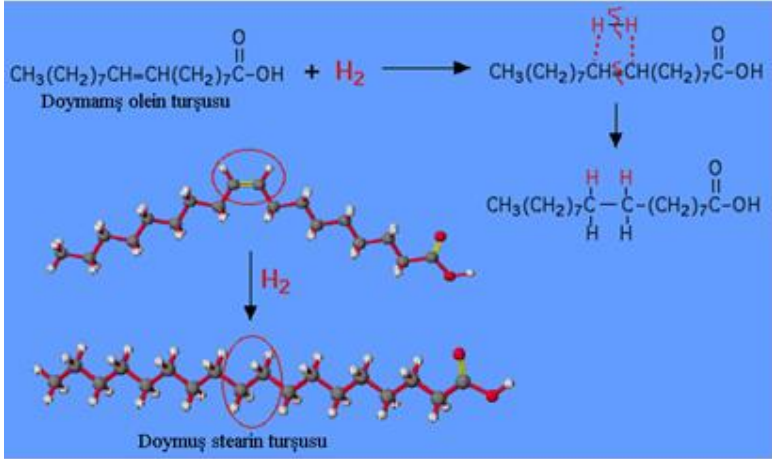
Rentgenoqrafiya analiz üsulu ilə müəyyən olunmuşdur ki, doymuş və doymamış yağ turşularının karbon zənciri bir-birinə iki paralel vəziyyətdə yerləşir ki, bu da onların lipid zülal biokomplekslərinin əmələ gəlməsində mühüm rol oynayır.

Bitki yağlarının maye halda olması onların tərkibində doymamış turşuların çoxluğu ilə əlaqədardır. Bunlar bitki və heyvan yağlarında müxtəlif miqdarda olur.

Cədvəl 5.

Stearin turşusu	Palmitin turşusu	Yağ	Olein turşusu	Linol turşusu	Linolen turşusu
24-29	27-29	Qaramal yağı	43-44	2-5	0,2-0,6
25-31	25-27	Qoyun -"-	36-43	2-5	-
8-16	19-30	Donuz -"-	41-54	5-16	0-2
2-5	3-6	Günəbaxan -"-	25-35	55-72	-
2-5	18-22	Pambıq -"-	17-27	45-59	-
2-4	6-8	Qarğıdalı -"-	42-45	40-48	1-2
2-3	6-9	Zeytun -"-	60-82	2-4	1-3
2-4	4-6	Soya -"-	23-32	40-49	1-2

Bitki yağlarında ən çox olein və linol turşuları olub, orta hesabla ümumi yağın 60%-ni təşkil edir. Olein turşusunu hidrogenləşdirməklə doymuş stearin turşusuna çevirməklə bərk yağlar almaq olar.



Şəkil 1. Olein turşusunun hidrogenləşməsi

Yağlar yağ turşularından asılı olaraq, bəsit və qarışıq olur. Əgər yağ qliserinlə müxtəlif turşuların, məsələn, bir molekul palmitin turşusu ilə iki molekul olein turşusunun birləşməsindən əmələ gəlsə ona *palmitindiolein* deyilir. Lakin reaksiyada bir molekul palmitin, bir molekul olein və bir molekul linol turşusu iştirak edərsə *palmitinoleinolinol* adlanan yağ alınır. Bunlar qarışıq yaxud müxtəlif turşulu yağlardır. Bəsit və ya bir turşulu yağlar qliserinlə yağ turşularının birləşməsindən əmələ gəlir. Bunlara misal tristearin, tripalmitin və s. göstərmək olar.

Yağların tərkibində az miqdarda sərbəst halda müxtəlif yağ turşuları da (kapron, kapril, mirisil turşuları və s.) vardır. Lakin çoxu triqliseridlər (95-98%) təşkil edir. Sərbəst turşular və fosfatidlər isə 1-2% olur.

Neytral yağlar bir sıra göstəricilərlə: turşu (*Reyxert-Meyssel*), sabunlaşma, yod ədədləri və s. ilə xarakterizə olunurlar.

Yağlar uzun müddət açıq havada saxlandıqda qaxsıyaraq xoşagəlməz iy və dad verir. Yağların qaxsımasına səbəb onların oksidləşməklə və hidrolitik yolla kiçik molekullu yağ turşularına, aldehid və ketonlara çevrilməsidir. Bunlar da yağa pis iy və dad verir. Yağların qaxsıma dərəcəsini turşuluq ədədi kəmiyyəti ilə xarakterizə edirlər.

*Turşuluq ədədi* yağların tərkibində sərbəst turşuların varlığını və miqdarını göstərir. Bu bir qram yağda olan sərbəst turşuların neytrallaşmasına sərf edilən kalium-hidroksidin milliqramlarla miqdarı ilə ölçülür.

Yağın tərkibində sərbəst yağ turşularının miqdarı çox olarsa onların neytrallaşmasına da o qədər qələvi sərf edilir. Deməli, turşu ədədi yağlarda sərbəst yağ turşularının nəinki olduğunu, həm də miqdarını da bildirir.

Yağların hidroliz məhsulunun hər 5 qramı destillə edildikdə, ondan su ilə birlikdə buxarlanan turşuların neytrallaşması üçün sərf olunan *0,1 n* qatılıqlı *NaOH* məhlulunun *ml*-lə miqdarına *Reyxert-Meyssel ədədi* deyilir.

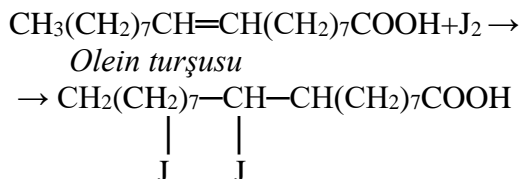
Reyxert-Meyssel ədədinin yüksəlməsi (yağların tərkibində kiçik molekullu yağ turşularının çoxalması) yağların ərimə temperaturunu aşağı salır.

*Sabunlaşma ədədi* isə yağların tərkibində olan sərbəst və birləşmiş yağ turşularının olması barədə məlumat verir. Bu da bir qram yağda olan sərbəst və birləşmiş turşuları neytrallaşdırmaq üçün sərf edilən kalium-hidroksidin milliqramlarla miqdarı ilə ölçülür. Sabunlaşma ədədi ilə turşu ədədinin fərqi görə yağdakı birləşmiş turşuların miqdarını da hesablamaq olur.

*Yod ədədi.* Yod ədədinə görə yağların tərkibində olan doyma-



mış turşuların olması və miqdarı müəyyən edilir. Yod ədədi 100 q yağın tərkibindəki doymamış yağ turşularında olan ikiqat rabitələri doydurmaq üçün sərf edilən yodun *qramlarla miqdarına* deyilir.



Doymamış turşuların müxtəlifliyindən asılı olaraq yod az və çox sərf olunur.

Cədvəl 6.

Yağların xassələrini ifadə edən bəzi kəmiyyətlər

Yağ	Sabunlaşma ədədi	Turşu ədədi	Yod ədədi	Reyher-Meyssel ədədi
Qaramal yağı	190-200	0,1-0,6	32-47	24-34
Qoyun -"-	192-198	0,1-0,2	31-46,5	0,4-0,6
Donuz -"-	193-203	0,3-0,9	46-66	0,2-0,6
Pambıq -"-	189-199	0,2-14	101-116	0,1-0,3
Qarğıdalı -"-	186-193	0,4-5,0	111-133	0,2-0,4
Günəbaxan -"-	186-194	0,4-6,0	119-144	0,3-0,4
Zeytun -"-	189-195	0,3-7,0	130-163	0,3-0,4
Treska	191-197	0,4-6,5	125-150	0,2

**2.3 Mumlar.** İrimolekullu yağ turşuları palmitin, stearin, olein turşuları və s. ilə ali spirtlərin (seril spirti, mirisil spirti və s.) mürəkkəb efirləridir. Mumlar əsasən aşağıdakı turşulardan və spirtlərdən əmələ gəlir:

Serotin turşusu:  $\text{C}_{26}\text{H}_{53}\text{COOH}$

Karnaub turşusu:  $\text{C}_{23}\text{H}_{47}\text{COOH}$

Seril spirti:  $C_{26}H_{53}OH$

Mirisil spirti:  $C_{31}H_{63}OH$

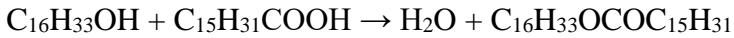
Ali alifatik spirtlər mumların tərkibinə daxil olduğundan onlara *mum spirtləri* də deyilir. Bunlar iysiz, ağ kristallik maddələrdir, suda həll olmur, asetonda və efirdə isə həll olur.

Təbii mumlara yun yağı (lanolin), spermaset, arı mumu və s. aiddir. Təbii mumlarda göstərilən mürəkkəb efirlərlə yanaşı spirtlər, sərbəst turşular və parafin karbohidrogenləri də olur. Qoyun yununun yağı, yunun 5-10%-ni təşkil edir. Bir qoyun dərisinin yun örtüyündən 500 q kimi yun yağı ayırmaq olur.

Yun yağının kimyəvi tərkibi çox mürəkkəbdir və tam öyrənilməmişdir. Onun əsas tərkib hissəsi ali alifatik və siklik spirtlərin irimolekullu yağ turşuları ilə əmələ gətirdikləri mürəkkəb efirlərin qarışığından ibarətdir. Siklik spirtlər (xolesterin, izoxolesterin, oksixolesterin, metaxolesterin və s.) yun yağındakı spirtlərin çox hissəsini (50-70%) təşkil edir, qalanı isə setil, seril, karnaubil spirtlərindən və başqalarından ibarətdir.

Təmizlənmiş lanolin qiymətli məhsul olub, təbabətdə və kosmetikada işlənir. O dəridən yaxşı sorulur, dəriyə yumşaq və elastiklik verir.

Spermaset setil spirti ilə palmitin turşusunun mürəkkəb efiridir.



*Setil spirti*      *Palmitin turşusu*

*Spermaset*

Spermaset balinanın kəllə boşluğunda və başqa hissəsində olur.

Mum arıların mum vəzilərində istehsal olunur. Onun tərkibində spirtlərdən çoxluğu (38-40%) mirisil spirti, turşulardan isə palmitin turşusu təşkil edir.

Arı mumunun əsas hissəsi mirisilpalmitatdan ( $C_{15}H_{31}OCOC_{30}H_{61}$ )

ibarətdir.

Mumlar güman edildiyinə görə mühafizə funksiyasını yerinə yetirir.

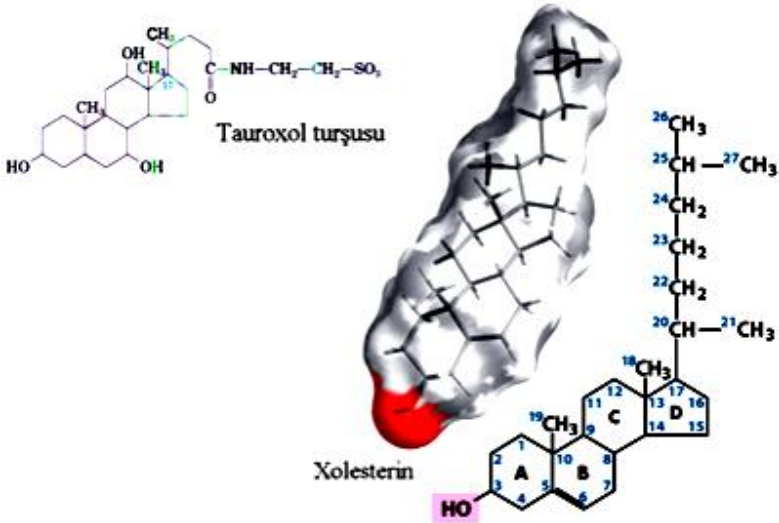
Onlar heyvanlarda dərinə suyun daimi təsirindən, bəzi hallarda isə həddindən artıq buxarlanmadan qoruyur.

**2.4 Steridlər.** Sadə lipidlərin bir qrupunu da steridlər təşkil edir. Steridlərin insan və heyvanlarda olan nümayəndələrinə *zoosteridlər* deyilir.

Zoosteridlər irimolekullu yağ turşularının sterollar adlanan spirtlərlə əmələ gətirdikləri mürəkkəb efirlərdir.

*Sterinlər*-siklopentanoperhidrofenantrenin (və ya steran) törəmələridir. Onların tərkibində hidroksil qrupu olduğuna görə *sterollar* da adlanır.

Sterinlərin xarakterik nümayəndələrindən biri xolesterindir.



Şəkil 2. Xolesterin və onun törəmələri

Xolesterin doymamış biratomlu ikili siklik spirtidir. İnsan və

heyvan orqanizmində maddələr mübadiləsində sterid hormonların, öd turşularının, *D*-vitamininin biosintezində mühüm bioloji rol oynayır, eritrositləri hemolizdən qoruyur. Xolesterinə bütün hüceyrələrdə membranın tərkib hissəsi kimi təsadüf edilir. Xolesterin və onun efirləri (xüsusən doymamış turşularla) qan plazmasında, beyində və s. toxumalarda da çox olur. Öd daşları əsasən xolesterin törəmələridir.

**2.5 Fosfatidlər**-mürəkkəb lipidlərə aid olub, yağabənzər maddələrdir. Yağabənzər maddələrin tərkibində də triqliseridlər vardır. Lakin yağlardan fərqli olaraq bunlarda əlavə fosfat turşusu və s. maddələr də (xolin, kolamin, serin, inozit və s.) olur.

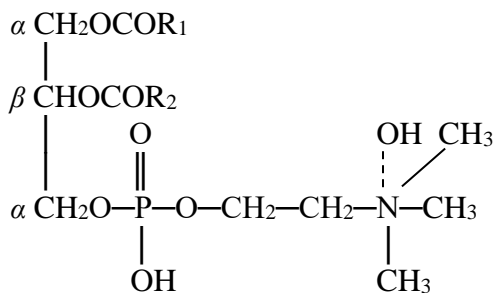
Fosfatidlər yağ həlledicilərinin çoxunda (benzol, efir, xloroform) həll olur, lakin asetonun təsirindən çöküntü verir və hiqroskopikdir. Suda şişərək kolloid məhlul əmələ gətirir. Bunlar optik aktiv olub, polyarizasiya müstəvisini sağa fırlayır (*d*-izomer).

Fosfatidlər insanların və heyvanların hüceyrələrində və toxumalarında (sinir toxumasında, qaraciyərdə, böyrəklərdə, ağciyərdə, ürəkdə və s.) olmaqla eyni miqdarda paylanmır. Fosfatidlərə mitoxondriyalarda, mikrosomlarda da təsadüf edilir. Onlara orqanizmin bütün orqan və toxumalarında rast gəlmək olar. Beyin toxuması, ürək, qaraciyər, yumurta sarısı və balıq kürüsü fosfatidlərlə daha zəngindir. Fosfatidlər zülallarla birlikdə biokomplekslər əmələ gətirərək hüceyrə orqanoidlərinin (nüvə, endoplazmatik tor, ribosom, mitoxondriyalar) əsasını təşkil edir. Müxtəlif maddələrin bir toxumadan digərinə daşınmasını təmin edir. Tərkibində olan spirtin növünə görə fosfatidlər aşağıdakı yarımqruplara bölünürlər:

Xolinfosfatidlər (lesitinlər), kolaminfosfatidlər (kefalinlər), asetilfosfatidlər (plazmogenlər), serinfosfatidlər, inozitfosfatidlər və sfinqofosfatidlər.

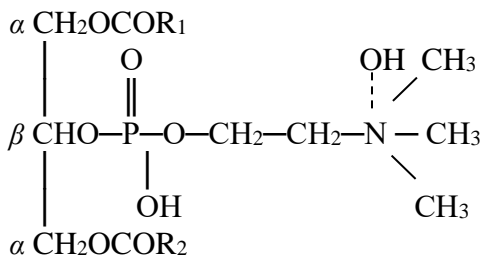
**2.5.1 Xolinfosfatidlər.** Xolinfosfatidlər həm bitki, həm də heyvan toxumalarında rast gəlmək olur. Bunlar beyin toxumasının və periferik sinirlərin tərkibinə daxildir. Qanda və digər toxumalarda da xolinfosfatidlərə rast gəlinir.

Xolinfosfatidlərin nümayəndəsi lesitinlərdir. Bunlara *fosfatidilxolin* də deyilir. Lesitinlər bir molekul qliserindən, iki molekul (biri doymuş, digəri doymamış) yağ turşusundan, bir molekul fosfat turşusundan və bir molekul da xolindən əmələ gəlir. Odur ki, hidroliz olunduqda göstərilən maddələrə ayrılır:



*$\alpha$ -Lesitin*

Lesitinlər xolinfosfatın qliserinin hansı karbon atomunun yanında olmasından asılı olaraq  $\alpha$ - və  $\beta$ - formada təsadüf edilir.  $\alpha$ -lesitində fosfat turşusunun və xolinin qalığı qliserinin  $\alpha$ -karbonu,  $\beta$ -lesitində isə  $\beta$ -karbonu ilə birləşirlər.



*$\beta$ -Lesitin*

Lesitinlər ən çox yumurtanın sarısında və soyada olur. Bunlar etil spirtində yaxşı həll olur, havada tündləşir, buna səbəb tərkibində olan yağ turşularının oksidləşməsidir.

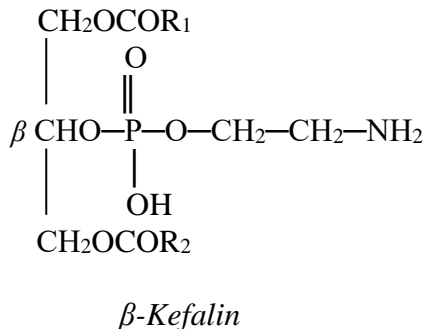
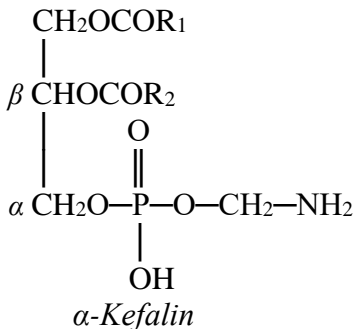
Lesitin maolekulundakı doymamış yağ turşusu hidroliz edildikdə lizolesitin adlanan yüksək hemolitik təsirə malik olan maddələr əmələ gəlir. İlan zəhərinin tərkibində göstərilən prosesi kataliz edən spesifik fermentlər vardır. İlan sancmış adamın qanında eritrosidlərin hemolizə uğraması həmin fermentin fəaliyyəti nəticəsində hemolitik təsirə malik lizolesitin miqdarının artması ilə izah olunur.

**2.5.2 Kolaminfosfatidlər (kefalinlər).** Kolaminfosfatidlərə kefalin adı verilməsi onun ilk dəfə olaraq baş beyində aşkar olunması ilə əlaqədardır. Onlara həmçinin qaraciyərdə, böyrəkdə, yumurta sarısında və paxlalı bitkilərin meyvəsində rast gəlmək olur.

Kolaminfosfatidlərdə xolinin əvəzinə etanolamin (və ya kolamin)  $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$  olur.

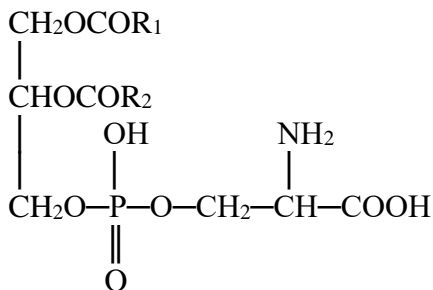
Kolaminfosfatidlərin nümayəndələri kefalinlərdir. Bunlara *fosfatidiletanolaminlər* də deyilir. Kefalinlərin tərkibində bir molekul qliserinin, iki molekul yağ turşusunun, bir molekul fosfat turşusunun və bir molekul da kolaminin qalığı vardır.

Kefalinlər də iki:  $\alpha$ - və  $\beta$ - formada olur.



Kefalinlər ağ rəngli bərk maddələrdir, xloroformda, benzolda, petrol efirində, həm də lesitinlərdən fərqli olaraq asetonda və etil spirtində həll olur.

**2.5.3 Serinfosfatidlər** də yuxarıdakı fosfatidlərə bənzəyir. Lakin onlardan tərkibində azotlu maddə aminturşu serinin ( $\text{CH}_2\text{OHCHNH}_2\text{COOH}$ ) olması ilə fərqlənir. Serinfosfatidlərin kimyəvi tərkibi aşağıdakı kimidir:



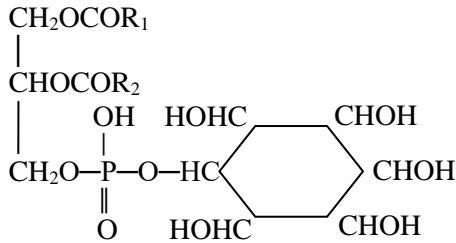
*Fosfatidilqliserin*

Serinfosfatidlərin (və ya fosfatidilserin) tərkibində bir molekullu qliserinin, fosfat turşusu, serin aminturşusunun qalığı və iki molekullu yağ turşusu olur.

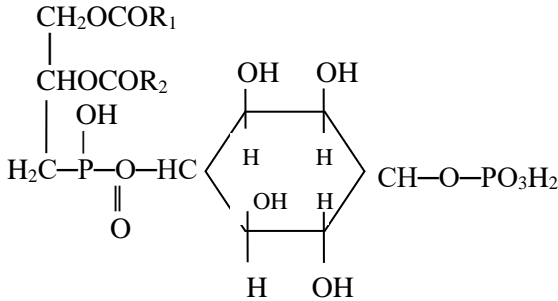
Serinfosfatidlərdə sərbəst karboksil qrupu olduğundan turşu xassəyə malikdir. Təbiətdə tapılmış serinfosfatidlərin tərkibində qliserin qalığında olan birinci karbon atomuna stearin, ikinci karbon atomuna isə olein turşusu qalığı birləşmiş halda rast gəlinir.

Lesitinlər, kefalinlər və serinfosfatidlər mübadilə prosesində bir-birinə çevrilə bilirlər. Serin karboksizləşərək kolaminə, kolamin isə metilləşərək xolinə çevrilirlər. Bu da onlar arasında genetik əlaqənin olmasına sübutdur. Serinfosfatidlər heyvanlarda bitkilərə nisbətən çoxdur. Son zamanlar müəyyən edilmişdir ki, fosfatidilserin rodopsinlə birləşərək onun hidrofob əhatəsinə şərait yaradır, membranda müəyyən vəziyyət almasını təmin edir.

**2.5.4 İnozitfosfatidlər.** İnozitfosfatidlərə həm bitki, həm də heyvan orqanizmində rast gəlmək olar. İnozitfosfatidlərin (və ya fosfatidilinozidlər) tərkibində bir molekul qliserinin, iki molekul yağ turşusunun, bir molekul fosfat turşusunun və bir molekul da altıatomlu siklik spirt olan inozitin qalığı vardır.



*Monoinozitfosfatid*

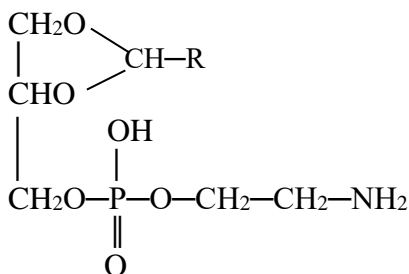


*Diinozitfosfatid*

Təbiətdə tərkibində azotlu maddələr və karbohidratlar daxil olan inozitfosfatidlərə də təsadüf edilmişdir. Beyin maddəsində aşkar edilmiş lipozitol adlanan inozitfosfatidin tərkibinə inozit, kolamin, fosfat turşusu, yağ turşuları, qalaktoza və tartron turşuları daxildir. Bundan başqa tərkibində qliserin qalığı olmayan inozitfosfatidlərə də təsadüf edilmişdir.



**2.5.5 Asetalfosfatidlər.** Asetalfosfatidlərə *plazmogenlər* də deyilir. Bunlar hidroliz olunduqda qliserinə, turşu aldehidlərinə (palmitin və stearin aldehidlərinə), fosfat turşusuna, kolamunə və ya xolinə ayrılır.



*Plazmogen*

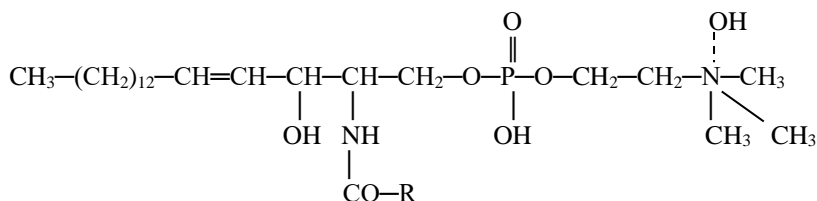
O, plazmanın tərkibində tapılmış fizioloji rolu hələ tam müəyyən olunmamışdır. Orqanizmdə yaşın artması ilə əlaqədar olaraq onların miqdarı azalır. Ən çox beyində, eritrositlərdə, əzələ toxumasında, qaraciyərdə, yumurtada asetilfosfatidlər tapılmışdır.

**2.5.6 Sfinqofosfatidlər.** Sfinqofosfatidlər (və ya sfinqomielinlər) sinir hüceyrələrinin membranının əsasını təşkil edən eritrositlərin, qan zərdabının və orqanizmin digər orqan və toxumalarının tərkibinə daxil olan spesifik lipidlərdir. Sfinqomielinlərdə (və ya sfinqofosfatidlərdə) qliserinin əvəzinə doymamış amino-spirit-sfinqozin olur və *trans* vəziyyətdə mövcud olur.

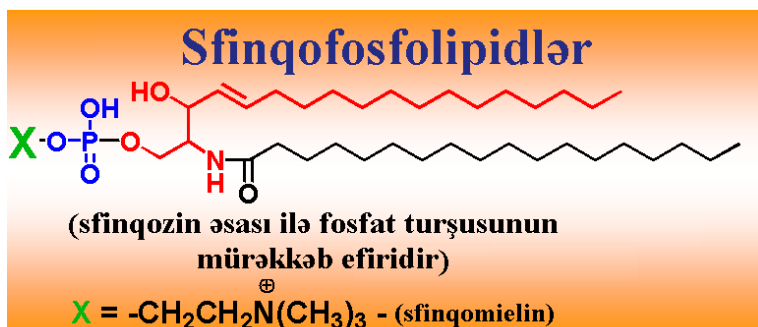


Müxtəlif toxumalardan alınmış sfinqofosfatidlər bir-birindən tərkibində olan alifatik turşuya görə fərqlənilir. Məsələn, beyin toxumasından alınmış sfinqofosfatidlərdə liqnotserin, nervon və stearin turşusu, dalaq və ağciyər sfinqofosfatidlərdə isə palmitin və liqnosterin turşusu tapılmışdır.

Sfinqomielinlərin tərkibində sfinqozin, yağ turşusu (ən çox stearin turşusu), fosfat turşusu və xolin vardır.



*Sfinqomielin*



Sfinqomielinlər ağ kristallik maddələrdir, efirdə həll olmur, oksigenə qarşı davamlıdır, suda şişərək, özülü kolloid məhlul əmələ gətirir. Bunlar ən çox beyində, dalaqda və ağciyərdə olur.

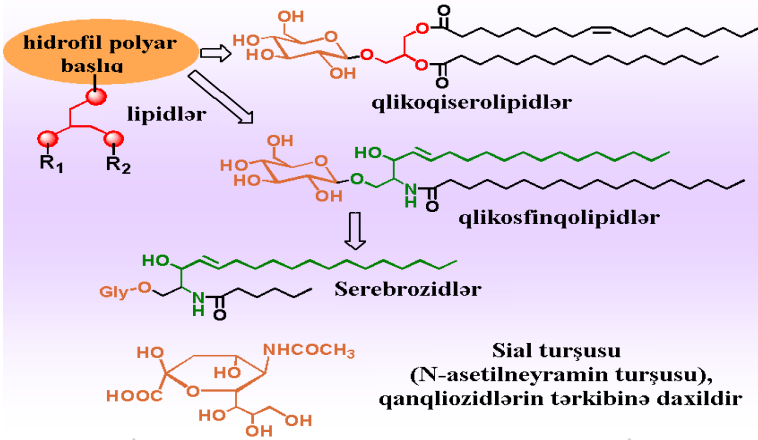
**2.6 Qlikolipidlər.** Qlikolipidlərə serebrozoidlər və qanqliozidlər aiddir. Sonunculara *mukolipoidlər* də deyilir.

Serebrozoidlərin 4 nümayəndəsi: frenozin (serebron), kerazin, nervon və oksinervon müəyyən edilmişdir. Bunlar tərkiblərindəki yağ turşularına görə fərqlənir.

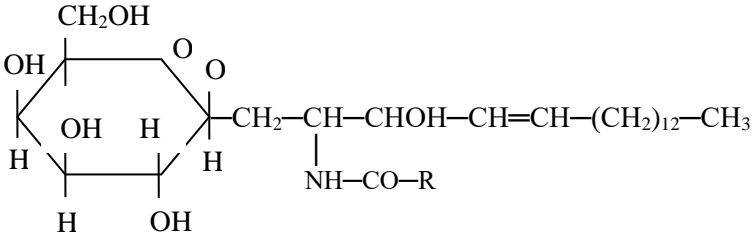
Qlikolipidlərin əmələ gəlməsində monosaxaridlər (əsasən qalaktoza), sfinqozin və yağ turşusu iştirak edir.

Qlikolipidlərin digər serebrozoidlər və qanqliozidlərlə əlaqəsi aşağıdakı sxemdə daha aydın görünür:

## Qlikolipidlər



Serebrozidlərin quruluşu ümumi şəkildə belə yazılır:



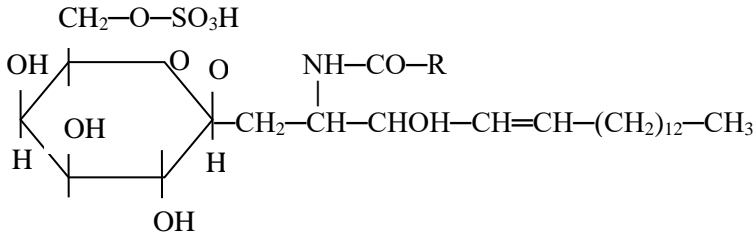
Serebrozidlər ilk dəfə beyində tapılmışdır. Sinir toxumasında və dalaqda bu lipidin miqdarı daha çoxdur.

Serebrozidlər bərk maddələrdir, suda şişərək, şəffaf həlməşik əmələ gətirir. Benzolda və isti spirtə həll olur. Efirə həll olmur.

Serebrozidlər ən çox beyində, qan hüceyrələrində, həmçinin böyrəklərdə, dalaqda və s. olur. Patoloji hallarda qaraciyərdə, dalaqda, limfa düyünlərində kerazinin miqdarı kəskin çoxalır.

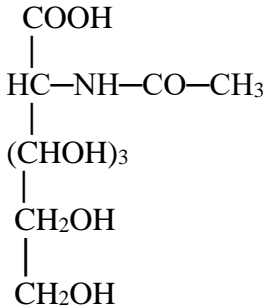
Sulfatidlər və ya sulfolipidlər kükürlü serobrozidlərdir. Bunlarda qalaktozanın birli spirt qrupu ilə efir tipində birləşmiş

sulfat turşusunun qalığı da vardır. Onların quruluşu aşağıdakı kimidir:

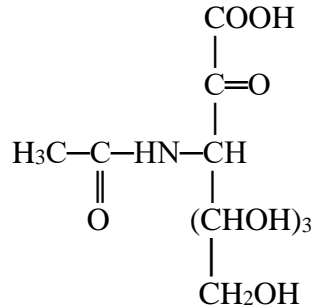


İnsan dalağında molekulunda qalaktozanın əvəzinə qlükoza daxil olan serebrozidlər tapılmışdır.

**Qanqliozidlər**-hidroliz olunduqda alifatik turşu, sfinqozin *d*-qlükoza və aminşəkər törəmələri əmələ gətirən qlükolipidlərdir. Onların molekul kütləsi (3000-ə yaxındır) çoxdur. Qanqliozidlərin molekulunda olan aminşəkərlərə-*N*-asetilqlükozaminə və *N*-asetil neyramin (sial) turşusuna görə serebrozidlərdən fərqlənir. Bu turşular orqanizmdə qlükozamindən sintez olunur.



*N*-asetil qlükozamin



*N*-asetil neyramin turşusu  
(sial turşusu)

Qanqliozidlərdə serebrozidlərdən fərqli olaraq molekulunda qalaktozanın əvəzinə mürəkkəb oliqosaxarid olur. Qanqliozidlər beynin boz maddəsində, həmçinin hüceyrə membranında mitoxon-

driyada və nüvəsində onlara rast gəlinir.

## **Mövzuya aid suallar**

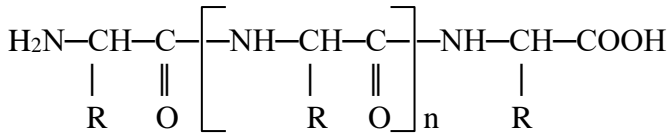
1. Lipidlərin əsas fizioloji funksiyalarını izah edin.
2. Turşu və sabunlaşma ədədi və onların əlaqəsi nə cürdür?
3. Mumlar və steridlərin kimyəvi tərkibi haqqında məlumat verin.
4. Xolinfosfatidlərin və kolaminfosfatidlərin bioloji rolunu aydınlaşdırmalı.
5. İnozitfosfatidlər və asetalfosfatidlərin orqanizmdə yayılması və bioloji rolu haqqında məlumat verin.
6. Qlikolipidlərin quruluşu, bioloji rolunu aydınlaşdırın.
7. Mumların tərkibini hansı turşular təşkil edir?
8. Lesitinlərin təbiətdə yayılmasını misallarla izah edin.
9. Lipidlər nə üçün turş xassəyə malikdirlər?
10. Lipidlər əsas hansı funksiyaları yerinə yetirir?
11. Bitki və heyvani yağların tərkibini əsas hansı turşular təşkil edir?

## III FƏSİL

### 3. Zülallar

**3.1 Zülalların tərkibi və funksiyaları.** Zülallar bütün canlıların orqanizmlərinin əsasını təşkil edən, hidroliz məhsulları  $\alpha$  aminturşuları olan yüksəkmolekullu azottərkibli təbii polimerlərdir.

Zülalların ümumi formulunu aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



Zülalların tərkibində elementlərin miqdarı müxtəlifdir.

Karbon .....50-55%                      Oksigen .....21-24%

Hidrogen .....6,5-7,3%                      Kükürd .....0-3,4%

Azot .....15-18%                      Kül .....0-0,5%

İnkişafda olan canlı hüceyrənin quru maddəsinin 55-85%-ni zülal təşkil edir. Ən sadə bakteriyaların hüceyrələrində 2000-ə qədər müxtəlif zülallar müəyyən edilmişdir.

Bitkilərdə ən çox paxlalıların toxumlarında (23-40%), yağlı bitkilərdə isə (16-20%) zülal olur. İnsan və heyvanlarda zülal ən çox dalaqda, əzələlərdə, ağciyərdə, böyrəklərdə və qeyri üzvlərdə olur. Bunlarda zülal quru maddənin 72-84%-ni təşkil edir.

Zülallar canlı materiyanın yaranmasının və inkişafının əvəz edilməz komponentidir.

Bu funksyalardan başqa zülallar hüceyrələrin və qanın osmotik təzyiqinin və  $pH$ -ın tənzimində iştirak edir. Zülallar bir-birindən tərkibinə və quruluşuna görə fərqlənirlər.

**3.2 Zülalların ayrılması və təmizlənməsi üsulları.** Zülalların fiziki, kimyəvi xassələrini və fizioloji rolunu öyrənmək üçün onları bioloji materialdan təmiz halda ayırmaq lazımdır. İlk dəfə 1728-ci ildə U. Bekkari buğda unundan zülali maddəni ayırmağa müvəffəq olmuşdur. Zülalları ayırmaq və təmizləmək üçün elə üsullar seçmək lazımdır ki, onların kimyəvi təbiətində və bioloji funksiyalarında heç bir dəyişiklik getməsin. Bu məqsədlə denaturasiya prosesinin qarşısını almaq üçün əməliyyatlar aşağı temperaturda (+5<sup>0</sup>C-dən aşağı) aparılmalıdır.

Əvvəlcə toxuma (əzələ, qaraciyər, böyrək, bitki və s.) nazik kiçik hissələrə bölünür, müasir homogenizator vasitəsilə homogen məhlul (ekstrakt) hazırlanır. Bu məqsədlə neytral duz məhlulu (8-10%-li ammonium sulfat, natrium xlorid, natrium sulfat) və ya spirt (70%-li metanol, etanol məhlulu) götürülür və zülal çökdürülür. Çökdürmə əməliyyatı -5, -10<sup>0</sup>C temperaturda aparılır.

Ayrılmış zülalları təmizləmək müxtəlif adsorbentlərdən istifadə etməklə iondəyişmə, adsorbsiya və afin xromatoqrafiya üsullarından istifadə etməklə aparılır.

Duzlarla çökdürmə qüsurludur. Beləki, hər bir zülalın müxtəlif duzlara qarşı münasibəti fərqlidir. Belə çökdürmədə zülallar denaturasiyaya uğrayırlar.

Elektroforez üsulu ilə zülalların ayrılması daha effektivdir. Elektroforez kolloid hissəciklərin, o cümlədən zülalların elektrik sahəsində anoda və katoda doğru hərəkətinə deyilir. Zülal molekulunun böyüklüyündən, yüklərin işarəsindən və elektrik yükünün miqdarından asılı olaraq onların elektrodlara hərəkət sürəti də fərqli olur. Elektroforez yaş filtr kağızı üzərində bərk mühitdə (nişasta, aqar-aqar, poliakrilamid və s.) tənzimlənmiş cərəyan şiddətində və müəyyən *pH*-a malik olan bufer məhlul mühitində aparılır. Bu cür ayrılmış zülallar turş (6n HCl), əsasi (2n NaOH)

və ya fermentativ mühitdə hidroliz olunaraq aminturşu tərkibinə ayrılır. Aminturşu tərkibi xromatoqrafiya üsulu ilə öyrənilir. Bu üsul ayrı-ayrı birləşmələrin inert maddələr üzərində müxtəlif dərəcədə adsorbsiya olunmaq qabiliyyətinə əsaslanır. Müasir avtomatik aminturşu analizatorlarının köməyi ilə (iondəyişmə xromatoqrafiya üsulu ilə) 1-1,5 saat müddətində zülalların tərkibində olan 20-ə qədər  $\alpha$  –aminturşularının keyfiyyətə miqdarını təyin etmək mümkün olur.

**3.3 Zülalların xassələri, molekulunun forması və nisbi molekul kütləsi.** Zülal molekulunda atomların yerləşməsini və molekulun fəza quruluşunu—hidrodinamik və işıq xassələrinə əsaslanaraq rentgenoqrafiya, elektronmikroskopiya analiz üsulları ilə müəyyən olunmuşdur ki, zülal hissəcikləri asimmetrik dartılmış formada yerləşmişdir. Zülal hissəciklərinin asimmetriyasını xarakterizə etmək üçün asimmetriya dərəcəsi istifadə edilir.

$\alpha_a = \frac{b}{c}$ ; burada  $\alpha_a$ -asimmetriya dərəcəsi;  $b$ -hissəciklərin uzunlu-

ğunun simmetriya oxu,  $c$ -hissəciklərin qısa simmetriya oxu  $\alpha_a = 1$  olan zülalların molekulunun fəza quruluşu ellips və ya dairəvidir. Belə zülallara az rast gəlinir.  $\alpha_a = 3-6^1$  olan zülalların molekulunun fəza quruluşu çubuqvarıdır. Bu zülallar çox yayılmışdır.  $\alpha = 80-200$  olan zülalların molekulunun fəza quruluşu dartılmış formadadır. Zülal molekulunun formaları və xassələri arasında qarşılıqlı əlaqə mövcuddur. Bu qarşılıqlı əlaqə ən çox əzələ zülalında (aktin, miozin) və ipək zülalında (fibroin) daha çox özünü göstərir.

Zülalların molekul kütlələri 100 min hətta daha çox mln daltonla (atom kütləsinin ölçü vahididir) ifadə olunur. Zülalların molekul kütləsini fiziki üsullarla ən çox istifadə olunan ultrasen-



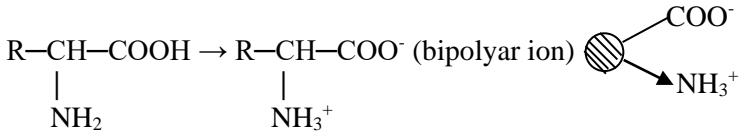
trafuqlaşma üsulu ilə müəyyən edilir. Bundan başqa elektronmikroskopiya, nüvə maqnit rezonans (NMR), gel-süzmə, gel-elektroforez üsulları ilə zülalların molekül kütlələri müəyyən edilir.

Zülalların çoxusu suda həll olur və kolloid məhlul əmələ gətirir. Ona görə də kolloidlərə aid bütün xassələri daşıyır. Yəni Broun hərəkətini, osmos xassəsini, optik xassəsini (Tindal effekti) özündə əks etdirir. Temperaturun və elektrolitlərin təsirindən koaqulyasiyaya uğrayırlar. Temperatur artıq olduqda denaturasiyalaşır. Yəni ikinci, üçüncü və dördüncü quruluşu pozulur, yalnız birinci quruluş qalır. Etil spirti və aseton zülalları denaturasiyalaşdırır. Denaturasiyanın əksi *renaturasiya* adlanır.

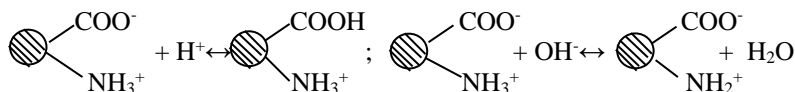


Şəkil 3. Zülalların denaturlaşma formaları

Zülallar amfoter elektrolitlərdir, bu da onların tərkibindəki amin (-NH<sub>2</sub>) və karboksil (-COOH) qrupları ilə əlaqədardır. Bu qruplar məhlulda ionlaşaraq anionlara və kationlara ayrılır.



Turş mühitdə ( $pH < 7$ ) bipolyar ion müsbət, əsasi mühitdə ( $pH > 7$ ) bipolyar ion mənfi yüklənir.



Zülallar elektrik yükü daşdığından izoelektrik halda olurlar. Bu hal zülalın kolloid hissəciklərinin elektroneytral vəziyyətinə deyilir. İzoelektrik hal elektrolitlərin təsiri ilə yaranır. Hidrogen ionları qatılığının bu haldakı qiyməti (yəni  $pH-1$ ) həmin zülalın izoelektrik nöqtəsi adlanır. İzoelektrik nöqtə zülalın tərkibində olan aminturşunun (turş və ya əsasi xassəli) miqdarından asılıdır.

Bəzi zülalların molekulyar kütləsi, asimmetriya dərəcəsi və izoelektrik nöqtəsi

Cədvəl 7.

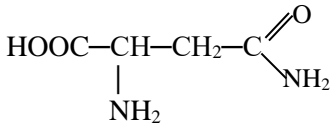
Zülal	Molekulyar kütləsi $D_a$	Molekulyar asimmetriya dərəcəsi $\alpha_a$	İzoelektrik nöqtəsi $pH-1$
Balınanın mioqlobini	17600	3,0	7,0
Pepesin	35000	4,0	1,1
Yumurta albumini	46000	4,4	4,6
At hemoqlobini	68000	4,3	6,6
İnsanın $\gamma$ -qlobini	160000	6,0	7,3
Katalaza	250000	5,8	6,7
Ureaza	483000	4,8	4,9
İlbiz hemosianini	6600000	4,8	4,7
Aktomiozin	5000000	5,0	6,2

Zülalların bioloji xassələri-onların fermentativ, yəni biokatalitik aktivliyi ilə əlaqədardır. Bəzi zülalların molekulyar quruluşu, həmçinin tərkiblərində funksional qrupların olması biokimyəvi reaksiyaların sürətini artırır. Zülalların bioloji xassələrindən biri də harmonal aktivliyi ilə əlaqədardır ki, bu da orqanizmdə baş verən bir çox biokimyəvi reaksiyaların qrup halında aktivləşməsinə səbəb olur.

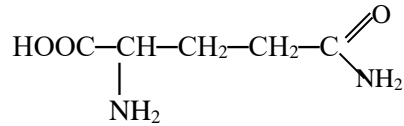
**3.4 Zülalların aminturşu tərkibi.** Zülalların kimyəvi tərkibini öyrənmək üçün turş, əsasi və ya fermentativ mühitdə hidroliz aparılır. Ha-

zırda yüzlərlə zülalların tərkibində aminturşuların keyfiyyətə və kəmiyyətə miqdarı öyrənilmişdir.

Zülalların tərkibində olan aminturşular iki yerə ayrılır: bütün zülalların tərkibində həmişə rast olunan aminturşular. Bunlar 18  $\alpha$ -aminturşusu və iki aminturşunun amidi-asparagin turşusunun amidi asparagin (*Asn*) və qlutamin turşusunun amidi – qlutamin (*Qln*).



*Asparagin*



*Qlutamin*

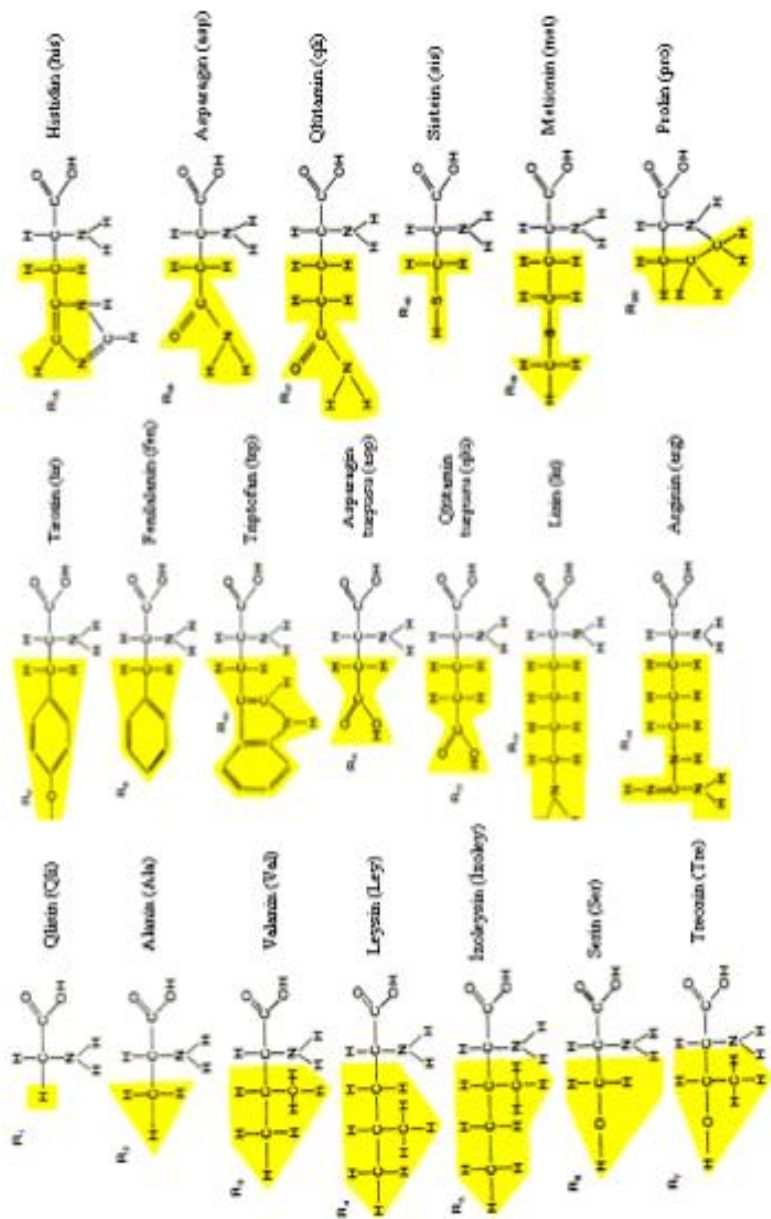
Zülallar  $\alpha$ -aminturşularından (qlisin, prolin və oksiprolindən başqa) əmələ gəlmişdir. Bütün zülal aminturşuları (qlisindən başqa) optiki aktivdir və *L* (sol) izomer halındadırlar.

Zülalların tərkibində 18  $\alpha$  aminturşudan və iki amiddən başqa bəzi hallarda oksiprolinə (oksiptrolidin 2-karbon turşusu), ornitinə ( $\alpha, \delta$  diaminvalerian turşusu),  $\alpha$ -aminyaq turşusuna və selensistein (sistein turşusunda *Se*-də olur) turşusuna rast gəlinir.  $\alpha$ -aminturşularının tərkibində olan funksional qruplar orqanizmdə gedən biokimyəvi reaksiyalara müxtəlif cür xassələr verir. Beləki,  $-\text{NH}_2$  və  $-\text{COOH}$  qrupları duz əmələgətirmə,  $-\text{SH}$  və  $-\text{S}-\text{S}-$  qrupları reduksiyaedici-oksidləşdirici,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$  qrupları alkiləşmə,  $-\text{OH}$  qrupu fosforlaşma reaksiyalarını verir.

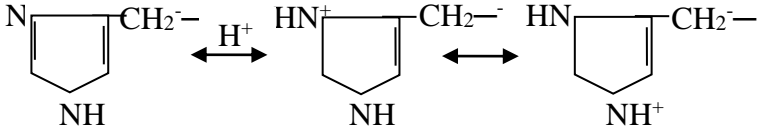
Aminturşuların fiziki xassələri tərkibindəki aminturşu radikalların polyarlığından, uzunluğundan və ölçüsündən asılı olaraq müxtəlif cürdür. Aminturşu radikalı zülalların polipeptid zəncirinin quruluşuna, zülalın fəza görünüşünə də təsir edir. Beləki, qlisində olan fəal radikal ( $-\text{CH}_2-\text{CHNH}_2-\text{COOH}$ ) polipeptid zəncirinin hərəkət aktivliyini artırır və zülalların digər quruluşlarının yaranmasını tezləşdirir.

Alanin, valin, leysin, izoleysin, fenilalanin və triptofanın radikalı az polyardır, digər aminturşuların radikalı polyardır. Bu da onların müxtəlif həlledicilərdə həll olma xassəsində özünü biruzə verir.

## Amin turşular



Histidinin radikalı mühitin pH-dan asılı olaraq düzünə və tərsinə ionlaşaraq (protonlaşaraq) fermentlərin aktiv mərkəzlərinin fəallaşmasında iştirak edir.



Amin turşuları tərkib və quruluşlarına görə 2 qrupa bölünürlər.

1. Asiklik-açıq zəncirli aminturşuları: qlisin, alanin, serin, sistein, metionin və s.

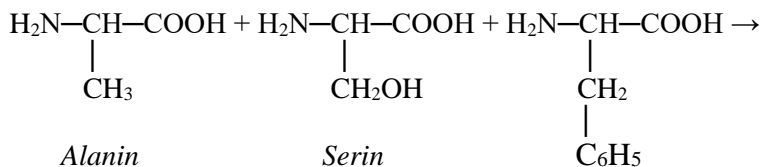
2. Siklik-qapalı zəncirli aminturşuları: treptofan, histidin, prolin, fenilalanin və s.

Asiklik aminturşuları da öz növbəsində karboksil və amin qruplarının sayına görə monoaminmonokarbon pH=7 (qlisin, alanin, fenilalanin), monoamindikarbon pH<7 (asparagin turşusu, qlütamin turşusu) və diaminmonokarbon pH>7 (arginin, lizin, ornitin) turşularına bölünür.

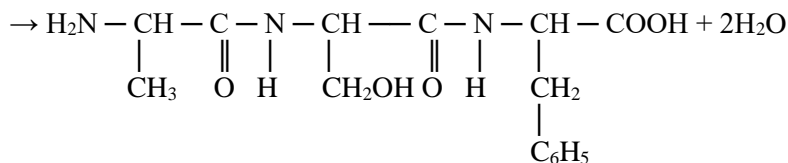
Aminturşu radikalının müxtəlifliyi onların fiziki və kimyəvi xassələrinə təsiri zülalların bir çox funksiyalar daşmasına, digər biopolimerlərdən fərqlənməsinə və həyatın ən vacib komponenti olmasını təmin edir.

**3.5 Peptidlər.** Tərkibində 50-yə qədər aminturşusu saxlayan birləşmələr peptidlər adlanır.

Aminturşuların tərkibində amin ( $-NH_2$ ) və karboksil ( $-COOH$ ) qruplarının olması, onların bir-biri ilə birləşərək polikondensləşmə reaksiyası nəticəsində peptidlərin əmələ gəlməsini təmin edir. Aminturşu qalıqları arasında yaranan rabitə ( $-CO-NH-$ ) peptid və ya amid rabitəsi adlanır.



*Fenilalanin*



*Alanilserilfenilalanin (tripeptid)*

Bu zaman alınan tripeptidin 6 izomeri ola bilər.

- 1) A – S – F alanilserilfenilalanin
- 2) A – F – S alanilfenilalanilserin
- 3) S – A – F serilalanilfenilalanin
- 4) S – F – A serilfenilalanilalanin
- 5) F – A – S fenilalanilalanilserin
- 6) F – S – A fenilalanilserilalanin

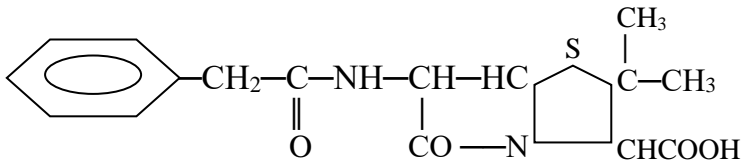
Peptidləri adlandırmaq üçün karboksil qrupu hesabına birləşən aminturşusunun adının axırıncı şəkilçisi “il” amin qrupu hesabına birləşmiş aminturşusu olduğu kimi saxlanılır. Tetrapeptidin (1 x 2 x 3 x 4) – 24; pentapeptidin – 120, nonapeptidin hərəsi bir dəfə iştirak etmək şərti ilə - 362 min izomeri ola bilər. Çoxlu sayda (50-dən az) aminturşuların polikondensləşməsi nəticəsində alınan birləşmə polipeptid adlanır. Peptidlər həmçinin zülalların natamam hidrolizindən də alınır.

Demək olar ki, bütün hüceyrələrdə peptidlərə sərbəst halda rast gəlinir. Hazırda təbii mənbələrdən 100-dən çox peptidlər alınmış, onların quruluşu, xassələri və bioloji aktivliyi öyrənilmişdir.

XX əsrin əvvəllərində (1920-ci ilə qədər) tərkibində 19-a qədər aminturşu olan peptidlər sintez edildiyi halda (E. Fişer, A. Abderhalden) hazırda məlum peptidlərin çoxu (oksitosin, vazopressin, qlükaqon, adrenakortikotropin və s.) sintez edilmişdir.

Qlükaqonda – 29, kalsitonində - 32, adrenokortikotropində - 39 aminturşu qalığının olması məlumdur. Təbii peptidlərin tərkibində zülal molekulunda olmayan aminturşular və digər kimyəvi rabitə növləri olur. Bəzi təbii peptidlər – antibiotiklər siklik quruluşda (vazopressin oksidi, qramisidin S, basitrisin – A, siklosporin A) olur və zülalların tərkibində olmayan aminturşulardan əmələ gəlmişdir. Bu peptidlərdə mikroorqanizmlərdə zülal molekulundan fərqli mexanizm ilə sintez olunurlar.

Təxminən 800 antibiotik növündən 100-ə qədəri peptid quruluşu malikdir. Penisillini misal göstərmək olar. Onun tərkibinə sistein və *d* valin daxildir.



*Penisillin*

Təbii peptidlər təsir xüsusiyyətindən asılı olaraq orqanizmin həyat fəaliyyətinə müxtəlif cür təsir göstərirlər. 1) Hormonal aktivliyə malik olanlar (vazopressin, oksitotisin, adrenokortikotropin, qlükaqon, kalsitonin, insulin). 2) Həzm prosesində iştirak edənlər (qastrin, sekretin). 3) Qan zərdabında olanlar (angiotenzin, bradikinin, kallidin). 4) Güclü zəhər təsirinə malik olanlar - ilan və həşəratların zəhəri, zəhərli göbələklər, mikroblar. 5) Antibiotik təsirə malik olanlar. 6) Hüceyrənin fəaliyyətini artıranlar. 7) Bioüzvi kompleks və birləşmələri hüceyrə membranından keçirənlər.

8) Beyində gedən prosesləri nizamlayan hormonlar (neyrohormonlar).

Müasir elmin inkişafı yeni polipeptid quruluşlarının açılması, canlı orqanizmdə gedən biokimyəvi proseslərin dərinədən öyrənilməsinə təkan verəcəkdir.

**3.6 Zülalların quruluşunun müasir izahı.** Hazırda 1000-dən çox zülal növünün kimyəvi tərkibi öyrənilmişdir. Zülal molekulu haqqında tam təsəvvür əldə etmək üçün aminturşuların zülal molekulunda hansı ardıcılıqla yerləşməsini aydınlaşdırmaqdan ibarətdir. Bundan ötrü əvvəlcə zülalları hidroliz prosesinə uğradaraq kiçikmolekullu peptidlərə parçalayır və ayrılıqda götürülmüş peptidlərin terminal hissələrində yerləşən aminturşuları təyin edirlər.

Hazırda zülalların aminturşu tərkibini və onların molekul zəncirində monomer qalıqlarının yerləşmə ardıcılığını təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Zülal molekulunda aminturşuların molekulyar nisbətini aydınlaşdırmaq üçün onları tam hidroliz edir və müxtəlif aminturşu növlərinə ayırırlar. Sərbəst aminturşuların bir-birindən ayrılması üçün xromatoqrafiya üsulundan istifadə edilir.

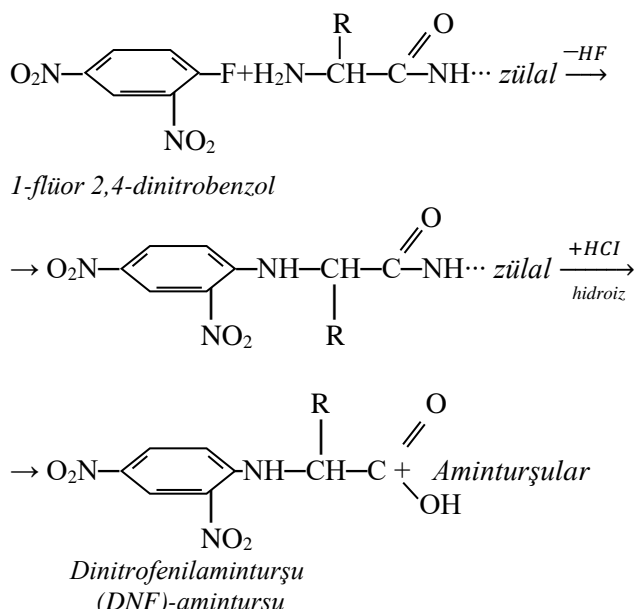
Xromatoqrafiya üsulunu ilk dəfə rus botaniki M. S. Svet (1903) təklif etmişdir. Bu üsulu peptidlərin müxtəlif fraksiyalara ayrılmasında ilk dəfə tətbiq edən isə Kreq olmuşdur.

Zülalların tərkibi haqqında tam təsəvvür əldə etmək üçün onların hansı aminturşu qalıqlarından ibarət olduğunu öyrənilməsi kifayət etmir. Əsas məsələ aminturşuların zülal molekulunda hansı ardıcılıqla yerləşməsini aydınlaşdırmaqdan ibarətdir. Bundan ötrü, zülalları hidroliz prosesinə uğradaraq kiçik molekullu peptidlərə parçalayır və ayrılıqda götürülmüş peptidlərin terminal hissələrində yerləşən aminturşuları təyin edirlər. *N*-terminal amin-



turşunu təyin etmək üçün ən əlverişli üsullardan biri Sengerin təklif etdiyi dinitrofenilaminturşu sınağıdır. Müəyyən şəraitdə zülallara dinitroflüorbenzolla təsir edərək, alınan məhsulu hidroliz reaksiyasına uğratdıqda *N*-terminal aminturşu dinitrofenil qalığı ilə birləşmiş şəkildə ayrılır, qalan aminturşular isə sərbəst olur.

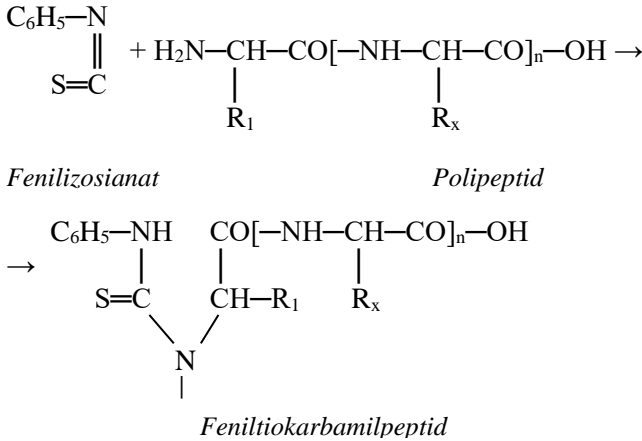
Götərilən üsulla aparılmış tədqiqat zamanı bir neçə növ DNF-aminturşu törəməsinin alınması, tədqiq olunan zülalın bir neçə polipeptid zəncirindən əmələ gəldiyini göstərir. Dinitroflüorbenzolun, zülalla qarşılıqlı təsirindən sonra reaksiya hidroliz edilir.



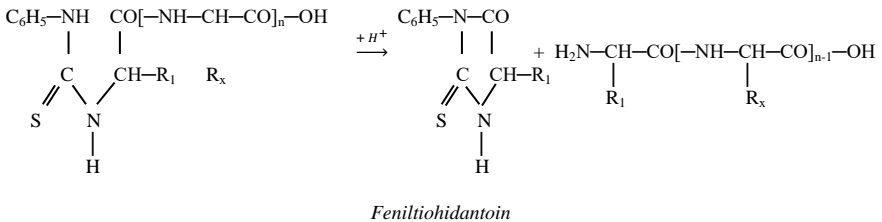
Hidrolizatda olan dinitrofenilaminturşu xromatoqrafiya üsulu ilə digər aminturşulardan ayrılır və onun tərkibinə hansı aminturşu qalığı daxil olduğu təyin edilir.

*N*-terminal aminturşunu təyin etmək üçün Edmond tərəfin-

dən təklif olunmuş feniltiohidantoin üsulundan da istifadə edilir. Bu üsul fenilzotiosianatın peptid zənciri ilə spesifik reaksiya verməsi prinsipinə əsaslanır. Əvvəlcə fenilzotiosianat peptid zəncirinin uc hissəsində yerləşən və sərbəst –NH<sub>2</sub> qrupuna malik olan aminturşu qalığı ilə birləşir:



Reaksiya məhsuluna turşu vasitəsilə təsir etdikdə N-terminal hissədə yerləşən aminturşu ilə fenilzotiosianatın birləşməsi peptid zəncirindən ayrılır və feniltiohidantoin adlanan tsiklik birləşmə əmələ gətirir:

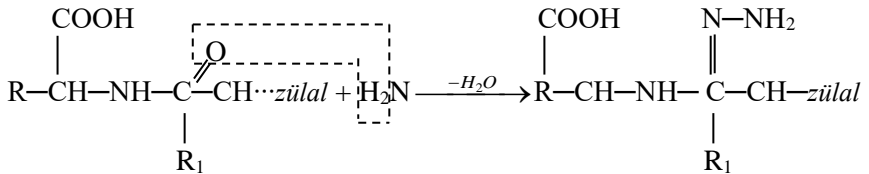


Bu reaksiya nəticəsində əmələ gələn feniltiohidantoinin tərkibinə hansı aminturşu qalığının daxil olduğunu xromatoqrafiya

üsuli ilə təyin edirlər. Reaksiyaları dəfələrlə təkrar etməklə amin-turşuların polipeptid zəncirində *N*-terminal hissədən başlamaqla hansı ardıcılıqla yerləşdiyi aydınlaşdırılır.

Amintuşuların peptid zəncirində hansı ardıcılıqla yerləşdiyini aydınlaşdırmaq üçün kalium-sianatdan və 1-dimetilamin-naftil-5-sulfonilxloriddən də istifadə etmək olar. Bu məqsədlə ekzopeptidazalardan da (xüsusən, alanin və leysinaminopeptidazadan) istifadə olunur. Bu fermentlər peptid rabitələrinin sərbəst amin qrupu olan tərəfdən hidroliz edir.

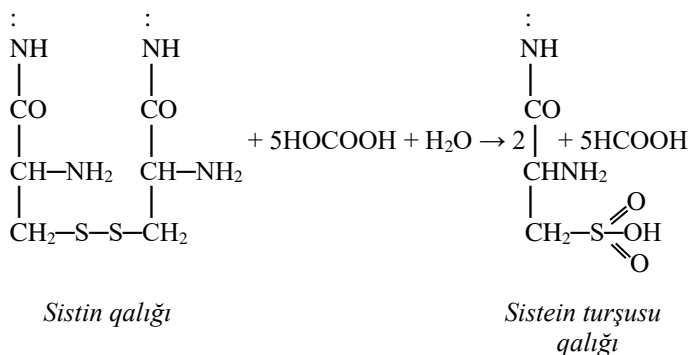
*S*-terminal aminturşunu təyin etmək üçün hidrazindən istifadə edilir. Hidrazin ( $H_2N-NH_2$ ) peptid rabitəsində olan karbonil ( $=C=O$ ) qrupuna təsir edərək hidrazonlar əmələ gətirir. O, peptid zəncirində yalnız karboksil qrupu sərbəst olan aminturşuya təsir edə bilmir. Deməli, hidrazinlə reaksiyaya girmiş zülalın hidrolizatında yalnız polipeptid zəncirində *S*-terminal vəziyyətdə yerləşmiş aminturşu sərbəst şəkildə tapıla bilər.



*S*-terminal aminturşunu təyin etmək üçün mədəaltı vəzinin fermenti olan karboksipeptidazadan da istifadə olunur. Bu fermentin zülal qısamüddətli təsiri zamanı polipeptid zəncirindən *S*-terminal aminturşu ayrılır. Ayrılan aminturşu müvafiq analitik metodlarla tədqiq edilir.

Zülal molekulu bir-birilə disulfid rabitəsi vasitəsilə birləşmiş müxtəlif polipeptid zəncirindən ibarət olarsa, onu ayırmaq üçün

performiat turşusundan  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$  istifadə edilir. Performiat turşusu disulfid rabitələrini parçalayır. Alınan polipeptidlərin hidrolizindən sonra, əmələ gələn sistein turşularının miqdarını təyin etməklə, zülal molekulunda olan disulfid rabitələrinin sayı haqqında nəticə çıxarmaq olar.



Zülal molekulunda aminturşuların yerləşmə ardıcılığının öyrənilməsində əsas məhələlərdən biri də polipeptid zəncirlərinin kiçikmolekullu peptidlərə (oligopeptidlərə) parçalanmasıdır. Bundan ötrü aminturşu rabitələrinə seçici təsir göstərən kimyəvi vasitələrdən və fermentlərdən istifadə edilir. Onların təsiri ilə əmələ gələn oligopeptidlərdə aminturşuların yerləşmə ardıcılığı yuxarıda göstərilən üsullarla aydınlaşdırılır.

Zülalları spesifik (seçici) təsir göstərən kimyəvi vasitələrlə hidrolizə uğratmaq üçün elə reaktivlərdən istifadə edilir ki, onlar yalnız müəyyən bir aminturşunun peptid rabitəsini parçalayır, başqa aminturşu rabitələrinə isə təsir etmir. Belə maddələrə misal olaraq bromsianidi (metionin qalıqlarına təsir edir), hidrosilamin (asparagin və qlisin qalıqları arasındakı rabitələri parçalayır) və *N*-bromsuksinamidi (triptofan qalıqlarına təsir edir) göstərmək olar.

Adətən, zülal molekullarında metionin qalıqları başqa aminturşulara nisbətən az olur. Buna görə də zülalları oliqopeptidlərə parçalamaq üçün bromsianiddən istifadə edilməsi daha əlverişlidir, çünki bu zaman əmələ gələn oliqopeptidlərin sayı az olur və onlar asanlıqla fraksiyalara ayrılır.

Zülalların hidrolizinin fermentativ üsulları proteolitik fermentlərin peptid rabitələrinə seçici təsir göstərmək xüsusiyyətinə əsaslanır. Məsələn, pepsin yalnız alanin, tirozin və qlütamin turşularının, tripsin – arginin və lizinin, ximotripsin isə triptofan, tirozin və fenilalaninin əmələ gətirdiyi peptid rabitələrinə hidrolitik təsir göstərir. Zülalları natamam hidroliz etmək üçün bir sıra bakterial mənşəli proteazalardan da istifadə edilir. Onların təsiri altında zülal molekulları oliqopeptidlərə parçalanır. Əmələ gəlmiş oliqopeptidləri elektroforez və xromatoqrafiya üsulları ilə müxtəlif fraksiyalara ayıraraq, tərkiblərini öyrənirlər.

Kimyəvi tərkibi yuxarıda göstərilən üsullarla öyrənilən ilk zülali maddə insulin olmuşdur. 1956-cı ildə F. Senger aydınlaşdırmışdır ki, insulin molekulu disulfid rabitəsi ilə birləşmiş iki polipeptid zəncirindən ibarətdir. Molekulu təşkil edən zəncirlərdən birində 21, digərində isə 30 aminturşu qalığı vardır. Zəncirlərdən birincisi *A*, ikincisi isə *B* hərfləri ilə işarə edilir. Disulfid rabitələrindən biri hər iki zəncirin 7-ci aminturşu (sistein) qalıqları arasında, digəri isə *A* zəncirində 20 və *B* zəncirində 19 vəziyyətində yerləşmiş sistein qalıqları arasında olur. Bundan əlavə, *A* zəncirində 6 və 11 vəziyyətində yerləşən sistein qalıqları arasında daxili disulfid rabitəsi vardır. İnsulin molekulundakı *A* polipeptidində *N*-terminal aminturşu qlisindən, *S*-terminal aminturşusu isə asparagindən ibarətdir. *B*-polipeptid zəncirində *N*-terminal aminturşu fenilalanin, *S*-terminal aminturşusu alanindir. Disulfid rabitələri 5 aminturşu qalığından ibarət olan dairə əmələ gətirir.



tez olunan polipeptid və zülal molekulu onu əhatə edən aləmdə minimum həcm tutmağa və maksimum əlaqələrə malik olmağa üstünlük verir. Heç bir zülal molekulu təklikdə yaşaya bilmir. Bu səbəbdən zülallar digər biomolekullarla birləşərək kompakt halında fəaliyyət göstərərək yaşaya bilirlər.

Orqanizmdə zülalların biokimyəvi rabitələrin hesabına birinci, ikinci, üçüncü və dördüncü quruluş səviyyəsi müəyyən edilmişdir.

**3.7 Zülalların birinci quruluşu.** Polipeptid zəncirində aminturşu qalıqlarının yerləşmə ardıcılığına zülalların birinci quruluşu deyilir. Aminturşu qalıqları arasında kovalent peptid rabitələrindən başqa disulfid ( $-S-S-$ ) rabitələri zülalların birincili quruluşuna daxildir. Aminturşularının birləşmə ardıcılığının dəyişməsi zülalın quruluşunun müxtəlifliyinə gətirib çıxardır. Müəyyən edilmişdir ki, insanlarda oraqvari anemiya xəstəliyi hemoqlobinin tərkibində olan 574 aminturşusundan  $\beta$  zəncirində 6-cı vəziyyətdəki qlutamin turşusu əvəzinə valin olması səbəb olur. Birinci quruluşun müəyyən edilməsində F. Cenger üsulundan başqa hazırda ən çox işlədilən Edman üsuludur. Bu üsulla fenilizotiasianatdan istifadə etməklə müasir avtomatik aminturşu analizatorlarının (sekvenatorların) köməyi ilə 2,5 saat müddətində zülal molekulunda 70-ə qədər aminturşu qalıqlarının ardıcılığını öyrənmək mümkün olur. Həmçinin müasir fiziki spektroskopik, lazer – fotodessosiasiya üsulları ilə zülalların tərkibində aminturşu qalıqlarının düzülüş ardıcılığını öyrənmək mümkündür.

Axırıncı onilliklərdə isə ən müasir üsul genetik kodlaşdırma üsuludur. Bu üsulla treoqlobulinin ən uzun zəncirlərinin 2750 aminturşu qalığından ibarət olması müəyyən edilmişdir. Hazırda 100 minə qədər zülalın birincili quruluşu bu üsullarla müəyyən olunmuşdur.

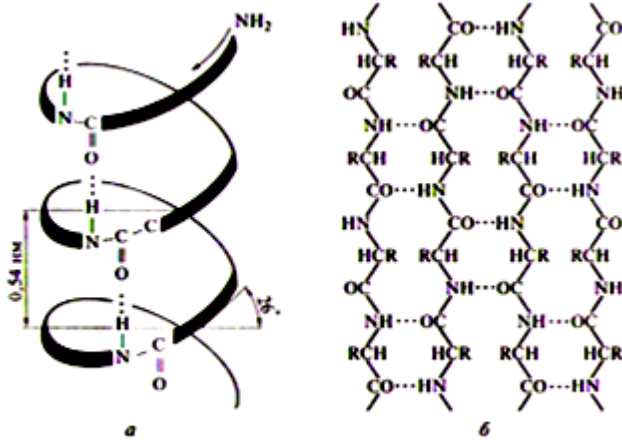




Sitoxrom zülalının əsas zəncirində olan 104 aminturşu qalıqlarının 27-nin düzülüş ardıcılığı müxtəlif növ (70-ə qədər) canlıda demək olar ki, dəyişmir, eynidir. Ancaq atlarda qaramaldan fərqli olaraq 48-ci aminturşu qalığı, toyuqlarda və qazlarda isə 50-ci və 72-ci aminturşu qalıqları fərqlənir.

Zülalların birinci quruluşunun müasir təhlili onların kimyəvi tərkibini, funksional aktivliyini, həyati fəaliyyətini təsdiq edir.

**3.8 Zülalların ikinci quruluşu.** Rentgenostruktur analiz və elektron mikroskopiyası üsullarının tətbiq edilməsi nəticəsində zülalların ikinci quruluşunun səviyyəsi, polipeptid zəncirinin vəziyyətinin spiralvari olduğunu göstərir. Bu quruluşun yaranması polipeptid zəncirində hidrogen və disulfid rabitələri ilə əlaqədardır. Spirallar isə dövrədəki aminturşu qalıqlarının sayından asılı olaraq 2 cür: alfa ( $\alpha$ ) və beta ( $\beta$ ) adlanır.



Şəkil 7. Zülal molekulunun  $\alpha$  spiral (a) və  $\beta$  spiral (b) formaları

Şəkilə görə kimi polipeptid zəncirləri slindirin daxilində burularaq sıxılmış halda yerləşmişdir. Zülalların ikinci quruluşunun açılmasında Polinq və Korinin böyük əməyi olmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, ikinci quruluşun əmələ gəlməsində kovalent polyar rabitələrlə yanaşı hidrogen rabitəsi də mühüm rol oynayır. Hidrogen rabitəsi karboksil radikalında olan oksigen atomu ilə amin qrupunda olan hidrogen arasında əmələ gəlir.

$\alpha$ -quruluşlu polipeptid zəncirləri  $\beta$  spiralına nisbətən davamlı olur.  $\alpha$  quruluşlu polipeptid zəncirləri molekul daxili hidrogen rabitələri hesabına əmələ gəlir və peptid rabitələri trans konfigurasiyada yaranır. Bu rabitələr peptid zəncirinə burğu və ya spiral forması verir. Spiral formasında dəfələrlə burulmuş polipeptid zəncirinin hər dövrəsinə orta hesabla 3,6 amin turşu qalığı düşür. Spiralın qonşu burulmaları (dairələri) arasındakı məsafə 0,54 nm, burulma bucağı  $26^0$  olur. Amin turşu qalıqlarının hər biri özündən əvvəlki qalıqdan spiralın boylama oxu üzrə 0,15 nm aralı yerləşir.  $\alpha$  spiralın hər bir dövrədə 4-ə yaxın,  $\beta$  spiraldə 5-dən artıq amin turşusunun qalığı olur.

Zülal molekullarında polipeptid zəncirlərinin ümumi uzunluğunun 75%-ə qədəri  $\alpha$  spiralı şəklində olur:

Hemoglobinədə 75%, yumurta albuminində 45%, ribonukleazada 17%, inək fibroinində 12%  $-\alpha$  spiralı şəklindədir. Qalan hissəsi isə spiralların əmələ gəlməsində iştirak etmir.

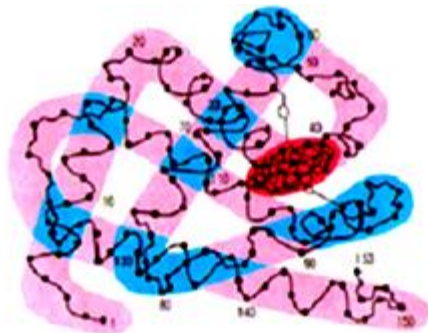
$\beta$  spiral forma davamsız olur. az rast gəlinir. Onlarda hidrogen rabitəsi əsasən müxtəlif molekullar arasında yerləşir və davamsız olur. Tərkibində çoxlu alanin və qlisin qalıqları olan zülallar  $\beta$  sturukturu əmələ gətirir.

Hər iki spiral formada burğuların istiqaməti saat əqrəbi istiqamətində və əksinə, yəni sağ və sol formalı ola bilər.

Fibrilyar və qlobulyar zülalların ikinci quruluşunun ansamblının əmələ gəlməsində paralel və antiparalel super spirallar ( $\beta\beta\beta$ ,  $\beta\alpha\beta$ ) da mühüm rol oynayır.

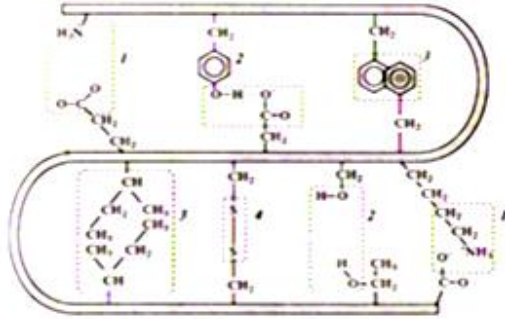
**3.9 Zülalların üçüncü quruluşu.** Polipeptid zəncirinin spi-

rallaşmış və spirallaşmamış hissələrinin növbələşməsi nəticəsində zülal molekulları qıvrılıaraq yumaq şəklində fəza konfigurasiyası əldə edir. Bu zülalların üçüncü quruluşu koordinat oxları (x, y, z) üzərində  $\alpha$  spiralların üç ölçülü fəza konfigurasiyasını ifadə edir. Bu quruluşun əmələ gəlməsində hidrogen rabitəsindən əlavə disulfid, ion rabitələri və molekullararası cazibə qüvvələri də iştirak edir. Hazırda rentgenostruktur analiz elektron mikroskopiya ilə 300-dən çox zülalın üçüncü quruluşu müəyyən olunmuşdur. Bu üsulla həmçinin mioqlobinin, lizosimin, pepsin, ribonukleazanın, hemoqlobinin və s. üçüncü quruluşu açılmışdır.



Şəkil 8. Mioqlobin molekulunun üçüncü quruluşu. Polipeptid zəncirində yalnız  $\alpha$  karbon atomları göstərilmişdir. Qırmızı həlqə hem molekuludur (qeyri-zülali hissə)

Mioqlobin 153 amin turşu qalığından təşkil olunmuş və 8 yerdə burulmuş bir polipeptid zəncirindən ibarətdir. Mioqlobin molekulu çox kompakt haldadır, onun daxilində 4 su molekulu yerləşir. Molekulda olan polipeptid zənciri qeyri zülali hissəsinə yəni hem hissəsinə sorulmuş şəkildədir. Bu xassə əzələ zülallarının oksigenlə təmin olunmasına kömək edir. Hüceyrələrdə oksidləşmə prosesinin getməsinə şərait yaradır.

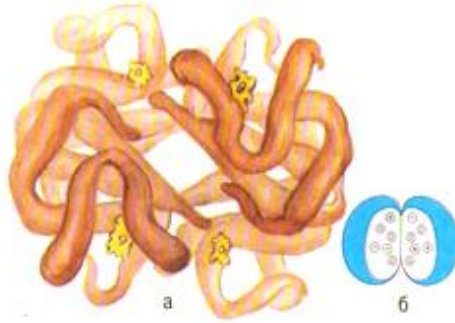


Şəkil 9. Zülalların üçüncü quruluşunun formalaşmasında kimyəvi rabitənin növləri: 1-ion rabitəsi; 2-hidrogen rabitəsi; 3- hidrofob rabitə; 4-kovalent (disulfid) rabitə

Zülalların bioloji aktivliyi onun üçüncü quruluşundan asılıdır. Beləki fermentlərinin aktiv mərkəzlərinin çox olması, fəallaşması üçüncü quruluşdan asılıdır.

### 3.10 Zülalların dördüncü quruluşu (kooperativləşmə).

Bəzi zülalların molekulları bir neçə ədəd bir-birilə ion, hidrogen və qeyri-polyar rabitələrlə birləşmiş struktur vahidlərindən ibarət olur. Məsələn hemoqlobin və laktodihidrogenaza molekulları hər biri ayrılıqda 4 polipeptid zəncirindən əmələ gəlmişdir. Bu cür qaydada polipeptid zəncirlərinin bir zülal molekulu şəklində birləşməsinə zülalların dördüncü quruluşu adlanır. Dördüncü quruluşu təşkil edən polipeptid zəncirləri *protomerlər* adlanır. Onların birləşməsindən əmələ gələn zülal molekulu *multimer* adlanır. Protomerlər ayrı-ayrılıqda bioloji aktivliyə malik olurlar. Onlar bir-birilə müəyyən rabitə növləri ilə birləşib səciyyəvi fəza quruluşu əldə etdikdən sonra (multimer əmələ gəldikdən sonra) öz spesifik bioloji funksiyalarını yerinə yetirir. Bu cəhətlərə görə dördüncü quruluş daha mürəkkəbdir.



Şəkil 10. Hemoqlobinin dördüncü quruluşu:  
 a) hər protomerdə hem hissə həlqə şəklində göstərilmişdir;  
 b) komplementarlaşmış həlqənin sxemi.

2  $\alpha$  və 2  $\beta$  polipeptid zəncirindən ibarət olan hemoqlobin molekulunun hər birinin molekul kütləsi 17000 Da olmaqla 4 protamerdən əmələ gəlmişdir.  $\alpha$ -zəncirində 141,  $\beta$ -zəncirində 146 amin turşu qalığı tetraed formasında tillərdə yerləşmişdir. Nəticədə yumaqşəkilli (şarşəkilli) 0,50 x 0,55x0,64 nm ölçüdə fəza forması alınır və qlobulin zülalını yaranır.

Tütün mozaikası virusunun zülalının molekul kütləsi 40 000 000 Da yaxındır. Onun 6%-ə qədərini ribonuklein turşusu qalan hissəsinin zülal təşkil edir. Zülal mültmerinin tərkibində 4 substrat (protomer) yerləşir. Hər protomerin öz təsir sahəsi vardır ki, bunlar da amin turşu radikalları ilə müəyyən olunur. Protomerlərin molekul kütləsi 1700-330000 Da arası tərəddüd edir. Protomerlər arasında Van-der-Vaals-London qüvvələri, polyar və hidrofilyl qrupların ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{NH}$ ,  $=\text{C}=\text{O}$ ,  $-\text{COOH}$ ) qarşılıqlı təsir qüvvəsi, hidrogen rabitələri və s. təsir göstərir. Hazırda bu cür rabitələrin hesabına protomerlər multmerləri əmələ gətirir və kooperativləşərək zülalların bioloji aktivliyini artırır.

Müasir fikirlərə görə zülalların dördüncü quruluşunun sax-

lanmasında aminturşu radikalları arasında hidrofil və hidrogen rabitələri əsas rol oynayır. Hazırda 100-ə qədər zülalın dördüncü quruluşu öyrənilmişdir.

**3.11 Zülalların təsnifatı və qısa xarakteristikası.** Zülallar yüksəkmolekullu birləşmələrdir, onların quruluşları, funksyaları, tərkibi hələ tam öyrənilməmişdir. Zülallar müxtəlif əlamətlərinə görə təsnif olunurlar.

Zülallar tərkiblərinə və fiziki, kimyəvi xassələrinə görə sadə və mürəkkəb zülallara bölünür.

**3.12 Sadə zülallar.** Sadə zülallar (proteinlər) hidroliz olunduqda ancaq aminturşularına, mürəkkəb zülallar (proteidlər) isə aminturşularından başqa, zülal təbiətli olmayan (nuklein, fosfat, yağ turşuları, karbohidratlar və s.) başqa birləşmələrə ayrılırlar. Zülal olmayan hissə *prostetik qrup* adlanır.

Sadə zülallar həll olmasına, aminturşu tərkibinə və xassəsinə görə bir neçə qrupa: albuminlərə, qlobulinlərə, prolaminlərə, qlütelinlərə, histonlara, protaminlərə, proteinoidlərə və ya skleroproteinlərə bölünür.

**Albuminlər.** Albuminlərə insan və heyvanların qan zərdabında, beyin-haram ilik mayesində, əzələlərdə, sinir toxumasında, süddə (laktoalbumin), yumurta zülalında (ovalbumin) və s.-də rast gəlinir. Zərdab albumininin tərkibində bir polipeptid zənciri vardır ki, o da 600-ə yaxın aminturşusunun qalığından əmələ gəlmişdir.

**Qlobulinlər.** Qlobulinlərin molekul kütləsi 100-300 min dalton arasında dəyişir. Bu zülallara qan plazmasındakı fibrinogen, zərdab qlobulinləri ( $\alpha$ -,  $\beta$ - və  $\gamma$ - qlobulinlər), süd qlobulinləri (laktoqlobulinlər), əzələ qlobulinləri, yumurta sarısındakı ovoqlobulinlər və qeyriləri aiddir.

**Prolaminlər.** Bu qrup zülallar ən çox bitkilərdə olur. Molekul kütlələri az olmaqla, 26-40 min dalton arasında tərəddüd edir.

Prolaminlərə misal arpada olan qordeini, qarğıdalıdakı zeini, buğda və çovdarda olan qliadini, vələmirdəki avenini və başqalarını göstərmək mümkündür.

**Qlütelinlər.** Zəif (0,2-2,0 %-li) qələvi məhlullarında həll olur, suda, neytral duzların duru məhlullarında isə həll olmur. Bunlara buğda qlüteini, düyü orizenini, qarğıdalı qlütelinini və qeyriləri aiddir. Buğda kleykovinasının çoxunu qlütelinlər təşkil edir. Bu zülalların toxumda miqdarı 1-3%-ə qədərdir.

**Histonlar.** Turşularda həll olur. Bu zülalların tərkibində diaminomonokarbon turşuları (lizin, arğinin) çox olduğundan (20-30%) əsasi xassə daşıyır və azotun miqdarı da nisbətən artıqdır, yəni 18%-ə yaxındır. Histonlarda triptofan olmur. Bunların molekulyar kütlələri 5-37 min arasında dəyişir. Bunlar nüvə zülalları hesab edilir. Çünki əsas nüvədə DNT-kompleksləri şəklində xromatində yerləşir.

Histonlar vəzifələrinə görə quruluş və genetik zülallar sayılır. DNT-nin fəallığını azaltmaqla RNT-nin sintezini ləngidir.

**Protaminlər.** Bu zülallarda əsaslıq xassəsi daha çoxdur. Aminturşu tərkibinin 60%-dən çoxunu, bəzi hallarda 80%-ni arginin təşkil edir, tirozin, triptofan, sistein, asparagin turşusu və metionin olmur. Molekulyar kütlələri 10 mindən çox deyildir.

Protaminlər az yayılmışdır. Bunlar əsasən spermada (klupein) və balığın kürüsündə olur.

**Proteinoidlər.** Fibrilyar quruluşa malik olmaqla istinad toxumalarının quruluşunda və mexaniki müdafiədə iştirak edir. Bu qrup zülallara kollagenlər və keratinlər aiddir. Kollagenlər birləşdirici toxumada olan fibrilyar zülallardır. Buraya sümük, qığırdaq, vətərlər, bağlar və birləşdirici toxumanın qeyri-zülalları aiddir. Bunlar birləşdirici toxumanın quruluş zülallarıdır.

**3.13 Mürəkkəb zülallar.** Mürəkkəb zülallar sadə zülallarla

qeyri-zülal təbiətli maddələrdən ibarətdir. Onlar hidroliz olunduqda sadə zülallara, fosfat turşusuna, nuklein turşularına, lipidlərə, metallara və bir sıra başqa birləşmələrə ayrılır.

Mürəkkəb zülallara nukleoproteidlər, xromoproteidlər, fosfoproteidlər, lipoproteidlər, qlikoproteidlər (mukoproteidlər), metalloproteidlər, metalloid-proteidlər aiddir.

**3.13.1. Nukleoproteidlər.** Nukleoproteidlər və ya nüvə zülalları bitki və heyvan hüceyrələrində olur.

Nukleoproteidlərin tərkibində qeyri-zülal təbiətli maddələr nuklein turşularıdır. Nuklein turşuları 2 növdən ibarətdir. Onlardan bir qrupuna dezoksiribonuklein turşuları (DNT) və digərinə isə ribonuklein turşuları (RNT) deyilir. Bunlar özləri də mürəkkəb maddələrdir və mononukleotidlərin polimerləşməsindən əmələ gəlmişdir. Nuklein turşularının əmələ gəlməsində 3 müxtəlif qrup maddələr: azotlu əsaslar, pentozalar və fosfat turşusu iştirak edir.

**3.13.2. Xromoproteidlər.** Xromoproteidlər tərkibində sadə zülallar-dan başqa müxtəlif rəngli maddələr də saxlayır. Bunlara misal eritrositlərdə olan hemoqlobini, əzələlərdə olan mioqlobini, bitkilərin xlorofilini, gözün torlu təbəqəsindəki rodopsini və başqalarını göstərmək mümkündür.

Hemoqlobin sadə zülal qlobinə prostetik qrup olan hemin birləşməsindən əmələ gəlir. Bir molekul qlobinlə dörd molekul hem birləşir, hemin hər molekulunda bir atom da dəmir vardır.

**3.13.3. Mioqlobin də xromoproteiddir.** Əzələlərdə olmaqla, hemoqlobinə nisbətən bəsitdir. Mioqlobin molekulda bir hem molekulunu və 153 aminoturşusunun qalığından əmələ gəlmiş bir polipeptid zəncirindən ibarət zülal molekulunu vardır. Bunun oksigenə hərisliyi hemoqlobindən artıqdır.

Fermentlərdən katalaza, peroksidaza, sitoxromlarda xromoproteidlərə aiddir. Bunların prostetik qrupları həmə yaxın maddə-



lərdir.

Flavoproteidlər və rodopsin də xromoproteiddir. Flavoproteidlərin prostetik qrupu B<sub>2</sub> vitamini, rodopsininki isə A vitamini-dir.

Rodopsində A-vitamini 11-sis-retinal şəklindədir.

Rodopsin gözün torlu qişasının fotoreseptor təbəqəsində (membrana) zülalların 80-85%-ni təşkil edir.

**3.13.4. Metalloproteidlər və metalloproteidlər.** Bu qrup mürəkkəb zülalların tərkibində sadə zülallardan başqa prostetik qrup: dəmir, mis, sink, kobalt, kalsium, flüor və qeyri elementlər də olur. Metalloproteidlərdən qaraciyər və dalaqda olan fermentlərdə dəmir (20%) və sink vardır. Bu zülal orqanizmdə dəmirin deposu sayılır.

Hemosiderin də tərkibində dəmir saxlayan zülaldır. Bunda 25% nukleotid və karbohidrat vardır. Bu zülal əsasən retinukloendateli hüceyrələrində olur.

**3.13.5. Fosfoproteidlər.** Fosfoproteidlərin tərkibində prostetik qrup olaraq fosfat turşusuna təsadüf olunur. Bu da serinfosfat və treoninfosfat şəklindədir.

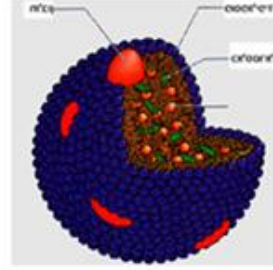
Fosfoproteidlərə misal süddə olan kazeini, yumurta sarısındakı ovovitellini, balıq kürüsündəki ixtulini və s.-ni göstərmək olar. Bunlar ehtiyat qida zülalları sayılır. Fosfoproteidlər heyvanların bəzi üzvlərində (məsələn: qaraciyərdə) fosfat turşusunun fəal forması kimi mübadilə proseslərində fəal iştirak edir. Fermentlərdən pepsin, fosforilaza, fosfoqlükomutaza da fosfoproteiddir.

**3.13.6. Lipoproteidlər.** Lipoproteidlər sadə zülallarla lipidlərin (yağ turşuları, neytral yağlar, fosfatidlər, sterinlər) birləşməsindən əmələ gəlir.

Lipoproteidlərin bəziləri suda həll olan kompleks birləşmələrdir. Bunlarda lipidlər daxildə, zülallar isə xaricdə yerləşir. Zülal

hissəsi daxildə və lipid hissəsi xaricdə yerləşən lipoproteidlər yalnız üzvi həlledicilərdə həll olur.

Lipoproteidlər çox labil (davamsız) birləşmələrdir. Bunlar hüceyrələrin orqanellalarının əmələ gəlməsində iştirak edir. Lipoproteidlər hüceyrə pərdəsinin tərkib hissəsini təşkil etməklə sızma prosesinin tənzim olunmasında mühüm rol oynayır.



Lipoproteidlərə bütün toxumalarda rast gəlinir. Bunlara ən çox sinir toxumasında, qan zərdabında, yumurta sarısında, süddə və s.-də rast gəlinir.

Şəkil 11. Lipoproteidlər  
Yağların zülallarla birləşmiş kompleks forması.  
Bu kompleks triqliseridlərin və yağ turşularının  
qana keçməsinə təmin edir.

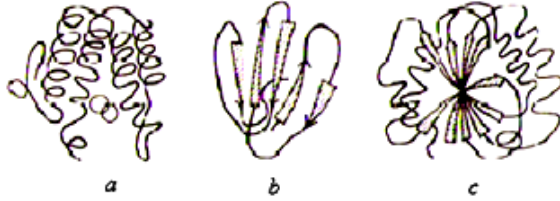
**3.13.7. Qlikoproteidlər.** Qlikoproteidlərə *mukoproteidlər* də deyilir. Bunlar sadə zülalların karbohidratlarla (qlükoza, qalaktosa, maltoza, fruktoza, qlükozamin, qlükuron turşusu, sulfat turşusu, sirkə turşusu və s.) və onların törəmələrinin (neyramin və sial turşuları) birləşməsindən əmələ gəlir. Karbohidratlar bu zülalların 10-20%-ni, aminşəkərlər isə 4%-ə qədərini təşkil edir. Məsələn, qammoqlobinlərin tərkibinin 20%-ə yaxını karbohidratlardan ibarətdir. Bu qrup zülallardan sümük toxumasında, qığırdaqlarda, gözün buynuz təbəqəsində, həzm şirələrində olan musinləri və mukoidləri, qan plazmasındakı qaptoqlobinləri, fetuini göstərmək mümkündür.

Zülallar molekullarının formalarına, fəza quruluşlarına (konformasiyasına) görə 2 qrupa: fibrilyar və qlobulyar zülallara bölünür. Fibrilyar zülallar uzun sapvari formalıdır, suda, duz məhlulunda həll olmur. Kallogen, keratin, fibronin və s. belə zülallardandır. Qlobulyar zülallar dairəvi, kürə formasındadır. Suda həll

olur – mioqlobin, hemoqlobin, zərđab albumini, ribonukleaza və s. belə zülallardandır. Bəzi zülalları (fibrinogen, miozin və s.) aralıq tipə məxsusdur.

Zülalların yuxarıda sadalanan təsnifatı təfəsilatı ilə tam düzgün hesab olunmur. Bir çox zülallar bu və ya digər qrupa aid olan xassələri özündə əks etdirir. Bu səbəbdən zülalları əsasən iki əlamətlərinə görə ayırırlar. Fəza quruluşuna və funksiyalarına görə.

**I. Fəza quruluşlarına görə fərqlənən zülallar.** Bu əlamətlərə görə qlobulyar zülallar dörd sinifə bölünür;



Şəkil 12. Müxtəlif sinif zülalların quruluş modeli: a-mioqemeoritrin ( $\alpha$ -zülal) həlqələr dəmir atomlarıdır; b-erabutoksin ( $\beta$ -zülal); c-flavodoksin ( $\alpha/\beta$  zülal) oxlarda  $\beta$ , spirallarda  $\alpha$  quruluş, bütöv xətlər nizamsız quruluş verilmişdir.

1)  $\alpha$ - zülallar – polipeptid zəncirinin 60%-dən çoxu  $\alpha$  spirallardan təşkil olunanlar.

2)  $\beta$  –zülallar – polipeptid zənciri  $\beta$  spirallardan (2-dən az olmamaq şərtilə) təşkil olunanlar.

3) ( $\alpha+\beta$ )- zülallar-polipeptid zənciri hər iki quruluşda təşkil olunanlar.

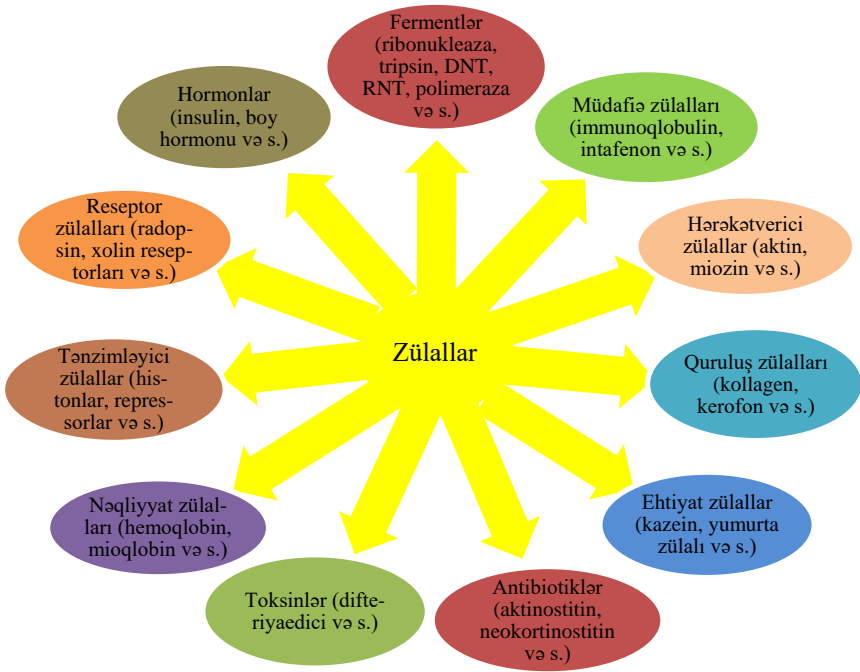
4)  $\alpha/\beta$  -zülallar- polipeptid zəncirinin  $\alpha$  sturukturunun  $\beta$ -strukturunun əhatəsində olanlar və ya əksinə  $\beta$ -strukturunun  $\alpha$ -spiralinin əhatəsində olan zülallar.

Qlobulyar zülalların ən çox rast gəlinənləri  $\alpha/\beta$  quruluşda olanlardır. Sonrakı yeri  $\beta$  quruluş tutur,  $\alpha$  və  $\alpha+\beta$  quruluşda isə olan qlobulyar zülallara az rast gəlinir.

## ***II.Funksiyalarına görə zülallar aşağıdakı qruplara ayrılırlar:***

Zülalların müəyyən fəza quruluşuna malik olması, orqanizmdə hər hansı bir funksiya daşması hüceyrənin əmələ gəlməsində bioloji xassələrinin formalaşmasında əsas rol oynayır.

Zülalların funksiyası aşağıdakı sxemdə daha aydın göstərilmişdir.

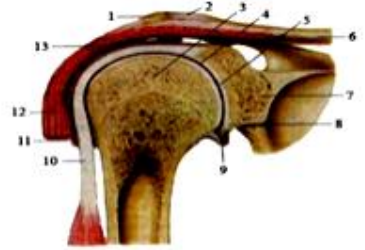


### **1. Quruluş funksiyaları.**

Zülallar hüceyrə xarici quruluş funksiyalarını yerinə yetirirlər: İpəyin tərkibində rast gəlinir, tükün və dırnağın quruluşunu təmin edir, dəriyə quruluş və quruluq verir, ətrafların qurulmasında iştirak edir.

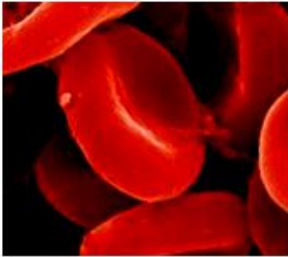


Şəkil 13.

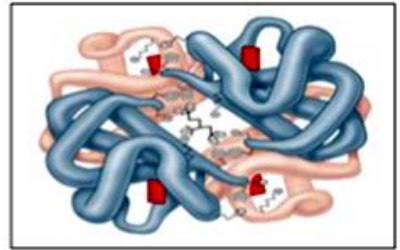


Şəkil 14.

**2. Nəqliyyat funksyası.** Bir çox zülallar müxtəlif tərkibli maddələrlə birləşərək onları hüceyrənin bir hissəsindən digərinə daşınmasını təmin edir. Məsələn, qanın eritrositlərinin tərkibində olan hemoqlobin  $O_2$  və  $CO_2$ -in toxumalara daşınmasını yerinə yetirir.

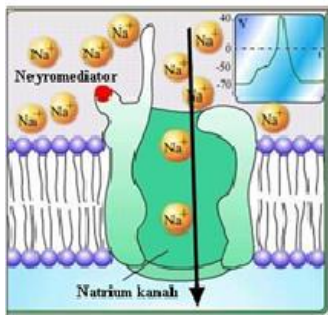


Şəkil 15.

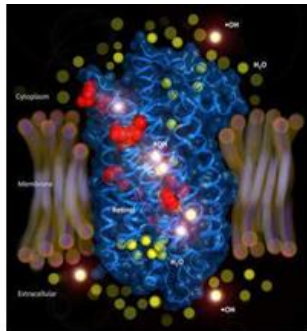


Şəkil 16.

Hüceyrə membranının tərkibində xüsusi tərkibli zülallar vardır ki, onlar aktiv təşkil olunmuş formada bir çox maddələri və ionları özlərinə birləşdirərək hüceyrə daxilinə və xaricinə daşınmasını təmin edirlər. Bu daşınmanın hesabına hüceyrə və toxumalarda maddələr mübadiləsinin və enerji mübadiləsinin getməsi üçün şərait yaranır. Orqanizmin bütün hüceyrə və toxumaları bu prosedə iştirak edir.

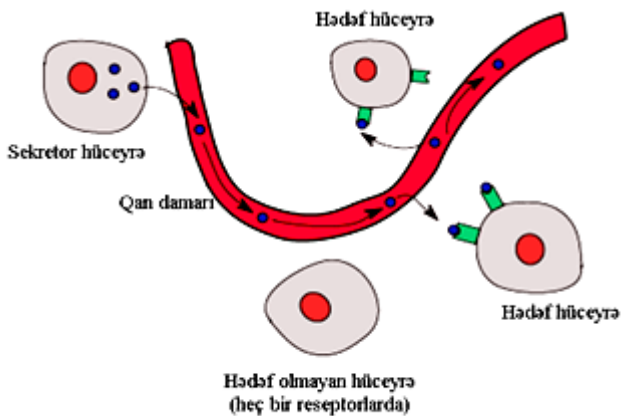


Şəkil 17.



Şəkil 18.

**3. Tənzimləyici funksiyaları.** Bəzi zülallar hormon funksiyası, yəni tənzimləyici rolunu yerinə yetirir. Hormonlar bioloji aktiv maddələrdir, onlar xüsusi vəzilərdə sintez olunaraq qana daxil olur və maddələr mübadiləsinin tənzimlənməsində iştirak edir.

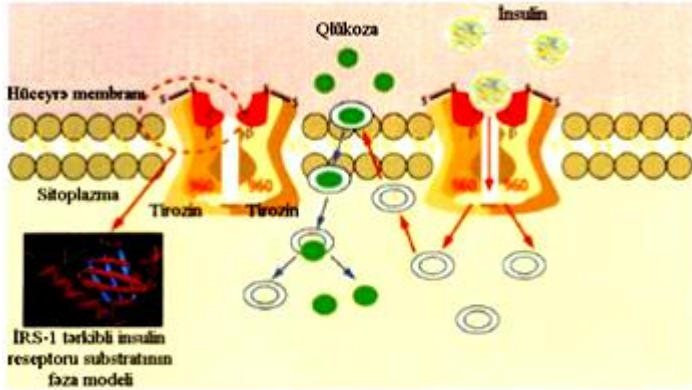


Şəkil 19.

İnsulin hormonu qanda qlükozanın miqdarını tənzimləyir və qlükozanın qlikogenə çevrilməsini təmin edir.

**4. Reseptor funksiyası.** Zülal reseptorları hüceyrə membranında zülalların qurulmasında iştirak edirlər. Onlar bu funksiyanı

yerinə yetirdikləri zaman hər hansı bir kimyəvi birləşməni özünə birləşdirmək üçün hətta öz quruluşlarını da dəyişməyə qadirdirlər.

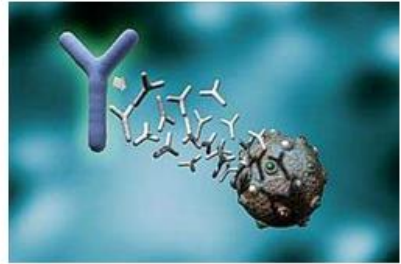


Şəkil 20.

**5. Müdafiə funksiyası.** Orqanizmə yad zülallar və ya mikro-orqanizmlər (antigenlər) daxil olduqda orqanizmin özündə bəzi müdafiə xarakterli (antigəllər) zülallar sintez olunur ki, həmin zülallar antigenlərlə əlaqəyə girərək onları məhv etmək funksiyalarına malikdirlər.



Şəkil 21.

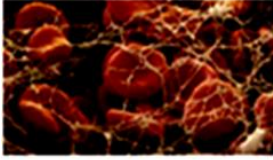


Şəkil 22.

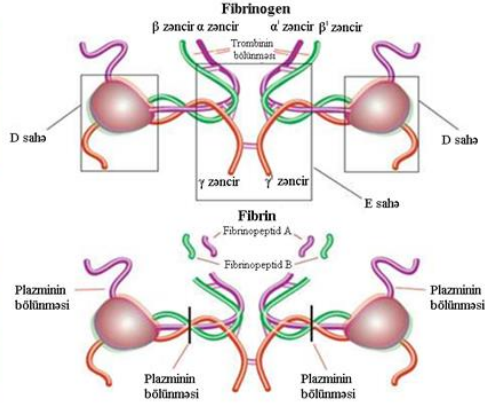
Müdafiə funksiyası daşıyan fibrin zülalı fibrinogendən əmələ gəlir və qanaxmanın qarşısını alır.



Şəkil 23.

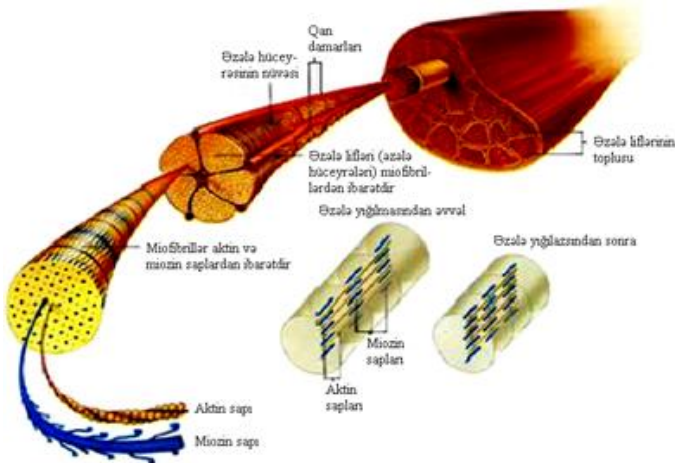


Şəkil 24.



Şəkil 25.

**6. Hərəkət funksyası.** Qısa əzələlərin xüsusi zülalları (aktin və miozin) hüceyrənin və orqanizmin bütün hərəkətlərinin yerinə yetirilməsində iştirak edir. Aktin və miozin təkhüceyrəliyərdə və çoxhüceyrəliyərdə əzələ qısalması prosesində iştirak edir. Həmçinin bu zülallar bitkilərdə yarpaqların hərəkət proseslərində və s. iştirak edir.



Şəkil 26. İş zamanı əzələlərin yığılması



**7. Ehtiyat funksyaları.** Bu funksyaları ehtiyatda olan zülallar yerinə yetirir. Ehtiyat zülalları enerji ehtiyatı yığır. Hemoqlobinin parçalanmasından ayrılan dəmir ionu orqanizmdən xaric olunmur, orqanizmdə qalaraq bəzi zülallarla ferritin tərkibli komplekslər əmələ gətirir.

Süd kazeini



Şəkil 27.

Yumurta albumini



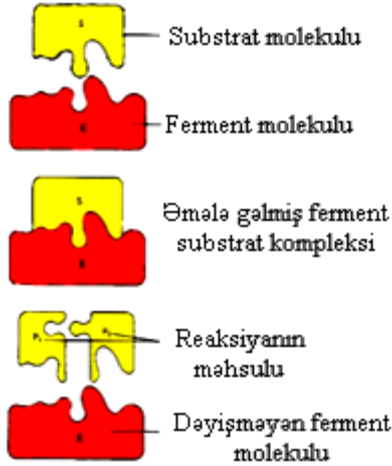
Şəkil 28.

**8. Energetik funksya.** Orqanizmdə karbohidratlar və lipidlər azlıq təşkil etdikdə bəzi zülallar parçalanaraq enerji kimi istifadə edilir. Bir qram zülalın parçalanmasından 17,6 KCal enerji alınır. Zülallar əvvəlcə aminturşulara sonra isə son məhsul olaraq  $CO_2$ ,  $NH_3$  və  $H_2O$  parçalanırlar.



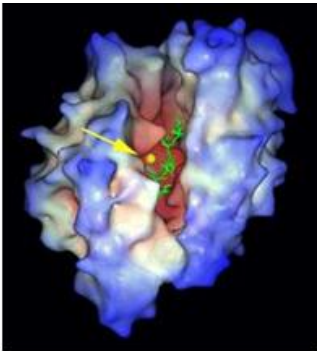
Şəkil 29.

**9. Katalitik funksiya.** Bir çox qlobulyar zülallar ferment kimi funksiyaya malikdir. Ferment zülallar biokimyəvi reaksiyaları kataliz edir, onları sürətləndirir. Fermentə birləşərək reaksiyanın sürətini dəyişən molekula – *substrat* adlanır.

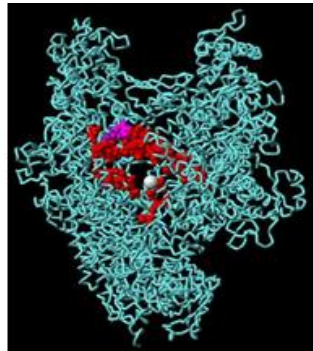


Şəkil 30.

Substratın fermentə birləşən hissəsi fermentin aktiv mərkəzi adlanır. Aktiv hissə bir neçə aminturşu qalığından ibarət olur ki, onlar *katalitik aminturşular* adlanır.



Şəkil 31.



Şəkil 32.

## Mövzuya aid suallar

1. Zülalların kimyəvi tərkibini, molekul kütləsini və molekulunun formasını xarakterizə edin.
2. Zülalların ayrılması və fraksiyalaşdırılma üsullarını göstərin.
3. Zülalların aminturşu tərkibini, onların aminturşu radikal-larından asılı olaraq xassələrinin xarakterik xüsusiyyətlərini, peptid əlaqəsini izah edin.
4. Zülalların birinci və ikinci quruluşu ilə əlaqəli olaraq bioloji xassələrini xarakterizə edin.
5. Zülalların üçüncü və dördüncü quruluşunu aydınlaşdırın. Bu quruluşların yaranmasında hansı rabitələr əsas rol oynayır?
6. Zülalların fiziki-kimyəvi xassələrini yazın. Çökmə ilə denaturasiyanın fərqi izah edin.
7. Zülalların neytral, turş və əsasi xassəli olmasını, izoelektrik nöqtə və pH-ı barədə məlumat verin.
8. Hansı zülallar dördüncü quruluşa malikdirlər?
9. Zülalların prostetik qrupunu hansı birləşmələr əmələ gətirə bilər?
10. Sadə zülallardan insan orqanizmində rast gəlinənlər hansılardır?
11. Polipeptidlər zülallardan hansı əlamətlərilə fərqlənir?
12. Metaloproteidlərin bioloji rolunu aydınlaşdırın.

## IV FƏSİL

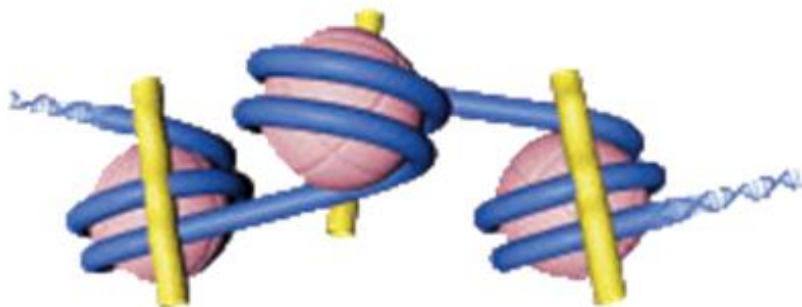
### 4. NUKLEİN TURŞULARI

Nuklein turşuları- elementar tərkibli azot əsasları, pentozalar və fosfat turşusu olan yüksəkmolekullu birləşmələrdir. Nuklein turşularını ilk dəfə 1868-ci ildə İsveç həkimi F. Mişer sarğı materiallarında olan irin hüceyrələrində qeyr-adi fosforlu birləşmə olduğunu aşkar etdi və bunları nukleinlər (latınca nulkeus-nüvə) adlandırdı. 1889-cu ildə Z. Altman heyvan toxumalarından və maya köbələklərindən nuklein turşularının zülallardan ayrılmasına nail oldu. Daha sonra Kossel hüceyrələrdə NT-nin iki növü olduğunu aydınlaşdırdı. XX əsrin əvvəllərində Levin və Qulland NT-nin makromolekulyar strukturu haqqında nəzəriyyə irəli sürdülər.

Son zamanlar NT-nin rolu haqqında məlumatlar əldə edilmişdir: onlar genetik informasiyaların mühafizə olunmasında, saxlanmasında, nəsilən nəsilə ötrülməsində və bu informasiyaların həyata keçirilməsində vacib komponentdir. NT-i zülalların və hüceyrə orqanoidlərinin sintezini idarə edir, biokomplekslər formasında fəaliyyət göstərir.

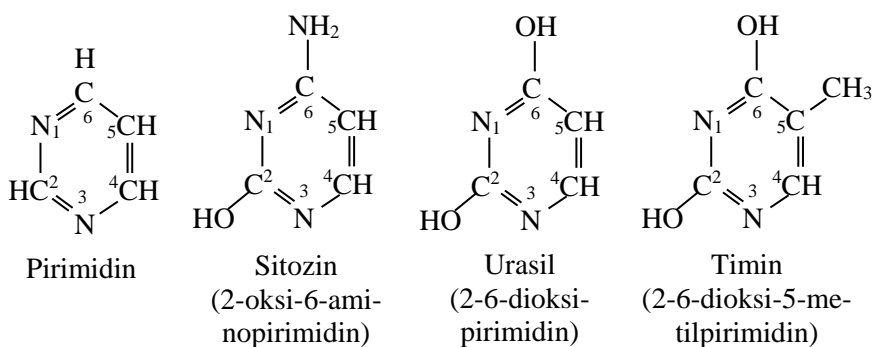
#### 4.1 Nuklein turşularının kimyəvi tərkibi və növləri

Müxtəlif mənbələrdən alınan NT tam hidroliz olunduqda pirimidin və purin əsasları, pentozalar və həmçinin fosfat turşusu əmələ gəlir. Natamam hidroliz zamanı nukleozid və nukleotidlər alınır. NT-in hamısının tərkibində pirimidin əsaslarından sitozin, urasil və timinə təsadüf edilir.



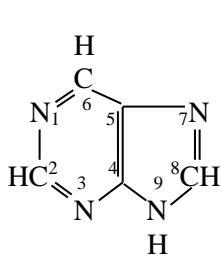
**Şəkil 33. Nuklein turşusunun strukturu**

Azot əsaslarından olan – pirimidin əsaslarına (pirimidinin törəmələri) – sitozin (S), urasil (U) və timin (T) aiddir.

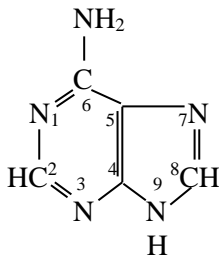


Azot əsaslarından olan digər birləşmələr – purin əsaslarına (purinin törəmələridir) adenin (A) və quanin (Q) aiddir.

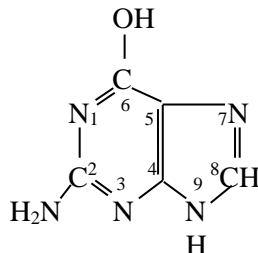
Pirimidin əsaslarından fərqli olaraq purin əsaslarında kondensləşmiş iki heterotsiklik həlqə olur. Purin molekulunu pirimidinlə imidizol həlqələrinin birləşməsi hesab etmək olar. İmidazol həlqəsinin purin molekuluna birləşmiş purin əsaslarının aktivliyini artırır. Purin törəmələrindən adeninə (6-aminopurin) və quaninə (2-amin-6-hidroksipurin) nuklein turşularının hidrolizi məhsulları arasında daha çox təsadüf edilir.



Purin

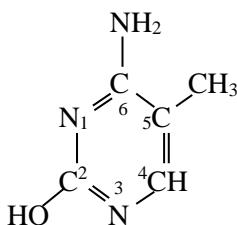


Adenin  
(6-aminopurin)

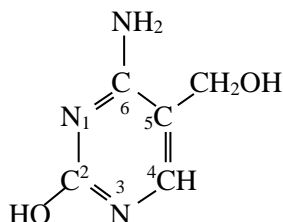


Quanın  
(2-amino-6-oksipurin)

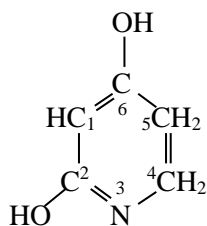
Bundan əlavə NT-in tərkibində az təsadüf olunan (mınar) azot əsaslarına rast gəlinir.



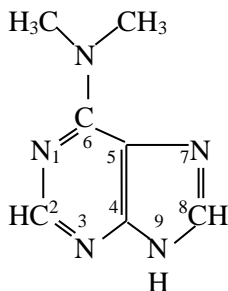
5-Metilsitozin



5-oksimetilsitozin



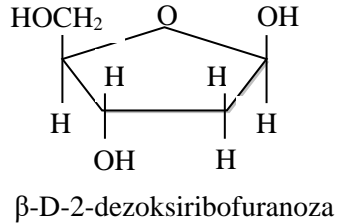
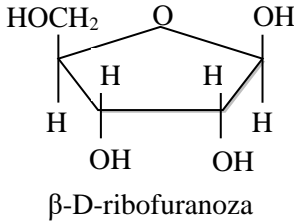
4,5-Dihidrourasil



N<sub>6</sub>-Dimetiladenin

Nuklein turşularının tərkibinə karbohidratlardan monosaxaridlərin iki nümayəndəsi  $\alpha$ - $\beta$  fruktofuranoz formada riboza və

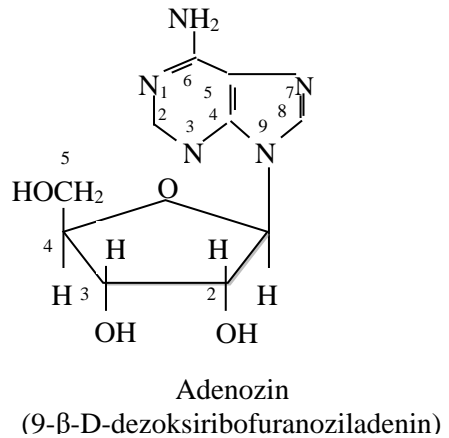
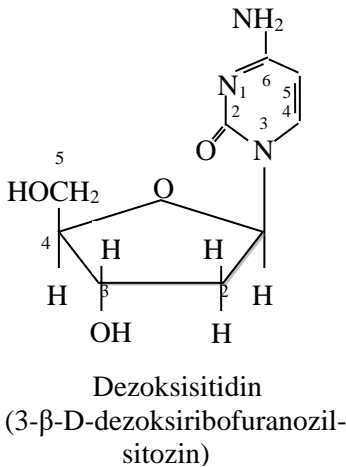
dezoksiriboza daxildir.



NT-in təbiətdə tərkibinə, quruluşuna və funksyasına görə iki növü ayırd edilir. Bunlar aşağıdakılardır:

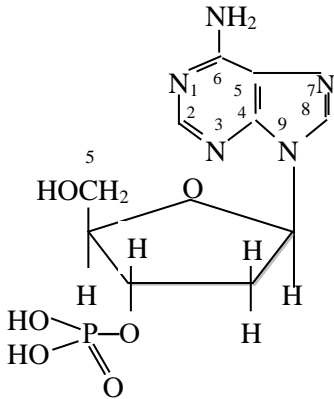
DNT-dezoksiribonuklein turşusuna və RNT-ribonuklein turşusuna ayrılır. DNT –də azot əsaslarından – timin, RNT-də isə urasil olur. Həmçinin RNT-də bir çox minar azot əsaslarına rast gəlinir. DNT-də minar azot əsaslarına az rast olunur.

**Nukleozidlər**-purin və ya pirimidin əsası ilə pentozaların birləşmələridir. Adenin riboza ilə birləşməsindən – adenzin, quaninlə birləşməsindən isə timidin tərkibli nukleozidlər əmələ gəlir.

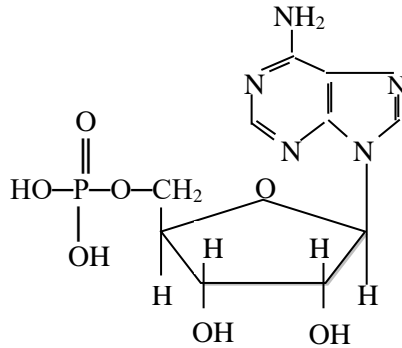


Əgər nukleozidin tərkibində ribozanın əvəzinə dezoksiriboza birləşərsə “dezoksi” şəkilçisi əlavə edilir. Belə olan halda dezoksiadenozin, dezoksistidin və s. tərkibli nukleozidlər alınır.

**Nukleotidlər**-nukleozidlərin fosfat turşusu ilə əmələ gətirdiyi efiirlərdir. Fosfat turşusu riboza (və ya dezoksiriboza) molekuluна 3<sup>1</sup>-cü və ya 5<sup>1</sup> karbon atomunda olan hidrosil qrupuna birləşir. Nəticədə adenzinmonofosfat (AMF) nukleotidi alınır.

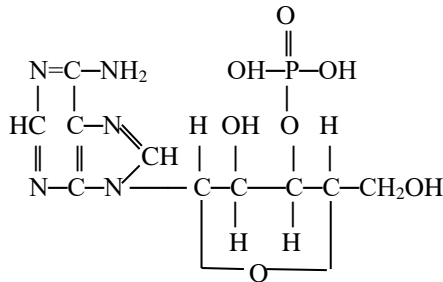


Dezoksiadenozin-3-monofosfat (d-3-AMF)



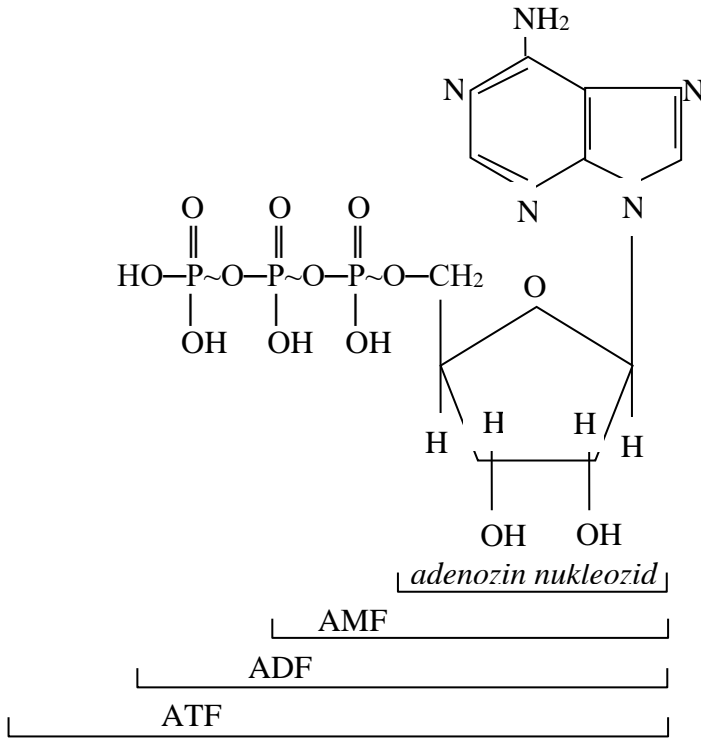
Adenzin-5-monofosfat (5-AMF)

Əgər adenzin nukleotidinə iki molekula fosfat turşusu birləşərsə adenzindifosfat (ADF) üç molekula fosfat turşusu birləşərsə müvafiq olaraq adenzintrifosfat (ATF) nukleotidi alınır.



Adenil turşusu (Adenzin-3-fosfat)





Həmçinin bu qayda ilə QMF, QDF, QTF, SMF, SDF, STF, UMF, UDF və UTF sintez oluna bilər.

Fosfat turşusu molekulları arasında makroergik efir rabitələri çox zəifdir və asan qırılır.

RNT-nin hidroliz zamanı ribonukleotidlər, DNT-in hidrolizi zamanı dezoksiribonukleotidlər alınır. Toxumalarda sərbəst şəkildə ADF və ATF tapılmışdır. Onlar orqanizmdə gedən oksidləşmə reduksiya proseslərinin fəal iştirakçılarıdır. Həmçinin digər nukleotidlər də vacib fizioloji əhəmiyyətə malikdirlər. Nukleotidlər demək olar ki, oranizmdə gedən bütün biokimyəvi proseslərdə mühüm rol oynayır. Bir çox mononukleotidlər amin, karbohidrat və s. qalıqlarının bir birləşmədən digərinə ötürülməsində, enerji

mübadiləsində koferment kimi iştirak edirlər.

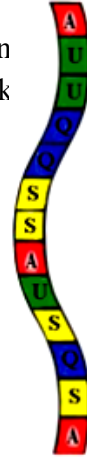
**Nuklein turşuları (NT).**- mononukleotidlərin müxtəlif sayda (minlərlə) bir-birilə efir tipli rabitə ilə birləşərək oliqonukleotid və polinukleotid zəncirindən ibarət yüksəkmolekullu biopolimerlərdir. Poliribonukleotidlərin (RNT) tərkibində purin nukleotidlərindən adenil və quanil turşuları, pirimidin nukleotidlərindən sitidil və uridil turşuları olur. Polidezoksiribonukleotidlərin (DNT) tərkibində isə dezoksiadenil, dezoksiqvanil, dezoksitidil və timidil turşuları mövcuddur. RNT-in əmələ gəlməsində pentozalardan riboza, DNT-də isə dezoksiriboza iştirak edir.

RNT- molekulunda 60-dan 6 minə qədər nukleotid qalığından, DNT molekuları isə 20-25 min və daha çox (10 mln-a qədər) nukleotiddən əmələ gəlir. Dörd xromosomu olan DNT molekul kütləsi  $11,3 \cdot 10^{10}$  Da-dur. Belə DNT molekulunun uzunluğu 2,1 sm-ə çatır. Bu DNT molekulunda 62 mln nukleotid cütü mövcuddur.

İnsanların somatik hüceyrələrinin nüvəsində 23 cüt xromosom yerləşir. Hər bir hüceyrədə bir molekul DNT olur. İnsanın bir hüceyrə toxumasında 46 molekul DNT olur. İnsanın bir hüceyrə toxumasında olan 46 molekul DNT-in uzunluğu 2 metrə çatır. Onda olan nukleotid cütlərinin sayı 3,2 mlrd. Son zamanlar DNT-in yeni A, B, C, D, Z formaları müəyyən edilmişdir. A-formada polinukleotid zəncirində azot əsasları aralı, B- formada isə yaxın yerləşir. O. biri C, D, Z formalarında isə qarışıq halda yerləşirlər.

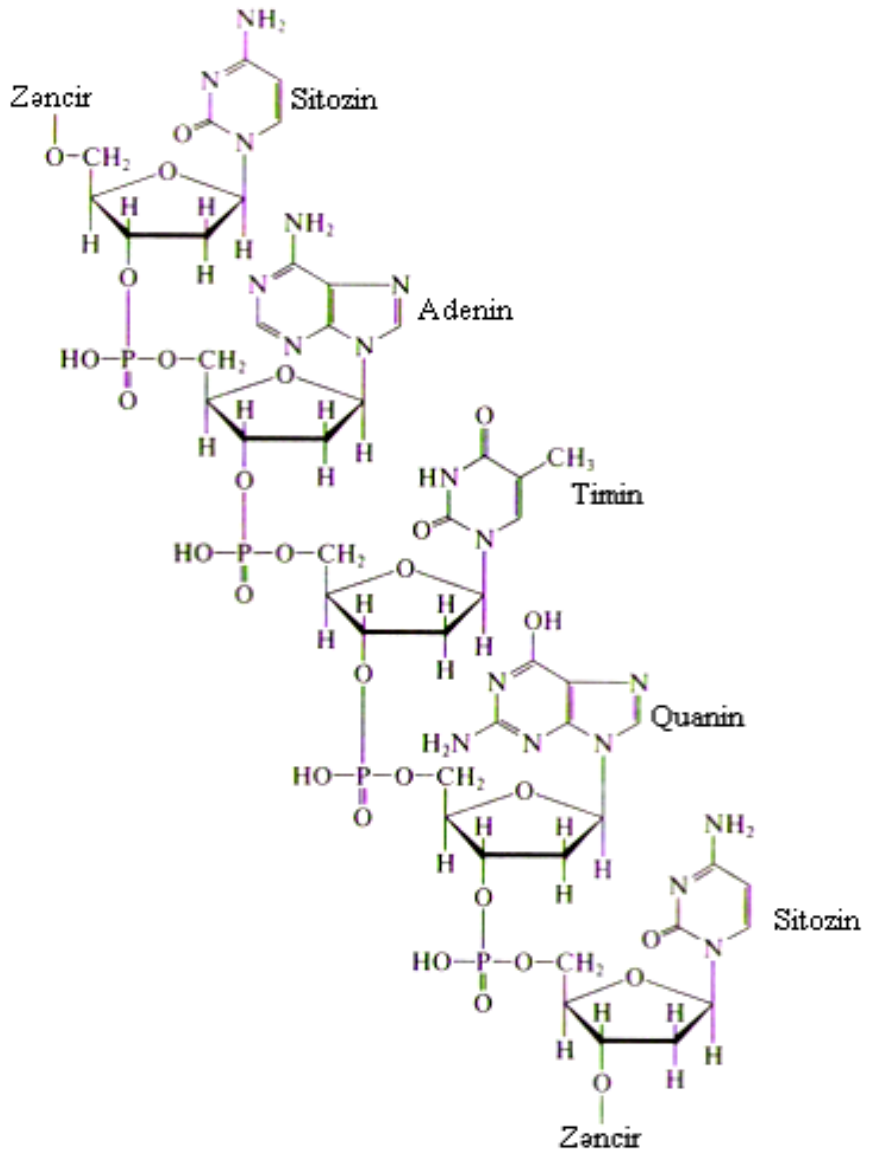
Nuklein turşularının molekulalarında nukleotidlərin yerləşmə ardıcılığına, onların *birincili quruluşu* deyilir.

Nuklein turşusu molekulalarını təşkil edən monomerlərin (nukleotidlərin) fəzada tutduğu mövqe (fəza konfiqursiyası) onların *ikincili quruluşu* adlanır.

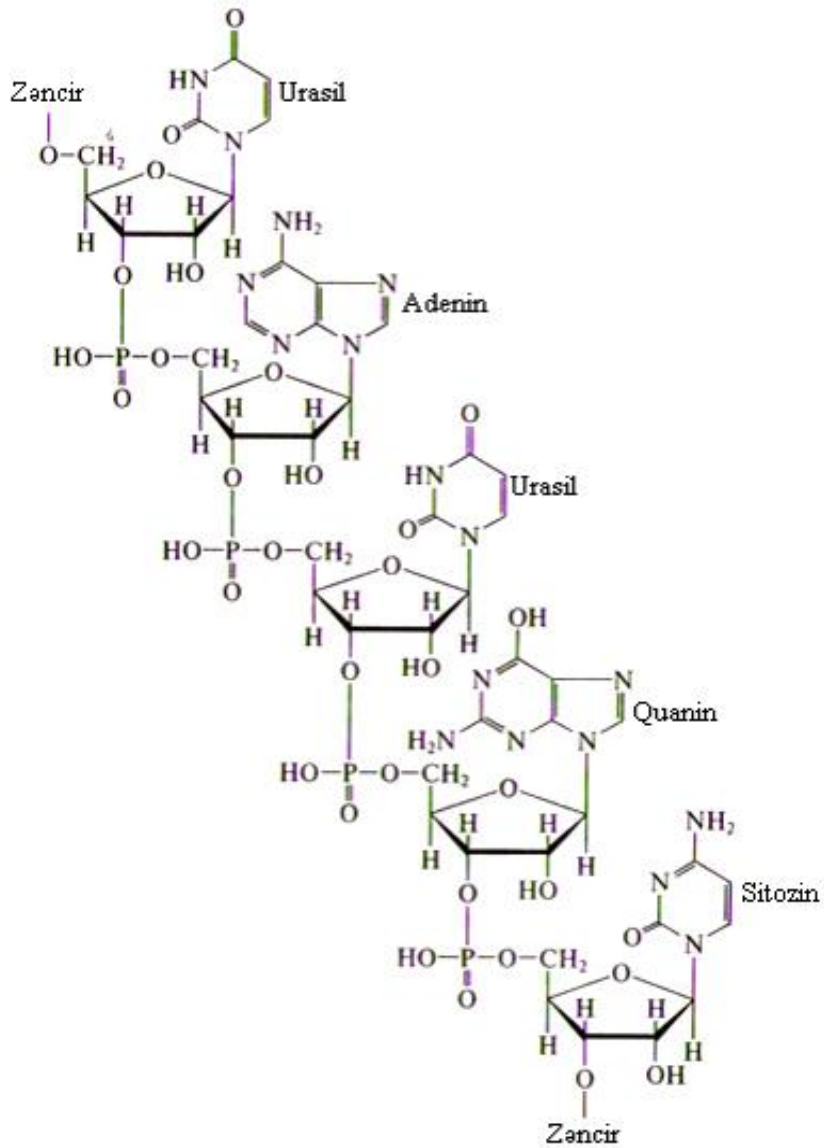


RNT

Şəkil 34.



Şakil 35. DNT molekülünün bir hissəsi



Şakil 36. RNT molekülünün bir hissəsi

RNT-in 4 növü məlumdur. Bunlar miqdarına, tərkiblərinə, xassələrinə və funksiyalarına görə bir-birindən fərqlənirlər.

1) Ribosom-rRNT-si hüceyrədə olan bütün RNT kütləsinin 80-85%-ni təşkil edir. Onun molekul kütləsi 1,7 mln Da şadır. 3-6 min nukleotiddən əmələ gəlir. Onların 80-84%-i spirallaşmış haldadır. Sadə zülallarla birləşərək ribonukleoproteid hissəcikləri yəni ribosomları əmələ gətirir. rRNT-in funksiyası tam aydınlaşdırılmamışdır.

2) Nəqliyyat-nRNT-si hüceyrədə olan bütün RNT kütləsinin 15% - ə qədərini təşkil edir. Onların molekul kütləsi 35000 Da çadır 60-90 mononukleotiddən təşkil olunmuşdur. nRNT-in funksiyası hüceyrədə aminturşularını zülalların sintez olunduğu yerə-ribosoma daşımaqdan ibarətdir. nRNT hüceyrədə həll olmuş haldadır. Onun molekulunda minor aminturşularının sayı digər RNT-dən artıqdır.

3) Məlumat-mRNT hüceyrədə olan bütün RNT - kütləsinin 5% - ə qədərini təşkil edir. Onun molekul kütləsi 300 min-dən 4 mln Daltona çadır. mRNT-sı hüceyrə nüvəsində DNT-in iştirakı ilə sintez olunur. mRNT-sı funksiyası sintez olunacaq zülal molekulu quruluşu haqqında olan məlumatı hüceyrənin nüvəsindən ribosoma aparmaqdır. Orqanizmdə saysız hesabsız zülal molekulu sintez olunur. Bunların hər birinin sintezi spesifik mRNT-sı vasitəsilə idarə edilir.

4) Virus - vRNT-sı virusların və faqların tərkib hissəsidir. Onlar virusun (hüceyrə sahibinin) çoxalmasında informasiya rolunu oynayır. Molekul kütləsi 2 - 15 mln Dalton arası dəyişir.

## 4.2 DNT və NT- in birinci quruluşu

Nuklein turşularının molekulunda nukleotidlərin yerləşmə ardıcılığına, onların birinci quruluşu deyilir. Bu birləşmələrin birinci quruluşunu öyrənmək çox çətinidir. Azot əsaslarının miqdarı analiz üsulu bu çətinliyi (E. Carqaff) qismən aradan qaldırdı.

“Carqaff” qaydaları adı almış bu qanunauyğunluq aşağıdakılardan ibarətdir.

1. DNT - molekulunda qanın və adeninin (purin əsasları) molyar qatılığı miqdarca sitozin və timinin (pirimidin əsaslarının) molyar qatılığına bərabərdir  $A + Q = S + T$ . Bu qanunauyğunluq RNT - molekulunda özünü doğrultmur.

2. DNT molekulunda adenin molekuluları qılığının sayı timinə, qanın molekuluları qılığının sayı isə sitozinə bərabər  $A = T$ ;  $Q = S$ .

RNT molekulu üçün bəzi hallarda bu bərabərlik yaxınlaşsa da, əksər hallarda özünü doğrultmur.

3. Qanınlə sitozini molyar miqdarının cəminin adeninlə timinin molyar miqdarının cəminə nisbəti  $Q+S/A+T$  DNT-ın spesifik göstəricisi olub hər bir canlı növü üçün sabit kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət DNT-ın spesifik göstəricisi adlanır. Çox vaxt müxtəlif mənbələrdən alınmış DNT – molekulunda  $A+T > Q+S$  olur, belə olduqda onları adenin timin tipli (DNTAT) adlandırırlar. Bütün heyvan və bitkilərin, həmçinin bəzi mikroorqanizmlərin DNT-sı adenin timin tiplidir. Mikroorqanizmlərin (xüsusən bakteriyaların) əksəriyyəti qanın sitozin tipinə mənsubdur.  $Q+S > A+T$  onları qanın sitozin tipli (DNTQS) adlandırırlar. DNT-ın spesifik göstəricisi DNTAT tiplilərdə vahiddən az, DNTQS tipli DNT-lərdə isə vahiddən çox olur. İnsan DNT-ın spesifik göstəricisi

0,66-dır. Canlılardan DNT-in spesifik göstəricisi ən çox olan şüalı köbələkdir (aktinomiset) onun spesifik göstəricisi 2,73-ə bərabərdir.

DNT molekulu nukleotidlərin miqdarca (Carqaff qaydaları) münasibəti RNT-in tərkibi üçün xarakterik deyil.

RNT-in monomerlərinin miqdarca münasibətində yalnız bir qanuna uyğunluq vardır; burada altıncı karbon atomu ikiqat rabitə ilə oksigenlə birləşmiş azot əsasların (ketoqruplar) sayı, həmin vəziyyətdə amin qurupu yerləşən azot əsaslarının (aminqurup) sayına bərabərdir.  $Q+Y=A+S$

RNT molekulu bir ədəd polinukleotid zəncirindən ibarətdir. Bu zəncirdə monomerlərin yerləşmə ardıcılığı RNT-in birinci quruluşunu zərəkterizə edir. RNT-in zənciri çox mütəhərrik olduğuna görə onun fəza konfigurasiyası sabit deyil, dəyişkəndir.

Son zamanlar DNT-in birinci quruluşunda nukleotidlərin düzülmə ardıcılığını müasir, tez təyin olunan üsullarla müəyyən olunur.

Ən çox birinci quruluşu aydınlaşdırılan nəqliyat nRNT molekullarıdır. Çünki onların tərkibində 75-90 nukleotid olur. nRNT-in tərkibində A,Q,U,S əsaslarından başqa 10% minar azot əsasları da mövcutdur. 1965-ildə R.U.Xolli və əməkdaşları çörək məmulatlarında alanin nRNT-in tam nukleotid ardıcılığını vermişdir. Aşağı temperaturda xüsusi fermentlərin köməyi ilə alanin nRNT-si oliqonukleotidlərə, sonra isə kimyəvi üsulla nukleotid ardıcılığı açıqlanmışdır. Az sonra A. A. Bax və əməkdaşları valin nRNT-sinin birinci quruluşu açıqlanmışdır. Hazırkı vaxtda 2000-dən çox nRNT-in birinci quruluşu məlumdur.

Yüksək molekullu n RNT-dən birinci quruluşu ən çox öyrəniləni ana bətidə uşaqlığın RNT quruluşudur.

Beynəlxalq “İnsanların geni” proqramının məqsəd və vəzifə-

si insan orqanizmində olan bütün DNT və RNT molekullarının quruluşunu aydınlaşdırmaqdır.

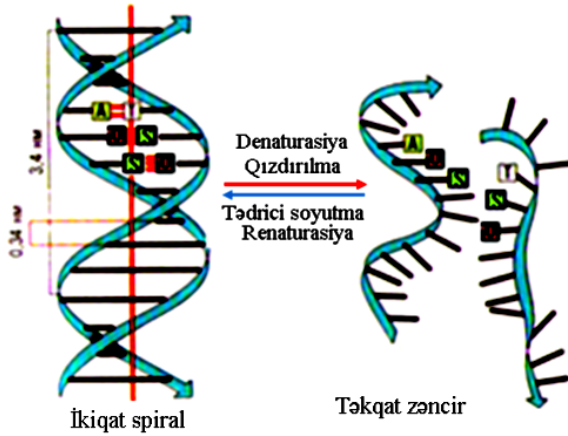
### 4.3 DNT və RNT-in ikinci quruluşu

Nuklein turşusu molekulunu təşkil edən monomerlərin (nukleotidlərin) fəzada tutduğu mövqə (fəza konfigurasiyası) onların ikinci quruluşu adlanır.

1953-cü ildə D. Uotson və F. Krik NT-in hidroliz məhsullarının kimyəvi quruluşuna, Çarqaff qaydasına və rentgenostruktur analizdən alınan nəticələrə əsaslanaraq DNT molekulunun iki ədəd spiralvarı, bir-birinə sarınmış polinukleotid zəncirindən ibarət olmasını sübut etdilər. Bu zəncirlərdə azot əsasları bir-birinə doğru çevrilmiş şəkildə spiralın daxili hissəsində, fosfat turşusu qalıqları isə xaricdə yerləşir. Polinukleotid zəncirləri bir-biri ilə purin və pirimidin əsaslarının arasında əmələ gələn hidrogen rabitələri vasitəsilə birləşir. Hidrogen rabitələri adenini timinlə, quanini isə sitozinlə birləşdirir. Adeninlə timin arasında iki, quaninlə sitozin arasında üç ədəd hidrogen rabitəsi olur. Hidrogen rabitələrinin mövcudluğu DNT molekulunun ikiqat zəncirin əmələ gəlməsində ən mühüm rol oynayan amillərdən biridir.

DNT molekulunda purin və pirimidinin qarşı-qarşıya yerləşməsi, bu əsasların molayar miqdarının bir-birinə bərabərliyi haqda olan Çarqaff qaydasına uyğun gəlir. Bu molekullarda purin əsasının qarşısında mütləq pirimidin əsasları yerləşməlidir (A–T; Q–S), iki purin və ya iki pirimidin törəməsinin qarşı-qarşıya dayanması qeyri-mümkündür.





Şəkil 37. DNT molekulunun ikiqat və təkqat zənciri

DNT molekulunda polinukleotid zəncirində monomerlərin yerləşmə ardıcılığı digərindən fərqlənsədə onlar arasında müəyyən əlaqə də vardır. Belə ki, əgər bir zəncirin müəyyən hissəsində adenin yerləşirsə digər zəncirdə onun qarşısında timin. Həmçinin birində quanin yerləşirsə, digərində sitozin yerləşir. Deməli DNT molekulunda olan zəncirlər bir-birini tamamlayır.

1-ci zəncir --- A—Q—A—T—S—S—T— ---

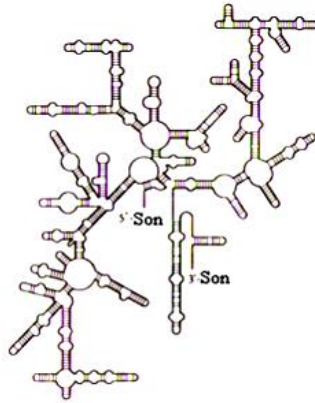
2-ci zəncir ---T—S—T—A—Q—Q—A— ---

DNT molekulunda bu ardıcılıq Çarqaff qaydasına uyğun gəlir. Bu molekularda mütləq purin əsasının qarşısında pirimidin əsasları yerləşməlidir. DNT molekulunda mononukleotidlərin düzülüş qaydasının belə asılılığı komplementarlıq (tamamlama) prinsipi adlanır.

DNT molekullarında nukleotidlər arasındakı məsafə 0,34 nm —dir. Spiralın hər bir dövrəsində qarşı-qarşıya yerləşmiş 10 cüt nukleotid olur. Hər bir dövrənin tamamlanması üçün 3,4 nm məsafə lazım gəlir. İkiqat spiralın eninə diametri 2,1 nm, fosfat atomu ilə DNT spiralının mərkəzi oxu arasındakı məsafə isə 1,2

nm-dir. Spiralların komplementarlıq prinsipi ilə bir-birini tamamlaması çoxlu sayda hidrogen rabitələri hesabına baş verir.

DNT molekulundan fərqli olaraq RNT molekulu bir polinukleotid zəncirindən əmələ gəlmişdir. RNT-in ikincili quruluşu fəzada polipeptid zəncirinin natamam spiral şəkilini (50%-ə qədər) almasıdır. Onun yalnız bəzi hissələri adeninlə timin arasında olan iki və qüaninlə sitozin arasında əmələ gələn üç hidrogen rabitəsi hesabına qısa və natamam spiral şəklində alır.



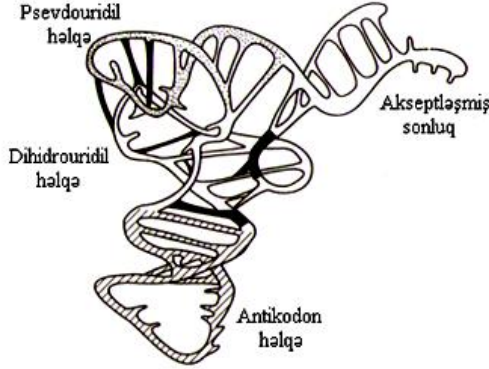
Şəkil 38. Bağırsağ çöpləri ribosom RNT-in ikincil quruluşunun sxemi

RNT molekulunda polinukleotid zəncirlərinin burulma yerlərindən DNT molekulunda olduğu kimi komplementarlıq prinsipi ilə bir-birini tamamlamır.

#### 4.4 NT-ın üçüncü quruluşu

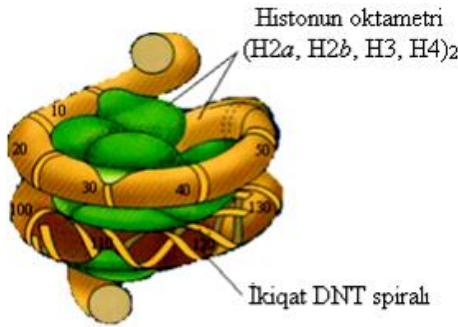
Hər bir NT molekulu fəzada ümumi bir superspirallaşma halına malik olur ki, bu da onların üçüncü quruluşunu əmələ gətirir.

rir. Bu hal ən çox fenilalanin nRNT-si üçün öyrənilmişdir. Rentgenostruktur analiz üsulları ilə nRNT molekulunun açılması göstərir ki, üç hissə fəzada bir-birinə sıx birləşmiş halda digər dördüncü hissə (antikodon) əks istiqamət dartılmış halda yerləşir.



Şəkil 39. Fenilalanin nRNT üçüncü quruluşunun sxemi

Xromatinin və xromosomun tərkibində DNT üçüncü quruluş halında superspirallaşmış formada mövcuddur. Xromotinin struktur vahidini nukleosomlar təşkil edir. Nukleosomlar DNK spirali ilə əhatə olunur ki, orada 8 nüvəli əsasi xassəli zülallar (histonlar) yerləşir.



Şəkil 40. Nukleosomun modeli

## 4.5 Nukleoproteidlər

Nuklein turşuları sərbəst halda yaşamırlar (n RNT-dən başqa) in vivo, onlar əsasi xassəli (protaminlər, histonlar) zülallarla əlaqəli şəkildə fəaliyyət göstəririlər. İki tipdə nuklein turşuları (DNT və RNT) olduğu kimi, bunlara müvafiq nüvənin tərkibində dezoksiribonukleoproteinlər (DRNP) və ribosomların tərkibində ribonukleoproteinlər (RNP) olur. RNP və DRNP-lər mürəkkəb aqreqatlardır. Onlar 1-2 molekul NT-dən və çoxlu sayda ona birləşmiş zülal substratlardan əmələ gəlmişdir.

RNP- ən klassik nümunəsi tütün mozaikasının virusudur. Bu virusun molekul kütləsi  $2,1 \cdot 10^6$  Da-dır və 2200 zülal substratından ibarətdir. Nukleoproteidlərdə NT və zülal molekulunu bir-birini tənzimləyirlər. Bu da hər iki komponentin denaturasiyaya qarşı davamlılığını artırır. RNP-hissəcikləri (ribosomlar) zülalların biosintezində, DRNP-hissəcikləri (nukleosom nüvələri) xromosomların hüceyrə aparatının formalaşmasında və funksiyalaşmasında əsas rol oynayır.

### Mövzuya aid suallar

1. Nuklein turşularının orqanizmdə funksiyalarını xarakterizə edin.
2. Purin, pirimidin və minar əsaslarının tərkibi, keto-enol formasını, tautomerliyini və hidrogen rabitəsini izah edin.
3. Çarqaff qaydasını DNT və RNT molekulunda izahını verin.
4. Nukleozidlər və nukleotidlər nədir. DNT və RNT mole-

kulundan misallarla izah edin. Nukleotidlər arasındakı əlaqəni göstərin.

5. RNT-in növlərini və funksiyalarını sadalayın.

6. DNT və RNT-in birinci quruluşunu aydınlaşdırın.

7. DNT-in və RNT-in ikinci quruluşunu aydınlaşdırın.

Kompementarlıq prinsipini izah edin.

8. NT-in üçüncü quruluşunu DNT və nRNT-si molekulunda aydınlaşdırmalı. Xromosom və nukleosom haqqında məlumat verməli.

9. Nukleoproteidlərin tərkibində zülallar və NT-i bir-birilə nə cür əlaqədədir.

10. Üçüncü quruluşa malik DNT və RNT-i sadalayın.

11. Azot əsasları bir-birindən hansı əlamətlərinə görə fərqlənirlər?

12. ATF-in orqanizimdə bioloji rolu nə ilə izah olunur?

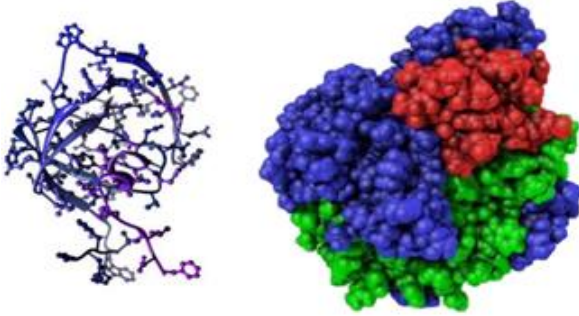
13. RNT-növlərinin molyar kütləsi ən çox olan hansıdır?

14. DNT- ilə DRNP-in fərqi nədir.

## V FƏSİL

### 5. FERMENTLƏR.

Fermentlər (enzimlər)-biokatalitik aktivliyə malik olan yüksək spesifik zülal tərkibli üzvi maddələrdir. Fermentlərin yüksək spesifikliyi və qüvvətli təsir xüsusiyyətlərinə malik olması sayəsində, maddələr mübadiləsi ciddi ardıcılıq üzrə həyata keçir. Fermentlərin adı ferveo sözündən götürülmüşdür. Bu da latınca qıvcırdan deməkdir. Genlərin fəaliyyəti də fermentlərlə tənzim olunur. Ona görə fermentlər deferensiasiya və inkişaf proseslərində də mühüm rol oynayır. Biokimyayın fermentlərin öyrənilməsi ilə məşğul olan sahəsinə fermentologiya və ya enzimologiya deyilir.



Şəkil 41. Fermentlər

Fermentlər bir sıra əlamətlərinə görə qeyri-üzvi katalizatorlardan fərqlənilirlər.

1. Fermentlər qeyri-üzvi katalizatorlardan fərqli olaraq çox incə bir şəraitdə (aşağı temperaturda, normal atmosfer təzyiqdə, müəyyən bir pH mühitində və s) təsir göstərir və aktivdirlər. Məsələn, katalaza fermentinin tərkibində olan 1 mq  $\text{Fe}^{3+}$  ionu 10 mld dəfə, qeyri-üzvi birləşmələrdə katalitik təsir edən  $\text{Fe}^{3+}$  ionun-

dan aktivdir.

2. Fermentlər qeyri-üzvi katalizatorlardan fərqli olaraq spesifik təsirə malikdirlər. Hər bir ferment yalnız bir biokimyəvi reaksiyanı və ya qrup halında bir tirəyə mənsub olan biokimyəvi reaksiyaları kataliz edir.

3. Hər bir fermentativ biokimyəvi reaksiyanın sürəti hüceyrələrdə özünü tənzimləmə sistemi ilə tənzimlənir.

Orqanizimdən ayrılmış ferment təsir xüsusiyyətinə malik deyildir. Bundan ötrü ayrılmış ferment kimya, əczaçılıq və həmçinin qida sənayesində geniş istifadə olunur.

## **5.1 Fermentlərin ayrılması və təmizlənməsi.**

Fermentlərin kimyəvi tərkibini, xassələrini, təsirini və başqa xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün onları insan və heyvan materiallarından (həzm şirələri, qan, toxumalar, orqanlar, hüceyrə elementləri və s.), bitkilərdən, mikroorqanizmlərdən ayırmaq və təmizləmək lazımdır. Bu məqsədlə bioloji materialdan, sudan, bufer məhlulundan, qiliserinlə suyun qarışığından və üzvi həlledicilərdən (aseton, etil spirti və s.), fizioloji məhluldan istifadə etməklə ekstraktı və ya homogenatı (homogenizatorada və ya həvəngdə xırdalanmış kütləsi) alınır. Homogenatı müxtəlif sürətlərdə sentrifuqa etməklə hüceyrənin ayrı-ayrı hissələrindən (mitoxondriyalar, ribosomlar və s.) də fermentləri ayırmaq olar. Bu hissələrdən fermentlər növbə ilə dondurmaq və donunu açmaqla, yaxud detergentlərin (çox yüksək səthi fəal maddələrin: dezoksixolatın və s.) təsiri ilə çıxarılır. Hidrolazalar əsasən lizosomlarda, Krebs siklinin və sitoxrom sisteminin fermentləri isə mitoxondriyalarda lokaliza-

siya olunmuşdur. Bəzi fermentlər Holci aparatında, digərləri isə endoplazmatik torda yerləşir.

Fermentləri ayırmaq üçün aseton tozlarından da istifadə olunur. Həmin məqsədlə yoxlanan material (qaraciyər, böyrək, ürək, dalaq, bağırsaq və s.) əzilərək, bir neçə dəfə soyudulmuş asetonla işlənir. Bu zaman yağabənzər maddələr və s. kənar edilir. Belə işlənmiş material qurudulduqdan sonra bircinsli toza çevrilir. Sonuncudan da bufer məhlulu və ya başqa həlledici ilə fermentli ekstrakt alınır. Ekstraktan fermenti ayırmaq üçün zülallar aşağı temperaturda spirtlə, asetonla və duz məhlulları (ammonium sulfat və s.) ilə çökdürülür.

Fermentlərin ayrılmasında adsorbisiya hadisəsindən, gelfilt-rasiya, elektrofores və xromatoqrafiya üsullarından da istifadə olunur.

Ayrılmış fermentlərin bircinsliyi və təmizlik dərəcəsi həll olmalarına görə, elektroforez, xromatoqrafiya üsulu ilə, ultrasen-trifuqa etməklə və fəallıqlarının təyininə görə müəyyənləşdirilir.

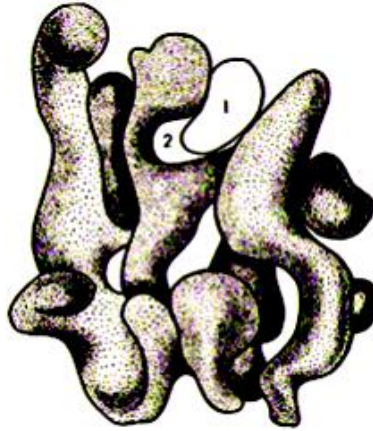
Fermentlərin öyrənilməsində K. S. Kirxhofun böyük xidməti olmuşdur. O, 1814-cü ildə səmənli ekstraktında nişastanı maltozaya qədər parçalayan maddənin olduğunu müəyyən etmiş, ona amilaza adı vermişdir. 1833-cü ildə isə Fransa alimləri A. Payen və J. Perso arpanın cürcətilərindən amilazanı ayırmaqla ilk ferment preparatını əldə etmişlər. Daha sonra bu sahədə XIX əsrin ikinci yarısında E. Buxner, M. Manasseina, A. Lebedev və b. böyük tədqiqat işləri aparmışlar. Fermentlərin öyrənilməsinə dair XX əsrin birinci yarısında İ. Pavlov, A. Bax, C. Samner, D. Nortop, H. Eyler, V. Engelhard, Varburq və başqaları da çox işlər görmüşlər. Bu alimlərin işləri sayəsində fermentlərin kimyəvi tərkibinin və bioloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsində yeni dövr açıldı.



## 5.2 Fermentlərin quruluşu və kimyəvi təbiəti.

Bütün fermentlər qlobulyar zülallar tipinə aiddir.

1963-cü ildə ribonukleazanın və lizosomun, 1964-cü ildə isə  $\alpha$ -ximotripsinin birinci quruluşu (aminturşu ardıcılığı) müəyyən olundu. 1965-ci ildə rentgenostruktur analiz üsulu ilə lizosimin üçüncü quruluşu açıldı.



Şəkil 42. Lizosom molekulunun üçüncü quruluşu

Kimyəvi təbiətlərinə görə fermentlər 2 qrupa: birkomponentli və ikikomponentli fermentlərə bölünür. Birkomponentli fermentlər yalnız sadə zülallardan ibarətdir. İkiikomponentli fermentlər isə sadə zülallarla zülal təbiətli olmayan birləşmələrdən əmələ gəlir.

Zülal təbiətli olmayan maddələrə (kofaktorlarla) vitaminlər (məsələn: B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; B<sub>6</sub>; B<sub>12</sub>; PP və s.), müxtəlif metallar (sink, dəmir, molibden, mis və s.), nukleotidlər adinozin üç fosfat, adnozindifosfat, uridinüçfosfat, uridindifosfatqilikoza, quanozindifosfat-mannoza və s.) birləşmələr aiddir. Bunlar termostabildir.



Şəkil 43. Kimyəvi tərkibinə görə fermentlərin tərkibi

Fermentin zülal hissəsinə *apoferment*, zülal olmayan hissəsinə *kofoferment* deyilir. Kofoferment üzvi kofaktordur. Sonuncu zülalla kovalent rabitə ilə birləşdikdə *prostetik qrup* da adlanır. Kofoferment fermentə fəallıq, apoferment isə spesiflik verir. Məsələn, karboksilazanın kofofermenti tiaminpirofosfat olub, kokarboksilaza da adlanır.

Kobalamin fermentlərinin kofofermentləri B<sub>12</sub> vitamininin törəmələridir. Piruvatkarboksilazanın (piroüzüm turşusunu oksalat-sirkə turşusuna çevirir) kofofermenti biotindir.

Kofofermentə apofermentlə birlikdə *xloferment* (yunanca tam deməkdir) deyilir.

Birkomponentli fermentlərə hidrolazaları, ikikomponentli fermentlərə isə oksidoreduktazaları misal göstərmək olar.

Hazırda müəyyən edilmişdir ki, eyni təsirə malik olub, fiziki-kimyəvi və qeyri xassələri ilə (elktroforetik hərəkətliyinə, kinetik xassələrinə, inqibitorlara, aktivatorlara münasibətinə, aminturşu tərkibinə və s. görə) fərqlənən fermentlər də vardır. Bunlara *izofermentlər* (izoenzimlər) və ya *izozimlər* də deyilir.

İzofermentlər ayrı-ayrı fermentlərin formalarıdır. Müxtəlif bioloji materiyalarda 50-yə yaxın fermentin izozimləri müəyyən edilmişdir. Bunlardan laktatdehidrogenazanı, fosfatazanı, esterazanı, aminotransferazanı, leysinaminopeptidazanı və s. göstərmək olar. Laktatdehidrogenazanın 5—formasını, izofermenti (LD<sub>1-5</sub>) bəllidir. Bunların hamısının molekulyar kütləsi 134000-ə yaxındır. Tərkiblərində hər birinin molekulyar kütləsi 33500 olan dörd polipeptid zənciri (subvahid) vardır. Bu polipeptid zəncirləri iki tipdə olur. Onlardan biri M (İngilis dilində əzələ deməkdir), digəri H (İngiscə ürəkdə sözüdəndir) zənciri adlanır. Bu zəncirlərdən laktatdehidrogenazanın müxtəlif formaları (LD<sub>1</sub>; LD<sub>2</sub>; LD<sub>3</sub>; LD<sub>4</sub> və LD<sub>5</sub>) əmələ gəlir. Bunlardan bir 4 M (M<sub>4</sub> və ya LD<sub>5</sub>) zəncirindən, digər üç M və bir H (M<sub>3</sub>H) zəncirindən, üçüncüsü iki M və H (M<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) zəncirindən, dördüncüsü bir M və üç H (MH<sub>3</sub>) zəncirindən, beşincisi isə yalnız dörd H (H<sub>4</sub> və ya LD<sub>1</sub>) zəncirindən əmələ gəlmişdir. Bu polipeptid zəncirləri amin turşu tərkiblərinə görə fərqlənir və təklidə fermentativ fəallıqları yoxdur.

M<sub>4</sub> və M<sub>2</sub>H izofermentləri əsas enerji mənbəyi qlükoliz olan toxumalarda (ağ skelet əzələlərində, embrion toxumalarında), MH<sub>3</sub> və H<sub>4</sub> isə aerob mübadilə ilə xarakterlənən toxumalarda çox olur.

İzofermentlər molekullarının quruluşuna və müxtəlif orqanlarda miqdarlığına görə də fərqlənir. Bütün orqanlarda laktatdehidrogenazadan ən çox M<sub>4</sub> forması vardır. Güman edilir ki, hüceyrələrdə nəinki izofermentlər, hətta zülallar da müxtəlif formalarda ola bilər. Odur ki, bu məsələlərin tədqiqinin hüceyrə diferensiasiyasının və morfogenезinin molekulyar əsaslarının öyrənilməsində də çox böyük əhəmiyyəti vardır.

Fermentlərin bəzi növləri birlikdə kompleks əmələ gətirir, *multienzimlər* adlanır—bu növ fermentlər eyni zamanda ardıcıl bir neçə biokimyəvi reaksiyanı kataliz edir. Ferment kompleksi adla-

nan üç növ fermentdən təşkil olunmuş multifermentim molekul kütləsi 4.500.000 Daltonudur, piroüzüm turşusunun oksidləşməsini və dekarboksizləşməsinin kataliz edir.

Son zamanların tədqiqatları göstərir ki, RNT-nin bəzi növləri zülallarla əlaqəli şəkildə katalitik funksiya daşıyırlar. Bunlar *ribozimplər* adlanır. **Ribozimplər**-pepdid rabitəsinin hidrolizini, sintezini, polinukleotidlərin fosfoefirləşməsini, mononukleotidlərin polimerləşməsini sürətləndirir. Ribozimplərin katalitik aktivliyə malik olan əsas 12-13 oliqonukleotid olan hissəsidir ki, bunlar *minoziplər* adlanır. Ribozimplərdə ribonukleotidlərin dezoksiribonukleotidlərlə əvəz olunması nəticəsində hibrid quruluşlu-*nukleozimplər* alınır. Nukleozimplərin aktivliyi ribozimplərdən üstündür.

Ribozimplərin və nukleozimplərin yeni növlərinin sintezi biokatalizatorların evalyusiyasının başlanğıcı olacaq və gələcək nəslin sağlam inkişafını təmin edəcəkdir.

### **5.3 Fermentlərin təsnifatı və nomenklaturası.**

Adətən, hər bir fermenti adlandırmaq üçün onun təsir göstərdiyi substratın adının sonuna “aza” şəkilçisi əlavə edilir. Lakin bütün fermentləri bu cür adlandırmaqla, onları bir-birindən fərqləndirmək mümkün deyil, çünki çox zaman bir substrat müxtəlif fermentlərin təsiri altında bir-birindən əsaslı surətdə fərqlənən kimyəvi çevrilmələrə uğraya bilər. Bununla əlaqədar olaraq, bir sıra hallarda fermentə müəyyən ad verilərkən onun təsir xüsusiyyətini də nəzərə alırlar (laktatdehidrogenaza, suksinatdehidrogenaza və s.). Bununla əlaqədar, fermentlərin adlandırılmasında qeyri-mütəşəkkillik meydana çıxır. Bəzi hallarda eyni bir fermentin

adı müxtəlif terminlərlə ifadə olunur və təsir xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən kəskin cürətdə fərqlənən fermentlərə oxşar adlar verilir.

1961-ci ildə cəmi 900-ə qədər ferment növü məlum idi. Onların 1978-ci ildə tərtib olunmuş siyahısına isə 2142 ferment növü daxil edilmişdir. Yeni kəşf edilən fermentlərin sayı ildən-ilə artır. Buna görə də fermentlərin öyrənilməsini asanlaşdırmaq üçün onların əlverişli nomenklatura və təsnifatının tərtib edilməsi zəruridir. Fermentlərin müasir təsnifatı və nomenklaturası 1961-ci ildə biokimyəçilərin Moskvada keçirilən beynəlxalq konqresində bəyənilmiş və qəbul edilmişdir.

Bu təsnifata əsasən, fermentlər kataliz etdikləri reaksiyaların növlərinə görə altı sinfə bölünür: 1) oksireduktazalar, 2) transferazalar, 3) hidrolazalar, 4) liazalar, 5) izomerazalar, 6) liqazalar (sintetazalar).

Bu siniflərin hər biri müəyyən sayda yarım siniflərə, onlar isə qruplara bölünür. Yarım siniflər çox zaman fermentin təsiri ilə dəyişikliyə uğrayan kimyəvi radikalı səciyyələndirir. Təsnifata daxil olan hər bir fermentin özünəməxsus şifri vardır. Fermentlərin şifri bir-birindən nöqtələrlə ayrılmış dörd rəqəmdən ibarətdir. Bu rəqəmlərdən birincisi fermentin daxil olduğu sinfi, ikinci yarım sinifi, üçüncü qrupu təmsil edir, dördüncü rəqəm isə fermentin qrupdakı sıra nömrəsini göstərir. Məsələn, laktatdehidrogenaza 1.1.1.27 şifri ilə ifadə olunur. Deməli, bu ferment birinci sinfin, birinci yarım sinfinin, 1-ci qrupunda yerləşir, onun sıra nömrəsi 27-dir. Yeni kəşf edilən fermentlərin şifrini yalnız Beynəlxalq biokimyə cəmiyyətinin fermentlər üzrə komissiyası təyin edir. Fermentlər üçün iki cür nomenklatura qəbul edilmişdir: sistemativ və adi (işçi) nomenklaturalar.

Katalitik təsiri tamamilə aydın olan fermentləri sistemativ

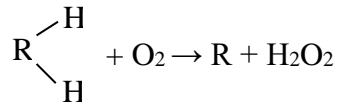
nomenklatur üzrə adlandırırırlar. Fermentlərin sistematik adları iki hissədən ibarətdir: birinci hissə substratın adını göstərir. İkinci hissə “aza” şəkilçisi ilə bitir və fermentin kataliz etdiyi reaksiyanı səciyyələndirir. Fermentlərin sistematik adları yazıldıqda birinci hissə ilə ikinci hissənin arasında tire işarəsi qoyulur.

Fermentlərin adı adları mümkün qədər sadə və qısa olmalıdır. Bu məqsədlə fermentlərin əksəriyyətinin köhnə adları işlədilir. Təbiidir ki, adı adlandırma üsulu, sistematik adlandırma qədər mükəmməl və dəqiq ola bilməz. Məsələn, sidik cövhərinin hidroliz yolu ilə ammoniyaka və karbon qazına parçalayan ferment hidrolazalar sinfinə daxildir. Onun şifri 3.5.1.5. sistematik adı karbamidamidohidrolaza, adı adlanma ilə ureazadır.

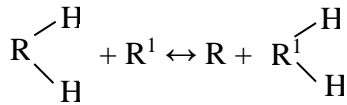
Aşağıda fermentlərin müasir təsnifatının müxtəlif qrupları haqqında qısa məlumat verilir.

**I. Oksi-reduktazalar.** Bu sinfə bioloji oksidləşmə proseslərini kataliz edən, hidrogen ionlarının və elektronların daşınmasını həyata keçirən fermentlər daxildir. Onların spesifik koenzimləri və prostetik qrupları olur. Ən mühüm oksireduktazalar aşağıdakılardır:

*Aerob dehidrogenazalar*-hidrogen atomlarını oksidləşən substratdan alaraq, oksigenlə birləşdirir:

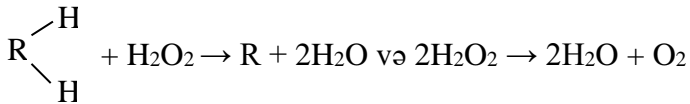


*Anaerob dehidrogenazalar*-hidrogeni bir substratdan digərinə keçirir. Bu cəhətə görə anaerob dehidrogenazalar aerob dehidrogenazalardan fərqlənir. Lakin onların kataliz etdiyi reaksiyalarda oksigen iştirak etmir:



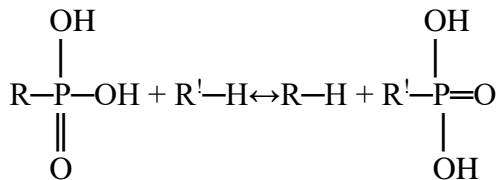
*Sitoxromlar*-bioloji oksidləşmədə elektron daşıyıcı kimi iştirak edən fermentlərdir (məsələn, sitoxromoksidaza).

*Peroksidaza və katalaza*-ya hidrogen atomlarını substratdan hidrogenperoksid molekuluna keçirir (peroksidaza), ya da hidrogenperoksidi suya və molekulyar oksigenə parçalayır (katalaza):

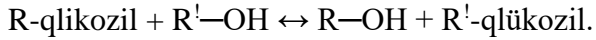


**II. Transferazalar.** Transferazalar-müxtəlif kimyəvi qrupların bir molekuldan digərinə keçirilməsi ilə nəticələnən reaksiyaları kataliz edən fermentlərdir. Bu sinfə daxil olan fermentlər daşıyan kimyəvi radikalın növünə görə biri-birindən fərqlənir.

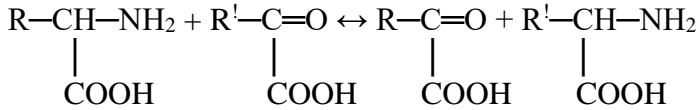
*Fosfotransferazalar*—fosfat turşusu qalıqlarını nukleozidfosfatlardan başqa maddələrin molekullarına daşıyan fermentlərdir. Bu qrupun ən geniş yayılmış nümayəndələrindən biri fosfat turşusu qalığına ATF-in tərkibindən heksoza molekuluna keçirən heksokinaza fermentidir.



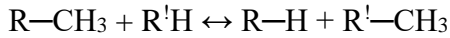
*Qlikoziltransferazalar* – sadə şəkər qalıqlarını daşıyan fermentlərdir.



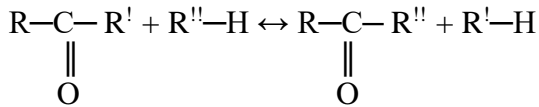
*Amintransferazalar* - amin qrupunu aminturşulsrından ketoturşulara daşıyan fermentlərdir.



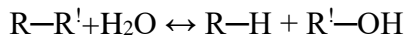
*Metultransferazalar*-metilləşmə reasiyalarını kataliz edir.



*Asiltransferazalar*-asil qalıqlarını daşıyan fermentlərdir.



III. **Hidrolazalar.** Hidrolazalar-molekul daxili rabitələrin hidrolitik (su molekulunun birləşməsi ilə müşahidə olunan) parçalanma reaksiyalarını kataliz edən fermentlərdir. Onların ümumi təsir sxemi belə ifadə olunur.

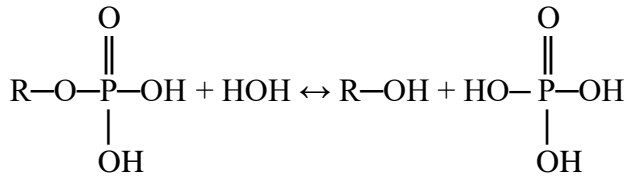


Hidrolazalar adı altında fermentlərin çox böyük bir qrupu birləşir. Bu qrupa daxil olan fermentlər hidroliz etdikləri birləşmələrin təbiətindən asılı olaraq bir neçə yarımqrupa ayrılır.

1. *Esterazalar*-mürəkkəb fermentlərin hidrolitik parçalanmasını sürətləndirən fermentlərdir. Bu yarımqrupa aşağıdakı fermentlər daxildir:

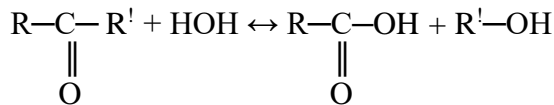
a) *Fosfatazalar*-fosfat turşusunu mürəkkəb efirlərini hidroliz edirlər:





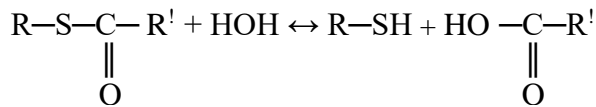
Bunlara qələvi və turş fosfatazalar, qlukoza-6- və qlukoza-1-fosfatazalar, nukleotidazalar, fosfodiesterazalar, ribonukleazalar, dezoksiribonukleazalar və s. aiddir.

b) *karboksiesterazalar*-üzvi turşuların mürəkkəb efirlərini hidroliz edirlər:



Bunlara sadə esterazalar, lipazalar, fosfolipazalar (A, B, C və D), sulfoesterazalar (sulfat turşusunun efirlərini hidroliz edən fermentlər) və s. aiddir.

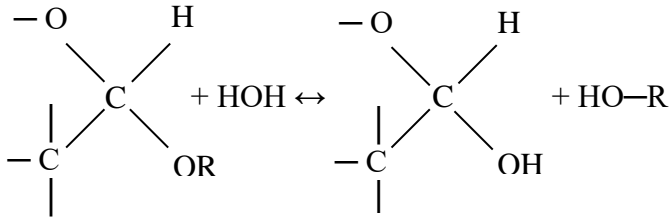
2. *Tioesterazalar*-üzvi turşularla tiospirtlərin mürəkkəb efirlərini parçalayır.



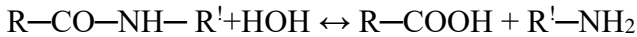
*Asetilkoenzim-A*-deasilaza tioesterazaların nümayəndəsidir.

3. *Qlikozidazalar*-qlikozidlərin hidrolizini sürətləndirən fermentlərdir. Müəkkəb karbohidratların hidrolitik parçalanmasını kataliz edən fermentlər-amilaza, saxaraza, maltaza, laktaza və s. qlikozidazalar qrupuna aiddir. Bu fermentlər oliqo və polisaxaridləri monosaxaridlərə qədər parçalanmasını təmin edir. Bu fermentlər oliqo və polisaxaridləri monosaxaridlərə qədər parçalanmasını

kataliz edir. Bu prosedə qlükozidazaların təsiri ilə su molekulu  $H^+$  və  $OH^-$  anionlarına ayrılır və yenidən başqa atom və ya qruplarla birləşərək yeni birləşmələrə çevrilirlər.



4. *Peptidazalar*-peptid rabitələrini hidroliz edən fermentlərdir. Pepsin, tripsin, toxuma katepsinləri, karboksipeptidaza, dipeptidazalar və s. yarımqrupuna aiddir.

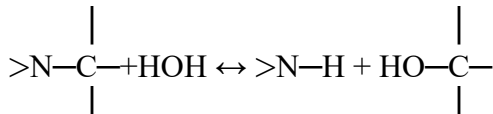


Peptidazalar təsir xüsusiyyətlərinə görə bir neçə yarımqrupa bölünür:

a) *ekzopeptidazalar*-polipeptid zəncirinin üç hissəsində yerləşən peptid rabitələrini tədricən hidroliz edir.

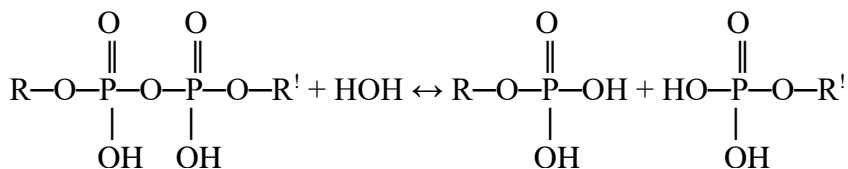
b) *endopeptidazalar*-polipeptid zəncirlərinin orta hissəsində yerləşən peptid rabitələrini parçalayır.

5. *Amidazalar*-amidlərin hidrolizini sürətləndirən fermentlərdir.



Bunlar asparaginaza, ureaza, adenindezaminaza aiddir.

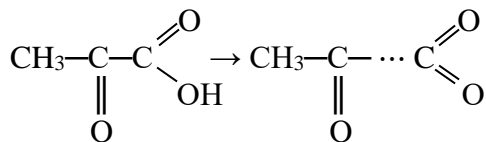
6. *Polifosfatazalar*-fosfat turşusu qalıqları arasındakı anhidrid rabitələrini parçalayan fermentlərdir.



Polifosfatazaların nümayəndələrindən adenzintpifosfatazını, nukleoziddifosfatazını və s. göstərmək olar.

**IV. Liazalar.** liazalar substrat molekullarından bu və ya digər kimyəvi radikalı ayıran fermentlərdir. Hidrolazalardan fərqli olaraq, liazalar hidrolitik təsir göstərmir. Karboksilazaları bu qrupun fermentlərinə misal göstərmək olar.

Karboksilazalar (dekarboksilazalar) amin turşu və ya ketoturşuların tərkibində olan karboksil qruplarını onların molekullarından ayıraraq, karbon qazına çevirir.



**V. İzomerazalar.** İzomerazalar üzvi birləşmələrin müxtəlif izomerlərinin qarşılıqlı çevrilmələrini kataliz edir. Bu qrupa aşağıdakılar aiddir:

*Epimerazalar*-optik izomerlərin birini digərinə (məsələn, qlükozanı qalaktozaya) çevirən fermentlərdir.

*Sis-trans-izomerazalar*-adından məlum olduğu kimi, sis-izomerləri trans-izomerlərə (və əksinə) çevirir. Məsələn, malein turşusunun fumar turşusuna çevrilməsi:



VI. *Liqazalar (sintetazalar)*. Liqazalar sinfinə pirofosfat rabitələrinin parçalanmasından alınan enerjidən istifadə edərək, sadə birləşmələrdən mürəkkəb maddələrin sintezini sürətləndirən fermentlər daxildir. Liqazalar zülalların, nuklein turşularının, alifatik turşuların və başqa birləşmələrin sintezində mühüm rol oynayırlar.

## 5.4 Fermentlərin tətbiqi

Hazırda fermentlər gündəlik həyatda tətbiq sahəsinə görə aminturşularından və antibiotiklərdən sonra üçüncü yeri tutur.

Dünya bazarında istifadə olunan fermentlərin 60%-i peptidhidrolazaların (sintetik yuyucu maddələrin istehsalında istifadə olunur), 30%-isə qlükozidazaların (qənnadı sənayesində, meyvə-tərəvəz şirələrinin hazırlanmasında istifadə olunur) payına düşür. Fermentlər şərəbçilikdə, çörəkbişirmədə, spirt, pivə, şirələrin istehsalında, tütünçülükdə, gön-dəri, ət, süd, balıq, konserv sənayesində, şirniyat emalında, məişətdə və başqa sahələrdə də tətbiq olunur.

Çörəkbişirmə sənayesində köbələkdən alınmış ferment (əsasən amilaza) preparatından istifadə xəmirin tez yetişməsini (alınmasını, şişməsini) 30% artırır həmçinin əla növ bulka çörəyin əldə olunmasında saxarozaya 2 dəfəyə yaxın qənaət edir.

Pivəbişirmədə, spirt istehsalında, nişastadan qlükoza alınmasında amilaza fermentindən istifadə edilir. Peptidhidrolaza fermenti-gön dəri istehsalında ət yeməklərinin hazırlanmasında (onlara xüsusi dad verir) istifadə edilir.

Fermentlər təbabətdə bir sıra xəstəliklərin müalicəsində istifadə edilir: Proteolitik fermentlərdən pepsin, tripsin və başqa qarışıq tərkibli (betasid, festal, abomin, panzinorm və başqaları) olan-

lar - mədə bağırsaq yollarının müalicəsində, qan dövranının təmizlənməsində, trombların həll edilməsində, asparkinaza-xərçəng xəstəliklərinin bəzi növlərinin müalicəsində istifadə olunur.

Son zamanlar bəzi xəstəliklərin diaqnozunda və proqnozunda fermentlərin spesifik xassələrinə əsaslanaraq enzimdiaqnostika yaranmışdır. Beləki, qanda və sidikdə fermentlərin miqdarına əsaslanaraq bəzi diaqnozlar təyin edilir. Məsələn: laktodehidrogenaza (LDG), aspartataminotransferaza (AST) və aldolaza miokard infarktın diaqnostikasında; LDG, AST və alaninaminotransferaza qaraciyər xəstəliklərinin diaqnostikasında; j-qlutamiltransferaza orqanların köçürülmə əməliyatında onların dəyişirikliyə uğramasının müəyyənləşdirilməsi diaqnostikasında və s istifadə olunurlar.

Biokimya laboratoriyalarında fermentlər bəzi göstəricilərin (qlükoza, süd turşusu, piroüzüm turşusu, ATF, ADF, AMF və s) bioloji materiallarda (qan, toxuma və s.) təyində işlədilir.

Mikrobiologiyanın və biotexnologiyanın nəaliyyətləri bakteriya və köbələk mənşəli fermentlərdən heyvanların yemləri mənimsənilməsini artırmaq məqsədilə istifadəsi get-gedə genişlənilir. Kompleks ferment preparatlarının tətbiqi yemlərdə selluloza və hemisellulozanın da heyvan orqanizmində mənimsənilməsinə şərait yaradır.

Ferment preparatların saxlanması nəticəsində onların istifadəsi çətinləşir. Tətbiqi enzimologiyanın nəaliyyətləri nəticəsində immobiləşdirilmiş fermentlər-süni ferment qrupları yaradılmışdır. Bu cür immobiləşdirilmiş fermentdə hər bir ferment süni surətdə həll olmayan daşıyıcı ilə birləşir. Daşıyıcı kimi üzvi (selluloza, dekstrin, aqaroza, xıtın, keratin, fibroin, kollagen) həm də qeyri-üzvi (şüşə, gil, keramika, silikogel, metal oksidləri və s) maddələrdən istifadə olunur.

Son zamanlar biotexnoloji üsul ilə immobiləşdirilmiş fer-

mentlər istehsalına başlanmışdır. Bu cür immeilləşdirilmiş fermentdə hər bir ferment öz aktivliyini saxlayır.

Gələcəkdə fermentativ reaksiyaların mexanizminin tam açılması reaksiyaların sürətlə getməsini 100% çıxıma nail olmasını, canlı orqanizmdə bir çox xəstəliklərin vaxtında diaqnostikasını və müalicəsini təmin edəcəkdir.

## **Mövzuya aid suallar**

1. Fermentlər biokatalizator kimi qeyri-üzvi katalizatorlardan hansı xassələrinə görə fərqlənilir.

2. Sadə və mürəkkəb fermentləri fərqləndirin.

3. İrozimlər haqqında məlumat verin. Onların bioloji rolunu izah edin.

4. Fermentlərin təsir mexanizmini aydınlaşdırın.

5. Fermentlərin aktiv mərkəzi haqqında məlumat verin.

6. Fermentlərin aktivliyinə temperatur və mühitin pH-ı necə təsir edir.

8. Müasir üsulla fermentlərin adlanmasını və təsnifatını göstərin.

9. Tibbdə xəstəliklərin müalicəsində və diaqnostikasında işlədilən fermentləri sadalayın.

10. Heyvandarlığın inkişafında istifadə olunan əsas fermentləri göstərin.

## VI FƏSİL

### 6. VİTAMİNLƏR VƏ KOFERMENTLƏR

*Vitaminlər* - hüceyrənin normal həyat fəaliyyəti üçün lazım olan ən vacib bioüzvi maddələrdir. Onlar qidanın əvəzolunmaz komponentləridir. Vitaminlərin çoxusu insan və heyvan orqanizmində sintez olunurlar. Bitkilərdə və mikroorqanizmlərdə aminturşulardan (triptofan,  $\beta$ -alanin, valin, serin və s.), karbohidratlardan (qlükoza, qalaktoza və s.) və qeyri-üzvi birləşmələrdən sintez olunurlar. Vitaminlər bir çox fermentlərin tərkibinə daxildir, bioloji katalizdə mühüm rol oynayır. Onlar orqanizmdə fermentlərin zülal olmayan hissələrinin-koferment və prostetik qruplarının qurulmasında iştirak edir. Onlar bitkilərin, heyvanların və insanların boy və inkişafında da mühüm rol oynayır.

Vitaminlərin mübadiləsi (biosintezi, parçalanması) bitkilərin və heyvanların orqanlarında müxtəlif intensivlikdə getməklə onların yaşından, xarici mühit amillərindən (günün uzunluğu, temperatur, havanın rütubəti, təztiq, şüalanma və s.) və onların orqanizmindən də asılıdır.

Vitaminləri öyrənən elm sahəsi *vitaminologiya* adlanır. Hazırda 50-yə qədər vitamin müəyyən edilmişdir. Onların əksəriyyəti bitkilərdən süni surətdə sintez üsulu ilə alınmışdır.

Struktur və funksyaları yaxşı öyrənilmiş vitaminlərdən əlavə *vitaminəbənzər* maddələr də mövcuddur. Onların bioloji rolu hələlik yaxşı tədqiq edilməmişdir. Belə maddələrə xolin, inozit, linol turşusu, I-vitamini (S-metilmetionin), B<sub>15</sub>-vitamini (panqam turşusu), orot turşusu, ubixinon, paraaminbenzoy turşusu, karnitin, linol, linolein, araxidon turşuları aiddir. Müəyyən edilmişdir ki, onların qidada çatışmazlığı bir sıra xəstəliklərin yaranması-

na şərait yaradır.

## 6.1 Vitaminlərin təsnifatı və nomenklaturası

Vitaminlərin öyrənilməsi 1880-ci ildə N. İ. Lunin tərəfindən başlanmış və ilk dəfə 1911-ci ildə K. Funk tərəfindən düyünün kəpəyində müəyyən edilmişdir. Hələ qədim zamanlarda insanlar arasında bir sıra kütləvi xəstəliklər (sınqa, beri-beri, pellaqra və s.) yayılmışdır. Beri-beri xəstəliyi haqqında məlumatı qədim Çin, Yunan və Hind həkimlərinin əsərlərində təsadüf olunur. 1912-ci ildə polyak alimi K. Funk düyü kəpəyindən alınan və beri-beri xəstəliyində işlədilən kristal maddənin tərkibində amin ( $-NH_2$ ) qrupunun olmasını müəyyən etmişdir və bu maddəyə vitamin (latınca vita-həyat, vitamin-həyat amili) adı verməyi təklif etdi.. Sonralar məlum oldu ki, düyü kəpəyindən alınmış kristal maddə də müxtəlif birləşmələrin qarışığından ibarətdir. Sonralar qida ilə qəbul edilən, həyat üçün zəruri olan və orqanizm tərəfindən energetik maddə kimi istifadə edilməyən bioloji aktiv maddələr vitaminlər adı altında birləşdirildi. Sonralar aydın olmuşdur ki, tərkibində amin qrupu olmayan vitaminlər də (askorbin turşusu, tokoferol, pridoksin və s.) vardır.

Vitaminlər latın hərfləri ilə adlandırılır. A, B, C, D, E, K vitaminləri və s. Lakin bunlar təsirlərinə görə (antikseroftalmik, antipellaqrik vitaminlər və s.) və kimyəvi tərkiblərinə görə də (tiamin, askorbin turşusu və s.) adlandırılır. Hazırda hər üç adlanmadan istifadə edilir.

Vitaminlər müxtəlif qrup üzvi birləşmələrə aid olduğu üçün onların həll olma qabiliyyətinə görə iki qrupa bölünür.

1. Yağda həll olan vitaminlər – A, D, E, K, Q



2. Suda həll olan vitaminlər – B qrupu (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>) vitaminləri, C, PP, fol, paraaminbenzoy turşusu və s.

Yuxarıda qeyd edilən vitaminlərin bəziləri bir neçə formada olur. Həmin formalar – *vitamerlər* adlandırılır. Məsələn, A<sub>1</sub> və A<sub>2</sub> vitaminləri A vitamininin, D<sub>2</sub> və D<sub>3</sub> vitaminləri D vitamininin vitamerləridir.

Cədvəl 9.

### Vitaminlərin mühüm nümayəndələri

Adlandırılma (nomenklatura)			İnsanların maksimum gündəlik tələbatı, mq-la
Hərflə işarəsi	Kimyəvi adı (beynəlxalq təsdiq olunmuş)	Bioloji təsir xüsusiyyətinə əsaslanan adı	
Yağda həll olanlar			
A	Retinol	Antikseroftalmik vitamin	2,5
D	Kalsiferol	Antiraxitik vitamin	0,025
E	Tokoferol	Nəsiltörətmə vitamini	5,0
K	Filloxinon	Antihemorragik vitamin	0,015
Q	Uboxinon	—	—
Suda həll olanlar			
B <sub>1</sub>	Tiamin	Antinevrit (anegrin)	3,0
B <sub>2</sub>	Riboflavin	Boy artımı vitamini	3,0
B <sub>5</sub> (PP)	Nikotin turşusu	Antipellaqra vitamini	25
B <sub>6</sub>	Piridoksin	Antidermatit vitamini	2,0
B <sub>12</sub>	Siankobalamin	Antianemik vitamin	0,001
C <sub>1</sub>	Askorbin turşusu	Antiskorbut vitamini	100
B <sub>3</sub>	Pantoten turşusu	Antidermatit vitamini	12
H	Biotin	Antiseborrik vitamini	0,01
P	Rutin (sitrin)	Keçiricilik vitamini	50

Vitaminlər əvəzolunmaz birləşmələrdir. Onların orqanizmdə müxtəlif miqdarda olmasından asılı olaraq orqanizmin avitaminoz

hipovitaminoz və hipervitaminozluq halları yaranır.



Şəkil 44. Orqanizmdə avitaminoz, hipovitaminoz və hipervitaminoz halları

**Avitaminozluq** – qida maddələrinin tərkibində vitaminlərin tamamilə olmaması halına deyilir. Bir neçə vitaminin olmaması *poliavitaminoz* adlanır. Bu hal müəyyən xəstəliklərə gətirib çıxarır və orqanizmin məhvi ilə nəticələnir.

**Hipovitaminozluq** – qidada bu və ya digər vitaminin qismən çatışmamazlığı, yəni vitaminlərin səviyyəsinin normadan aşağı düşdüyü hallarda baş verir.

Əmələ gəlmə səbəblərinə görə hipovitaminozları iki qrupa bölmək olar: 1) ekzogen hipovitaminozlar-qida maddələrinin keyfiyyətsizliyi nəticəsində baş verir. 2) endogen hipovitaminozlar-orqanizmdə baş verən patoloji hallarla əlaqədar meydana çıxır.

Hipovitaminozluq hallarında – orqanizmin iş fəaliyyəti aşağı düşür, qaranlıqda görmə zəifləyir, ümumiyyətlə orqanizmin xəstəliklərə qarşı müqaviməti zəifləyir.

**Hipervitaminozluq** – vitaminlərin uzun müddət həddindən artıq qəbul edilməsi nəticəsində baş verir. Bu hal bir sıra xəstəliklərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Belə xəstələrə *hipervitaminoz-*

lar deyilir. Hipervitaminozluq yağda həll olan vitaminlər (xüsusən A və D) üçün xarakterikdir. Bu hal insan orqanizmində bir sıra allergik xəstəliklərin əmələ gəlməsinə şərait yaradır.

Vitaminlərlə zəngin bitki və heyvan mənşəli ərzaqlarla qidalanma orqanizmdə fermentativ proseslərin normal getməsi üçün əsas amillərdən biridir.

## **6.2 Vitaminlərin təyin edilmə üsulları**

Qida məhsullarının tərkibində olan vitaminləri təyin etmək üçün iki üsuldən istifadə edilir: fiziki-kimyəvi və bioloji üsullardan.

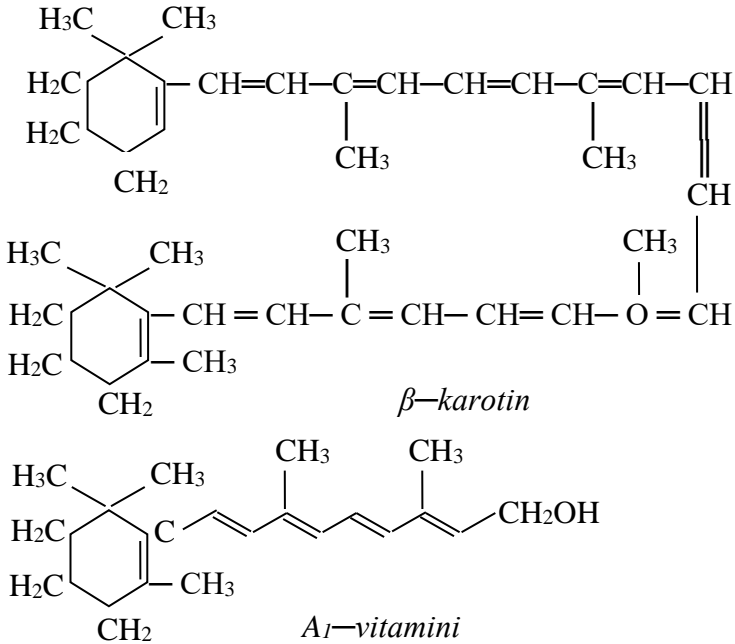
Fiziki-kimyəvi üsul müxtəlif vitaminlərin müəyyən kimyəvi reaktivlərlə rəngli reaksiyalar vermək qabiliyyətinə əsaslanır. Bioloji üsulun mahiyyəti bundan ibarətdir ki, heyvanlar müəyyən müddət ərzində (dəniz donuzu, siçovul və s.) süni, vitaminsiz pəhrizlə qidalandırılırlar, təcrübə heyvanlarında avitaminoz əmələ gəldikdən sonra, onları tədqiq olunan qida maddələri ilə yemləyirlər. Qida maddəsinin müəyyən vitaminin avitaminozunun qarşısını ala bilən miqdarını təyin etməklə, onun tərkibindəki vitaminin aktivliyini hesablayırlar.

## **6.3 A vitamini**

A vitamini (və ya retinal) bitkilərdə provitamin formada olur. Onun provitamini karotindir. Onun da 3 izomeri vardır:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -karotin. Karotinlərin qarışıqında  $\beta$ -karotin çoxluğu (təx-

minən 85%) təşkil edir. Bunun bioloji fəallığı 100 götürülsə,  $\alpha$ -formanınkı 53 və  $\gamma$ -formanınkı isə 27-dir. Karotinlər karbohidrogenlərə aid olub, empirik tərkibi  $C_{40}H_{56}$  olur.

A vitamini insan və heyvan orqanizmində karotindən əmələ gəlir. Bağırsağın selik təbəqəsində və qaraciyərdə karotininin iştirakı ilə bir molekul  $\beta$  – karotindən hidrolitik parçalanma nəticəsində 2 molekul,  $\alpha$ -, və  $\gamma$ -karotindən isə bir molekul  $A_1$  vitamini (və ya retinal) əmələ gəlir.



$A_1$  vitamini tsiklik biratomlu doymamış spirtidir. Oksigenli mühitdə tez pozulur. Təmiz halda açıq-sarı rəngli kristallik maddədir,  $63^0C$ -də əriyir. Suda həll olmur, lakin yağlarda, efirdə, xloroformda, asetonada və s. yağ həlledicilərində yaxşı həll olur. Bu-

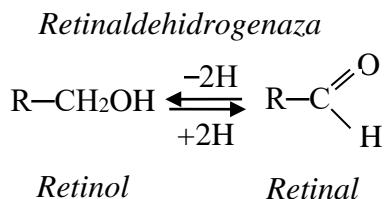
nun izomerləri də vardır. A<sub>2</sub> vitaminindən bunun fərqi nüvəsində əlavə (2-ci) ikiqat rabitənin olmasıdır.

Şirin su hövzələrində yaşayan balıqların yağında bioloji təsirinə görə retinola oxşar maddə tapılmışdır. Bu maddənin bioloji təsiri retinola nisbətən zəifdir. O kimyəvi quruluşuna görə retinoldan bir ədəd doymamış ikiqat rabitənin olması ilə fərqlənir və bununla əlaqədar dehidroretinol adlanır.

Balinaların qaraciyərində orqanizmə A vitamini kimi təsir göstərən bir maddə alınmışdır. Bu maddə A<sub>3</sub> vitamini adlanır.

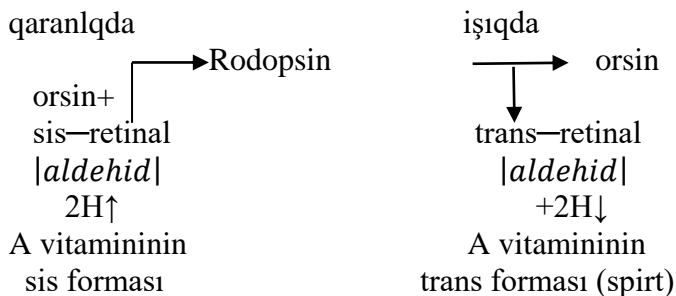
A qrupu vitaminləri zülalların, nuklein turşularının mübadiləsində, bəzi hormonların (insulinin) fəallaşmasında, oksidləşmə-reduksiyalaşma proseslərində iştirak edir.

A vitamini orqanizmdə asanlıqla oksidləşmə və reduksiya reaksiyasına uğrayaraq müvafiq aldehidə və əksinə-spirtə çevrilir, konfigurasiyasını dəyişdirərək trans formadan sis formaya keçir.



A vitamininin aldehid forması (sis izomeri) opsinlə birləşib rodopsin (görmə purpuru) əmələ gətirir. Bu görmə prosesini də başa çatdırır. Rodopsin işıq təsiri ilə opsinə və A vitamininin sis – formasına ayrılır. Sonuncu isə izomerləşərək trans formaya və A vitamininin aldehid forması isə reduksiya olaraq spirt formasına çevrilir.

Qaranlıqda bu proseslər əksinə gedir. Bu çevrilmələri sxematik aşağıdakı kimi göstərmək olar:



A vitamini çatışmadıqda insan və heyvanlarda görmə prosesi (keratomalyasiya – gözün buynuz təbəqəsinin yumşalması, kseroftalmiya-gözün buynuz qişasının quruması, sinir sisteminin fəaliyyəti və epitel örtüyü) pozulur. Toyuq korluğu və ya hemerlopiya – A hipovitaminoz əmələ gəlir. Bu zaman alaqaranlıqda və axşamüstü görmə qabiliyyəti itir, lizosimin əmələ gəlməsi dayanmır, yoluxmaya həssaslıq artır. Belə xəstələr vərəmə tez tutulur.

Karotinin bir sıra izomerləri (likopin, ksantofil, zeaksantin) də vardır. Likopin narıncı-qırmızı rəngli maddədir, ən çox itburnu meyvəsində, pomidorda olur.

Ksantofilə ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) bitkilərin yarpağındakı xloroplastlarda rast gəlinir.

Zeaksantinə ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) qarğıdalının dənində təsadüf edilir.

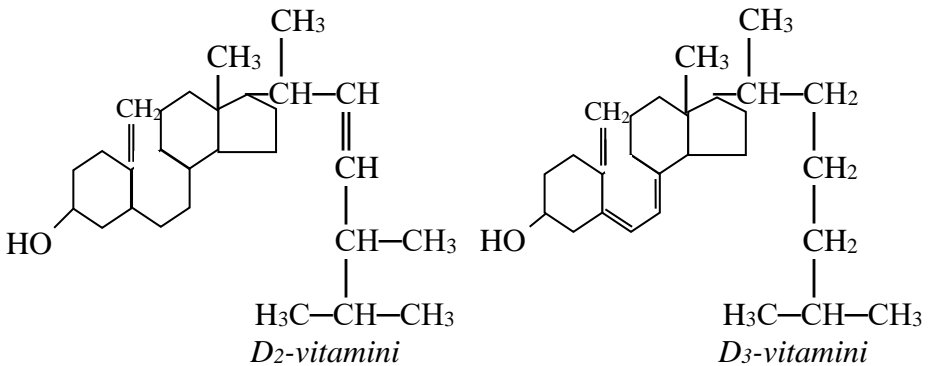
Karotin və onun izomerləri *karotinoidlər* adlanır. Bitkilərin inkişaf fazalarından asılı olaraq karotinoidlərin miqdarı dəyişir. Ən çox çiçəkləmə fazasında olur, sonra isə azalır. Meyvələrin yetişmə dövründə də onların miqdarı çoxalır.

A vitamini ən çox yumurtanın sarısında (2–15 mq%), qaraciyərdə (25 mq%), balıq yağında (27–400 mq%), süddə, kərə yağında və s. olur.

## 6.4 D vitamini

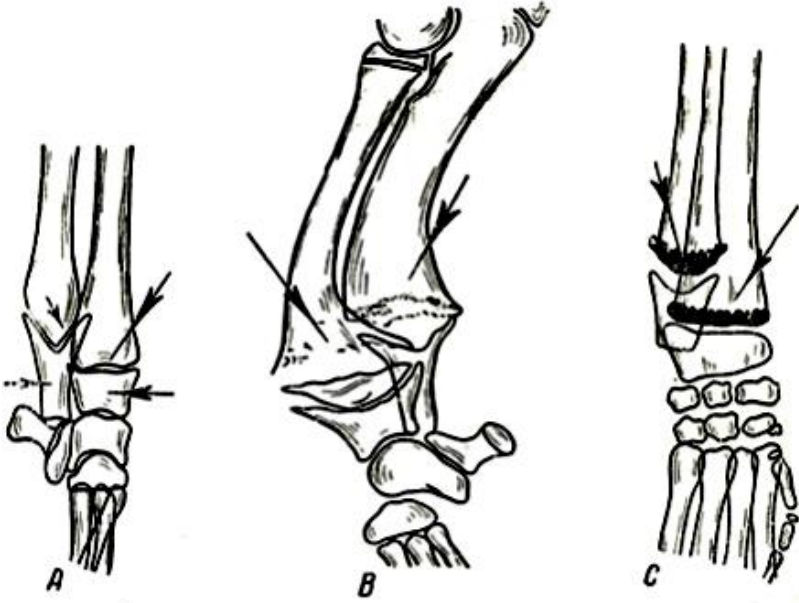
Buna bir neçə formada ( $D_2$ – $D_6$ ) təsadüf edilir. Bunlardan faydalısı  $D_2$  və  $D_3$  vitaminləridir.

D vitamini və ya kalsiferol bitkilərdə provitamin formasındadır. Bu da sterinlərdəndir. Məsələn, erqosterin  $D_2$  vitamininin provitaminidir. İnsan və heyvan orqanizmində erqosterindən ultrabənövşəyi şüaların təsiri ilə  $D_2$  vitamini (erqokalsiferol) əmələ gəlir.  $D_3$  vitamininin (və ya xolekalsiferol) biosintezində dəridə olan 7–dehidroxolesterindən istifadə olunur. D qrupu vitaminlərinin tərkibində tsiklopentanonperhidrofenantren nüvəsi vardır və quruluşları aşağıdakı kimidir:



$D_2$  vitamini rəngsiz kristallardan ibarət 4 ikiqat rabitəli siklik doymamış spirtidir. Temperatura davamlıdır,  $115$ – $117^{\circ}\text{C}$ -də əriyir.

D vitamini mineral maddələrdən kalsium və fosfor mübadiləsinin nizamlanmasında iştirak edir. Bu vitamin çatışmadıqda körpələrdə raxit və yaşlılarda osteomalyasiya xəstəliyi əmələ gəlir. Raxit mineral mübadilənin pəzulması nəticəsində lülə sümüklərin yumşalması və əyilməsi ilə xarakterlənir.



Şəkil 45. İtlərdə raxit: A - dirsəyin normal vəziyyəti; B - raxit (raxitin şiddətli dövrü); C - raxitin son nəticəsi

Bütün orqan və toxumalarda fosfor və kalsiumun miqdarı azalır. Qanda kalsiumun miqdarı 10 mq %-dən 7 mq %, fosforun-ku isə 5 mq %-dən 2 mq %-ə qədər azalır.

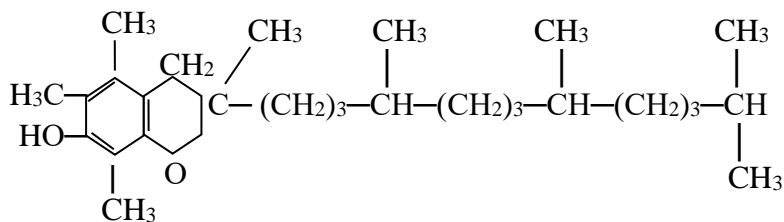
D vitamini ən çox balıq yağında, süddə, qaraciyərdə, yumurtanın sarısında, kərə yağında və qeyri məhsullarda olur.

## 6.5 E vitamini

Bu vitamin *əmələgəlmə* (törəmə) prosesini nizamlamaqla, heyvanlarda qısırlığın qarşısını alır. Ona görə də buna *törəmə* vitamini və ya tokoferol (nəsil gəzdirən deməkdir) da deyilir.

Empirik formulu  $C_{29}H_{50}O_2$ . Tokoferolun quruluşu belədir:





E vitamini yağvari maye olub, spirt və efirdə yaxşı həll olur, asan oksidləşir, turşulara və temperatura davamlıdır. Qələvilərdə nisbətən tez həll olur.

Tokoferol yağları oksidləşmədən qoruduğu üçün antioksidant adlanır.

E vitamini həm sərbəst, həm də birləşmiş halda olur. Kələmdə E vitamini 20% sərbəst və 80% zülalla birləşmiş halda (M. P. Zaxarovaya görə).

Tokoferol 3 formada:  $\alpha$ ,  $\beta$  və  $\gamma$  olur. Onların başqa formaları da vardır. Lakin əhəmiyyətli yuxarıda qeyd edilənlərdir. Bunların fəallığı eyni deyildir. Ən fəali  $\alpha$ -tokoferoldur. Sonuncunun fəallığı 100 götürülsə  $\beta$ -tokoferolunka 30 və  $\gamma$  tokoferolunka isə 20 olur. Bu formaların miqdarı müxtəlif bitkilərdə eyni deyildir. Pambıq yağında 38%  $\alpha$ , 42% isə  $\gamma$  forma olur. Lakin qarğıdalı yağında tokoferolun 89%-ni  $\gamma$ , 11%-ni isə  $\alpha$  forma təşkil edir.

E vitamini orqanizmdə oksidləşmə - reduksiya proseslərinin nizamlanmasına imkan yaradır. Ona görə bu vitaminin çatışmazlığında əzələlərin oksigenə tələbatı çoxalaraq, onlar distrofiyalaşır.

Müəyyən olunmuşdur ki, E vitamini selenin və ubixinonun metabolizminə təsir edir, həmçinin qocalmanı ləngidir.

E avitaminozluğu zamanı heyvanlarda balasalma əmələ gəlir. Spermatozoidlərin, tənəsül hormonlarının əmələ gəlməsi pozulur.

lur. Erkeklerin toxumaları degenirasiyalaşır.



Şəkil 46. E vitamininin çatışmazlığı nəticəsində meydana çıxan əzələ atrofiyası

E avitaminozu zamanı əzələlərdə fosfor mübadiləsi, xüsusilə adenzinüçfosfatın və fosfagenin çevrilmələri pisləşir. Hüceyrələrin lipoprotein təbəqəsinin zədələnməsi xarakterik əlamətlərdən sayılır.

E vitamini insan və heyvanların hipofiz hissəsində, əzələlərdə və mədəaltı vəzində ən çox toplanır.

Tokoferol bitkilərin yaşıl hissəsində, xüsusən toxumalarda (rüşeymdə) olur. Bu vitaminə ən çox bitki yağlarında təsadüf edilir. O, buğdanın dənində (1 mq%), rüşeymdə (30 mq%), noxudda (6 mq%), daha artıqdır. Pambıq yağında isə 100 mq% E vitamini vardır. Bu vitamin qaraciyərdə və yumurtanın sarısında da çoxdur. Həmin vitamin bitkinin inkişaf fazasından asılı olaraq artır-azalır. Toxum cücərəndə və bitkinin inkişafı zamanı vitaminin sintezi artır.

İtburnu meyvəsi, alma toxumu, dənli bitkilər və onlardan alınan yağlar, qaramal və donuz əti, kərə yağı, bitki yağları, kələm bu vitaminlə zəngindir.

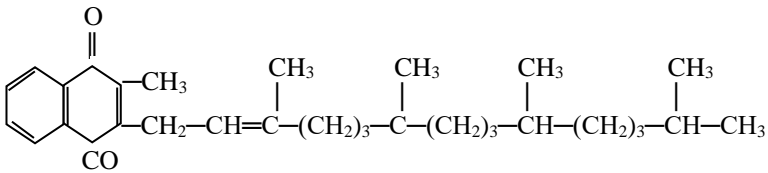
## 6.6 K vitamini

Buna antihemorrik vitamini də deyilir. Bu qanın laxtalanmasında iştirak etdiyindən onun çatışmamazlığında qan laxtalanma qabiliyyətini itirir. Bədənin müxtəlif hissələrində (dəridə, qarın boşluğunda, əzələlərdə) qan sızmaları müşahidə edilir, qan azlığı baş verir. Bu vitamin protrombinin əmələ gəlməsində iştirak edir, prokonvertini stabilləşdirir.

K vitamini açıq-sarı rəngli kristallik maddə olub, 52° C temperaturda əriyir. Reduksiya etdikdə rəngsizləşir, oksidləşdikdə isə saralır. Bu vitamin ultrabənövşəyi şüaların və qələvilərin təsirindən pozulur. Lakin havada uzun müddət, hətta 120° C-yə kimi qızdırdıqda belə pozulmur.

K vitaminləri üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur. O bir neçə formada olur. Onlardan K<sub>1</sub> və K<sub>2</sub> vitaminləri əsasdır. K<sub>1</sub> vitamininə α-filloxinon, K<sub>2</sub> vitamininə isə farnoxinon da deyilir.

K<sub>1</sub> vitamininin tərkibi aşağıdakı kimidir:



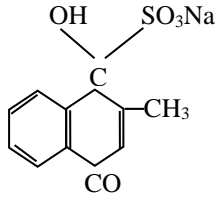
Bunun kimyəvi adı 2-metil-3-fetil-1,4-naftoxinondur. Bu 1940-cı ildə sintetik yolla da alınmışdır.

K vitamini naftaxinon qrupuna aiddir. Bunun bioloji fəallığında nüvəsi əsas rol oynayır, yan zəncir isə az əhəmiyyətlidir.

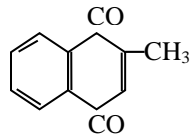
K vitaminləri orqanizmdə parçalanaraq 2-metil-1,4-naftonona da çevrilir ki, bu da zəif də olsa, fəallığa malikdir. Bu, K<sub>3</sub> vitamini də adlanır.

K vitamininin çatışmazlığına quşlar, xüsusən cavanlar çox həssasdır. O, bitgilərdə ən çox qara yoncada, kələmdə, ispanaqda, yerkökündə, gicitgəndə və qarğıdalının saçağında olur.

Təbabətdə və baytarlıqda ən çox K vitamininin əvəzedicisi olan vikasol və ya metil-naftoxinonun bisulfitli törəməsi işlənir.



Vikasol



K<sub>3</sub>-Vitamiini

Bu maddə suda yaxşı həll olur, toksiki təsiri azdır və bilavasitə qana yeridilə bilər.

Vikasoldan qanaxmalarını dayandırmaq üçün də istifadə edilir.

### 6.7 F-vitamini.

Linol, linolen və araxidon turşuları F vitamini (fat ingiliscə yağ deməkdir) sayılır. Bunlardan ən fəali araxidon turşusudur. Vitaminlər ən çox bitki yağlarında (qarğıdalı, günəbaxan) olur, insan və heyvanlarda sintez olunmur. Qeyd edilən turşular suda həll olmur, lakin üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur və yüksək bioloji fəal maddələrdir. Plastik funksiya daşıyır. Bu turşuların bəzilərindən bir qrup prostaqlandinlər əmələ gəlir.

F vitamininin çatışmazlığı siçovullarda tüklərin tökülməsinə, dermatitə, boy inkişafının dayanmasına səbəb olur. Ağır formada insanda damarlarda skleroz, hiperxolesterinemiya müşahidə edilir.

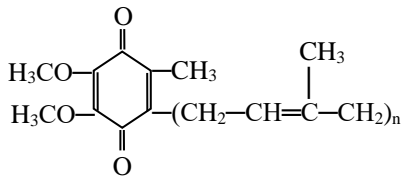
də edilir, yolxucu xəstəliklərə həssaslıq artır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarında F vitamininin çatışmazlığı yaxşı öyrənilməmişdir, lakin müəyyən edilmişdir ki, süd məhsuldarlığı azalır, cavanların boy inkişafı dayanır, nəsəl vermə pozulur.

## 6.8 Q vitamini. Ubixinon.

Q vitamini yaxud koferment ( $K_{10}Q$ ) adlanır. Ubixinon və ya koenzim Q canlı aləmdə çox geniş yayılmış kofermentlərdən biridir. Ona canlıların toxuma və hüceyrələrində təsadüf edilir. Koenzim Q əksəriyyət etibarilə hüceyrələrin mitoxondrilərində olur. O, toxuma tənəffüsü (bioloji oksidləşmə) prosesində elektronların membran dehidrogenazalarından sitoxrom sisteminə keçirilməsində iştirak edir. Lakin ona başqa ferment sistemlərində də (məsələn, qaraciyərin aldehidoksidazasının tərkibində) təsadüf olunur.

Koenzim Q-nün kimyəvi quruluşunun əsasını 2,3-dimetoksi-5-metil-1,4-benzoxinon təşkil edir. Onun yan zənciri müxtəlif miqdarda izoprenoid qalıqlarından ibarətdir.



*Ubixinon (koenzim O)*

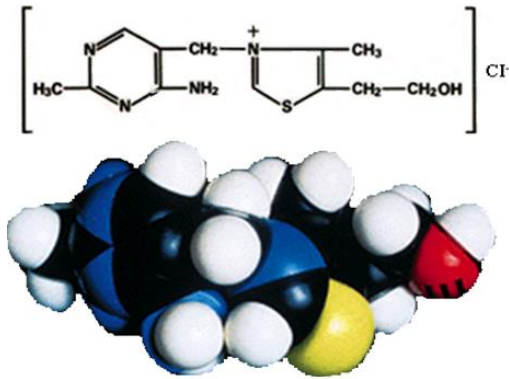
Ubixinon suda həll olmayan maddədir, oksidləşmə-reduksiya qabiliyyətinə malikdir. Bu vitamin mitoxondriyaların daxili membranlarında elektron köçürücü zülalların tərkibinə daxildir. Tənəffüs prosesində flavoproteidlərdən (membran dehidrogenazalardan) V sitoxromdakı dəmirə elektronların köçürülməsində kofer-

ment funksiyasını yerinə yetirir. Bu vitamin heyvan məhsullarında sintez olunur. Ubixinon bitki və heyvan məhsullarında vardır. Heyvan orqanizmində ən çox qaraciyərdə olur.

K<sub>o</sub>Q-əzələ distfrosiyası və ürək fəaliyyətinin çatışmazlığı hallarında da şəfaverici təsir göstərir.

### 6.9 B<sub>1</sub> vitamini.

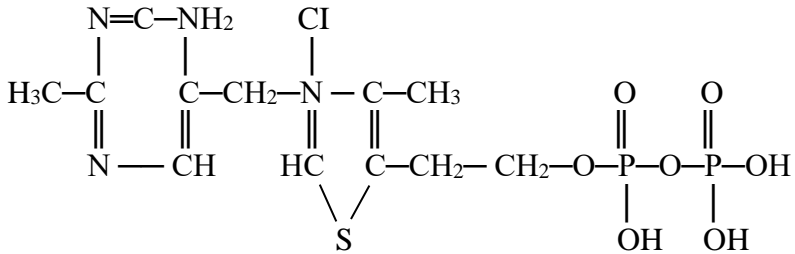
B<sub>1</sub> vitamini (və ya tiamin) rəngsiz, acı kristal maddədir, suda yaxşı həll olur, temperatur və turş mühitdə davamlıdır. Zəif qələvi mühitdə tez pozulur. Tərkibində həm kükürd, həm də amin qrupu olduğuna görə B<sub>1</sub>-vitamininə tiamin də deyilir. Tiamin (və ya anevrin) primidin nüvəsi ilə tiazol halqasından əmələ gəlmişdir. Bu vitaminin kimyəvi quruluşu Vilyams və Vandaus tərəfindən aydınlaşdırılmışdır və quruluşu belədir:



Şəkil 47. B<sub>1</sub> vitamininin quruluşu

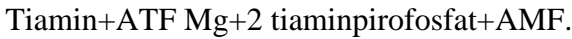
B<sub>1</sub> vitamini tiaminxlorid formada turş mühitdə mövcuddur. Neytral və qələvi mühitdə bu quruluş dəyişir, tiamin molekulunda sərbəst aldehid və sulfhidril qrupları yaranır. Bu vitamin

insan və heyvanların orqanizmində tiamin pirofosfat formasındadır, sərbəst şəkildə olmur.



### *Tiaminpirofosfat*

Tiaminin fosforlaşması qaraciyərdə tiaminpirofosfokinazanın işdirəki ilə gedir. Reaksiya sxematik belə yazılır:



Tiaminpiro-fosfat karboksilaza fermentinin kofermentidir. Odur ki, buna kokarboksilaza da deyilir. Tiaminpirofosfat amin-turşularının mübadiləsində (karboksilsizləşməsində) iştirak edir. O kifayət qədər sintez olunmadıqda karbohidratların aralıq mübadiləsi, xüsusilə piroüzüm turşusunun dekarboksilləşməsi pozulur.

B<sub>1</sub> vitamini lipotiamindifosfat (LTDF) formasında piroüzüm, quzuqulaqsirkə, alfa-ketoqlutar turşularının oksidləşməklə, dekarboksilləşməsini kataliz edən fermentlərin dehidrogenazların tərkibinə daxil olur.

İnsan və heyvanlarda B<sub>1</sub> vitamin çatışmadıqda beriberi (sinqalezcə-bacarmıram deməkdir) xəstəliyi və ya polinevrit əmələ gəlir. Bu xəstəlik, əsasən ürəyin və sinir sisteminin fəaliyyətinin pozulması ilə xarakterlənir.

Xəstə müvazinətini itirir, çox arıqlayır. Orqanizimdə karboksilaza azalır, toxumalarda piroüzümturşusunun miqdarı çoxalır, oksidləşmə-reduksiya prosesləri pozulur. Buna sinir toxuması

çox həssasdır və polinevrit də bununla əlaqədardır.

B<sub>1</sub> vitaminin yemdə çatmazlığına at, donuz, it və adadovşanı daha çox həssasdır.

Gövşəyən heyvanların B<sub>1</sub> vitamininə tələbatı azdır. Çünki onların mədə önlüklərindəki mikroflora bu vitamini sintez edir. Quşlarda və təkkameralı heyvanlarda anevrin əsasən kor bağırsaqda sintez olunur.

B<sub>1</sub> vitamini müxtəlif bitgilərin ayrı-ayrı orqanlarında müxtəlif miqdardadır.

Bitkidə B<sub>1</sub> vitamini yetişmə fazasında yarpaq və gövdədən toxuma keçir. Buğdanın dənini yetişmə dövründə onda 2,4 mq/kq, tam yetişmədə 5,4 mq/kq tiamin olur. Tiamin dənli-paxlalı bitkilərin (düyü, noxud, buğda, vələmir və s.) qabığına daha çoxdur (0,02-0,06 mq %). Buğda dənində 1-1,5 mq % B<sub>1</sub> vitamini var.

B<sub>1</sub> vitamini heyvan məhsullarından ən çox qaraciyərdə, böyrəklərdə, ürəkdə, daha çox isə pivəmayasında mövcuddur.



Şəkil 48. Beri-beri xəstəliyində aşağı ətrafların atrofiyası

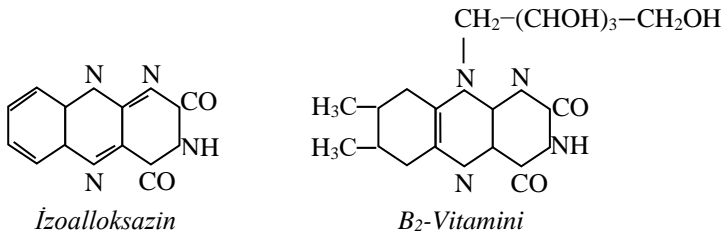
## 6.10 B<sub>2</sub> vitamini.

B<sub>2</sub> vitamini və ya riboflavin metilləşmiş izoalloksazinlə ribitol spirtindən əmələ gəlir. O, suni halda da sintez edilmişdir.

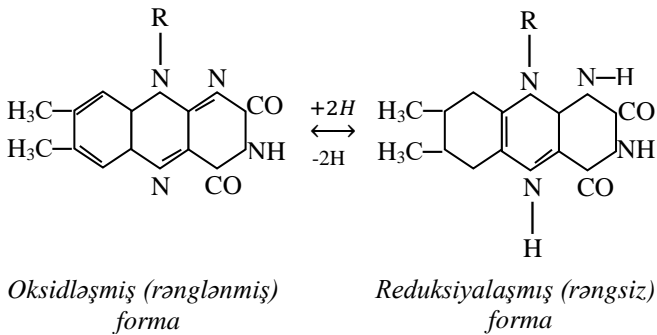
Bu vitaminin kimyəvi adı 6,7 dimetil-9-ribitilizoalloksazindir.

B<sub>2</sub> vitamini sarı kristal maddə olub, suda yaxşı həll olur, 2,92<sup>o</sup>C temperaturda əriyir. Temperatur və ultrabənövşəyi şüaların təsirinə davamsızdır. İşığın təsiri ilə ribitola və dimetilizoalloksazinə parçalanır.





Flavinlər qrupuna aid olduğundan və tərkibində ribozanın qalığını saxladığı üçün ona riboflavin də deyilir. Bu vitamin flavin fermentlərinin kofermentidir. Hazırda 30-a yaxın flavin fermentləri məlumdur. Bunların az qisminə prostetik qrup riboflavinfosfatdır, çoxunda isə flavinadenin dinukleotiddir (FAD) yəni B<sub>2</sub> vitamini ilə adenilnukleotidin kompleksidir. Bu vitamin tərkibindəki ikiqat rabitə hesabına özünə hidrogen molekulunu birləşdirmək və ayırmaq qabiliyyətinə malikdir. Hidrogenlə birləşəndə rəngsizləşir, hidrogendən ayrılında isə əvvəlki rəngini alır.



Odur ki, B<sub>2</sub> vitamini oksidləşmə-reduksiya proseslərində, toxuma tənəffüsündə iştirak edir.

B<sub>2</sub> vitamin heyvan orqanizmində sərbəst və zülallarla birləşmiş formada-kompleks şəklində olur.

Riboflavin asan fosforlaşır. Riboflavin fosfat efiri formasın-

da aminturşuları oksidazasının, ksantinoksidazanın, müxtəlif dehidrogenazanın da tərkibinə daxildir. Sarı tənəffüs fermenti də riboflavinin fosfat efiri ilə zülaldan ibarətdir.

B<sub>2</sub> vitamini çatışmadıqda insan və heyvanlarda hemoqlobinin, oksireduktazaların sintezi, boy və inkişaf əlaqədar olan oksidləşmə prosesləri pozulur, dermatit əmələ gəlir, boy prosesi və qanın regenerasiyası ləngiyir, gözlər xəstələnir, tüklər tökülür.

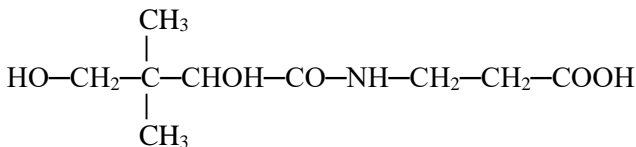
Riboflavinin çatmazlığına donuz, it və quşlar daha həssasdır. B<sub>2</sub> vitamininin sintezi həm işıqda, həm də qaranlıqda gedir. Onun miqdarı toxum cücərməyə başlayandan çiçəkləmə fazasına qədər artır. Bu vitamin cavan orqanlarda daha çoxdur.

Bitkilərdə B<sub>2</sub> vitamini sintez olunduqda onların azot ehtiyatı çoxalır. B<sub>2</sub> vitamini bitginin dənində, xüsusən kəpəyində daha çox olur. Buğdanın qabığında 0,5 mq % və dənində isə 0,1 mq % B<sub>2</sub> vitamini vardır. Bu vitaminin miqdarı tərəvəz bitkilərində 0,03-0,1 mq % arasında dəyişir.

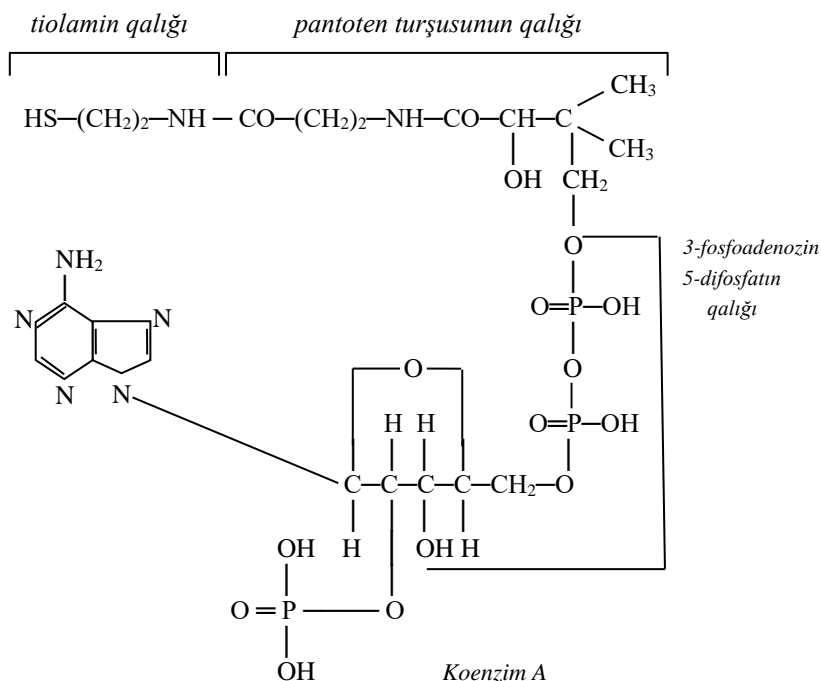
Heyvan məhsullarından B<sub>2</sub> vitamini böyrəklərdə, qaraciyərdə (3,4 mq%), süddə (0,03-0,3 mq%), pendirdə, ətdə (0,3mq%) və yumurtada, pivə mayasında çoxdur.

## 6.11 B<sub>3</sub> vitamini.

Pantoten turşusu və ya B<sub>3</sub> vitamini aminsizləşmiş valinin metilləşmiş törəməsi (yəni dimetildioksiyağ turşusu) ilə β-alanindən ibarət olub, tərkibi belədir.



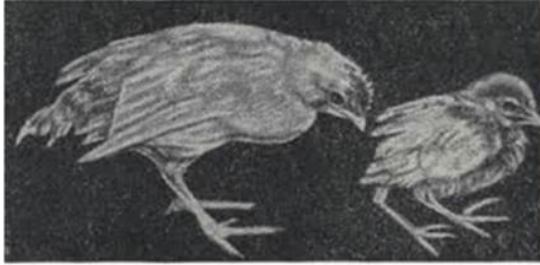
Pantoten turşusu (və ya pantoten) açıq sarı yapışqanvarı yağa bənzər mayedir. Suda yaxşı həll olur. Turşu və qələvilərin iştirakı ilə hidroliz olunur, peptid rabitəsi pozulur. Az davamlıdır, asan oksidləşir. Bu vitamin sintez edilmişdir. İnsanın, heyvanların və bitkilərin həyatında pantoten turşusunun rolu çox böyükdür. O, koenzin A-nın tərkibinə daxil olmaqla, mübadilədə mühüm rol oynayır.



Karbon turşularını (sirkə turşusu, palmitin turşusu və s.) fəallaşdırmaqla, onların oksidləşməsinə şərait yaradır, zülalların mübadiləsi və lipoidlərin sintezində iştirak edir.

Pantoten turşusunun çatışmamazlığından insan və heyvanlarda dermatit baş verir, tüklər pigmentasiyasını itirir, tökülür, sinir sisteminin, böyrəküstü vəzlərin və ürəyin fəaliyyətində poz-

ğunluq əmələ gəlir.



Şəkil 49. Toyuqlarda pantoten turşusunun çatışmazlığı əlamətləri

Pantoten turşusu gövşəyən heyvanların işkənbəsində, tək-dırnaqlıların və quşların bağırsağında mikroorqanizmlər tərəfindən də sintez olunur. Lakin sonuncuların tələbi ödənilmir.

Heyvan toxumalarında pantoten turşusunu parçalayan fermentlərə təsadüf edilməmişdir. O orqanizmdən sidiklə xaric olunur.

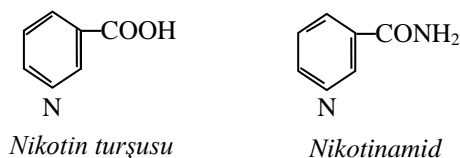
Atın yeminin hər kiloqramında 3,2 mq, cüçələrində isə 9 mq pantoten turşusu olduqda onların orqanizminin tələbi ödənilir.

Pantoten turşusu ən çox bitkilərin yaşıl hissəsində, yarpaqlarda və mayalarda olur. Bundan başqa, düyü kəpəyində (1,5 – 2 mq%), buğdada (1 mq%), buğda kəpəyində (2,5 mq%), kartofda, kələmdə (0,4 mq%), otda (1,2 mq%), dənli bitkilərin qabığına mövcuddur. Bu vitaminə qaraciyərdə, ətdə, yumurtada və süddə də çox rast gəlinir.

## 6.12 B<sub>5</sub>-vitamini (və ya PP)

Bu vitamin nikotin turşusu və onun amidindən ibarətdir.

B<sub>5</sub> vitamini, yaxud niasin su və spirtdə yaxşı həll olan, zəif turş dada malik, temperatura davamlı, ağ kristallik maddədir.



Nikotin turşusu 236<sup>0</sup>C-də, nikotinamid isə 129<sup>0</sup>C-də əriyir. Bu vitamin nikotinamid formada oksidoreduktaza fermentlərində koferment: nikotinamidadenininukleotid (NAD) və nikotinamidadenininukleotidfosfat (NAOF) funksiyasını yerinə yetirir, yəni anaerob dehidrogenazanın tərkibində olur, bioloji oksidləşmə reaksiyalarını sürətləndirir, karbohidratların və yağ turşularının, fosfatidlərin parçalanmasında iştirak edir. PP vitamini donuzda, itdə, quşlarda və s. heyvanlarda triptofandan da əmələ gəlir. Nikotin turşusunun biosintezi kövşəyən heyvanların işkənbəsində və cücelərin bağırsağında daha intensiv gedir.

B<sub>5</sub> vitamini çatışmadıqda insanlarda pellaqra xəstəliyi əmələ gəlir. Bu da dərinin açıq yerlərində (sifətdə, əllərdə, ayaqlarda) simmetrik yaraların əmələ gəlməsi və sinir pozğunluqları (qısa müddətli huşsuzluq-demensiya) ilə xarakterlənilir. Bu xəstəliyə körpə və yaşlı donuzlar, ev quşları daha çox həssasdır.

Ərzaq məhsullarında nikotin turşusu olmadıqda toxuma tənəffüsündə iştirak edən bir sıra fermentlərin sintezi pozulur. Bu vitamin karbohidrat mübadiləsində iştirak edir. Bundan əlavə nikotin turşusu azot mübadiləsinə, qanda xolesterinin miqdarına, yağ turşularının sintezinə təsir göstərir. Bu vitamin qan yaranmada iştirak edir.

Bu vitamin dənli bitgilərin toxumunda, qabıq hissəsində çoxdur. Buğdanın qabığına 15-30 mq %, dənində isə 5-7 mq %,

noxudda 2 mq %, kartofda 1 mq % PP vitamini vardır.

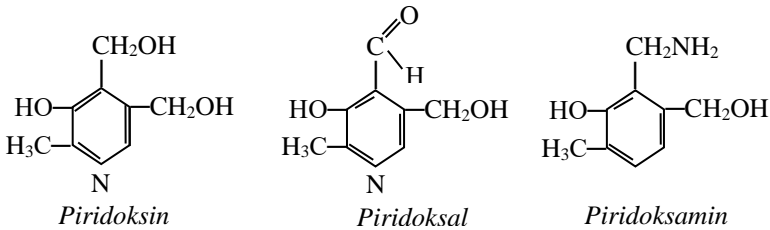


Şəkil 50. Pellaqra xəstəliyi zamanı dərinin müxtəlif hissələrində spesifik dermatit

Bu vitamin yabanı bitkilərdən yemlikdə 3,1 mq %, yolotunun tərkibində isə 1,4 mq % olur. Heyvan məhsullarından PP vitamini qaraciyərdə, böyrəklərdə və ətdə də çoxdur.

### 6.13 B<sub>6</sub> vitamini.

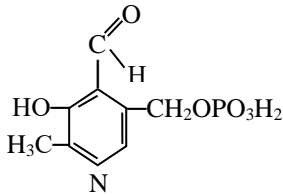
Bu vitaminə piridoksin və ya adərin də deyilir. Piridoksin piridin tərkibində olub, kimyəvi adı 2-metil-3-oksipiridin-4,5-dioludur. Bu quruluş sintezlə də təsdiq edilmişdir. Piridoksin 2 formada olur: piridoksal və piridoksamin. Bu vitamin çoxcəhətli xüsusiyyətlərə malikdir. İnsanların bağırsaqlarında saprofit həyat sürən bəzi mikroorqanizmlər B<sub>6</sub> vitamini sintez edə bilər. Onların sintez etdiyi B<sub>6</sub> vitamini insanın tələbatını ödəyir.



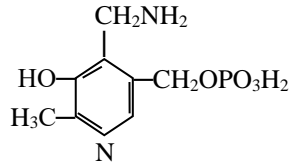
Orqanizmdə piridoksin oksidləşərək piridoksala və sonuncu isə aminləşib piridoksaminə çevrilir.

B<sub>6</sub> vitamini su və spirtə yaxşı həll olan, acı dadlı ağ kristallik maddədir, 160<sup>0</sup>C-də əriyir, işığın təsirindən tez pozulur, turşu və qələvilərə, qızdırmaya qarşı davamlıdır. Piridoksal 225<sup>0</sup>C-də, piridoksamin isə 193<sup>0</sup>C-də əriyir, rəngsiz kristal maddədir.

B<sub>6</sub> vitamini fosfopiroksidal halında aminoferaza və dekarboksilaza fermentlərində koferment rolunu oynayaraq təkrar aminləşmədə, zülalların mübadiləsində, aminturşularının dekarboksilləşməsində, təkrar sulfatlaşmasında, purin əsaslarının, hemoqlobinin, kreatinin sintezində, yağların mübadiləsində iştirak edir.



*Fosfopiridoksal*



*Fosfopiridoksamin*

Heyvanlarda (donuz, it, quş və s.) B<sub>6</sub> avitaminozu zülal mübadiləsini pozması və dermatitlə, anemiya ilə xarakteriklənir. Heyvanların boy inkişafı ləngiyir, sinir pozğunluqları baş verir. Donuzlarda hemoqlabinin miqdarı 30% azalır. Triptofanın mübadiləsi pozulduğundan sidiklə ksanturen turşusu ayrılır. Bu vitamin insanın qidasında çox olduğundan onda B<sub>6</sub>-avitaminozluğu əmələ gəlmir.

Gövşəyən heyvanların B<sub>6</sub> vitamininə olan tələbatı onların işkənbəsində sintez edilən vitamin hesabına ödənilir.

B<sub>6</sub> vitamini təbiətdə geniş yayılmışdır. O, qaraciyərdə, yumurtada, mayalarda çoxdur.

B<sub>6</sub> vitamini buğda da 0,5 mq%, kartofda 0,2 mq%, sarıkök-

də 0,1 mq% olur. Noxudda da xeyli olur.

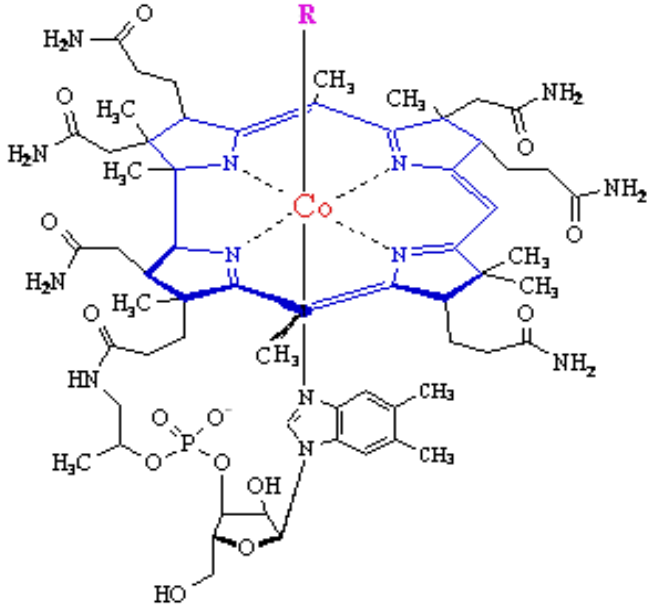
## 6.14 B<sub>12</sub> vitamini.

B<sub>12</sub> vitamini və ya siankobalamin porfirinə yaxın mürəkkəb maddə olub, tərkibində ribozanın qalığı, üzvi fosfor, sian (CN-) qrupu və metilləşmiş benzimidazol halqası vardır. B<sub>12</sub> vitamininin tərkibində kobalt da olur. Onun tərkibi (C<sub>63</sub> H<sub>90</sub> N<sub>14</sub> PC<sub>00</sub>) və quruluşu tam öyrənilib sintez olunmuşdur.

Gövşəyən heyvanların mədəsində saprofit halda yaşayan bəzi bakteriyalar B<sub>12</sub> vitaminini sintez edir. Belə heyvanların qidasında kifayət qədər kobalt olduqda onları B<sub>12</sub> vitamininə qarşı tələbatları bakteriyaların fəaliyyəti sayəsində ödənilir. Torpağında kobalt olmayan otlaq sahələrində qidalanan heyvanlarda B<sub>12</sub> vitamininin çatışmazlığı hallarına tez-tez təsadüf edilir. Çünki belə heyvanlar B<sub>12</sub> vitaminini sintez edən bakteriyaların fəaliyyəti üçün lazım gələn kobaltla təmin edilmir. İnsanların bağırsaqlarında B<sub>12</sub> vitaminini sintez edən bakteriyalara rast gəlinir, ancaq onlar tələbatı ödəmir.

Siakobalamin iynəvari-yaqutu-qırmızı rəngli, iysiz, dadsız kristal maddədir. Suda məhlulu açıq-yaşəmən rəngdədir. Bu vitamin suda yaxşı həll olur, kristalları 300<sup>0</sup>C-də əriyir, benzolda, efirdə, asetonda və xloroformda həll olmur. İşıqda fəallığını itirir, amma qaranlıqda uzun müddət qalır. Optik fəaldır. B<sub>12</sub> – vitamininin bəzi törəmələri bir sıra ferment sistemlərinin fəaliyyətində koferment (kobamid kofermentləri) şəklində iştirak edir və tərkibi belədir:





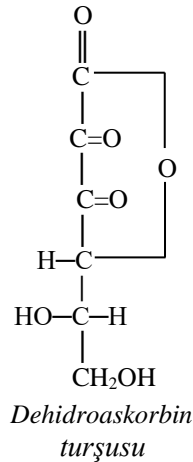
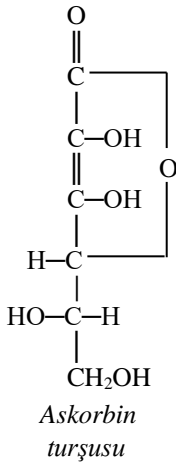
B<sub>12</sub> vitamini yüksək bioloji fəal maddə olub, mübadilə proseslərində: nuklein turşularının sintezində, təkrar metilləşmə reaksiyasında, aminturşularının və zülal mübadiləsində, qan əmələ gətirmədə fəal iştirak edir. B<sub>12</sub> vitamini çatışmadıqda yaman keyfiyyətli (pernisioz) anemiya və ya Addison-Birmer xəstəliyi əmələ gəlir. Qandoğurma prosesi pozulur. Ona görə əsas anti-anemik amil sayılır. Bu vitamin maldarlıqda geniş işlənir. Onu donuzların və quşların yem payına qatdıqda çəkisi 15% artır və sonuncular çox yumurta verir. Bu vitamin bitgilərdə çox az olur. Onu mikroorqanizmlər və köbələklər sintez edir. Gövsəyən heyvanların həzm kanalında asanlıqla əmələ gəlir. Odur ki, qida ilə qəbul etməyə ehtiyac yoxdur.

B<sub>12</sub> vitamini heyvan məhsullarında: süddə, ətdə, yumurtada, qaraciyərdə, böyrəklərdə, balıqda çoxdur.

## 6.15 C vitamini.

C vitamini ilk dəfə İ. Drummod (1919) bitki şirəsindən almışdır. 1923-cü ildə Sent-Dyerdi və S. Zilve C vitamini ilə güclü reduksiyaedici qabiliyyətinə malik olan heksuron turşularının xassələri arasında ümumi cəhətlər olduğunu aşkara çıxarmışdır. 1931-ci ildə N. A. Bessonov kələm şirəsində C vitamini-nin kristallik preparatını əldə etmişdir. 1933-cü ildə A. Reyxşteyn C vitaminini sintetik yolla əldə etmişdir.

Buna askorbin turşusu da deyilir, sorbon turşusunun laktoneudur. C vitaminində endiol qrupu (HO—C=C—OH) olduğundan hidrogen alıb-vermə qabiliyyətinə malikdir. Ona görə də oksidləşmə-reduksiya proseslərində iştirak edir. Tərkibi aşağıdakı kimidir:

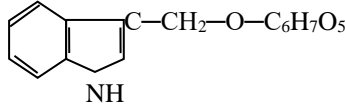


Aksorbin turşusundan bir molekul hidrogen çıxarıldıqda dehidroaskorbin turşusu alınır. Sonuncuya hidrogen birləşdikdə isə əksinə askorbin turşusuna çevrilir. Dehidroaskorbin turşusu diketoqulon turşusunun laktoneudur.

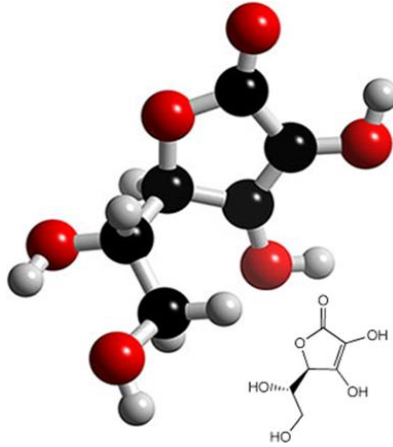
C vitamini suda və spirtə yaxşı həllolan, turş dadlı, rəng-

siz, davamsız kristal birləşmədir. 192<sup>0</sup>C temperaturda əriyir, oksidləşdiricilərin təsirindən tez pozulur, havada asan oksidləşir.

Askorbin turşusu orqanizmdə əsasən oksidləşmiş, yaxud zülallarla birləşmiş formada askorbigen halında olur.



Sonuncunun fizioloji təsiri nisbətən azdır, ancaq fiziki-kimyəvi təsirlərə davamlıdır. Birləşmiş askorbin turşusu keçinin qaraciyərində C vitamininin 90%-ə yaxınını təşkil edir.



Şəkil 51. C vitamininin quruluşu

C vitamininin əsas funksiyalarından biri kollagenin sintezində iştirak etməsidir. Kollajendə damarların endotelisinin, birləşdirici toxumanın, qıvrıqların, sümük toxumasının tərkib hissəsidir.

Askorbin turşusu qaraciyərdə toksinləri (difteriya, vərəm, dizenteriya və s.) zərərsizləşdirir. Nuklein turşularının, zülalların, karbohidratların mübadiləsində iştirak edir, bağırsaqda dəmirin

sorulmasına şərait yaradır, yoluxucu xəstəliklərə qarşı orqanizmin müqavimətini artırır. Bu vitamin bir sıra fermentlərin: arginazanın, amilazanın, katepsinlərin fəallığını yüksəldir, kortikosteroidlərin əmələ gəlməsində iştirak edir, piridin nukleotidlərinin (xüsusən HADF-n) sintezini artırır. Son zamanlar müəyyən edilmişdir ki, C vitamini bir sıra tiqlokozidlərin hidrolizini sürətləndirən fermentlərin fəal qrupunu yaradır.

C vitamini çatışmadıqda insanda, meymunlarda sinqa və ya skorbut xəstəliyi baş verir. Bu xəstəlik insanlara hələ XVI əsrdə bəlli idi. Lakin səbəbini bilmirdilər. Xəstəlik ağız boşluğunda yaraların əmələ gəlməsi, dişlərin laxlayıb tökülməsi, dərialtında nöqtəvari qan sağıntılarının olması ilə xarakterlənilir. Ürək sahəsində ağrılar olur, tənginəfəslik müşahidə edilir.



Şəkil 52. Skorbut xəstəliyi zamanı ağız boşluğunda və dəridə əmələ gələn spesifik pozğunluqlar

Kənd təsərrüfatı heyvanları karbohidratlardan C vitamini sintez etmək qabiliyyətinə malikdir və ona ehtiyacları postnatal dövrün ilk günlərində olur.

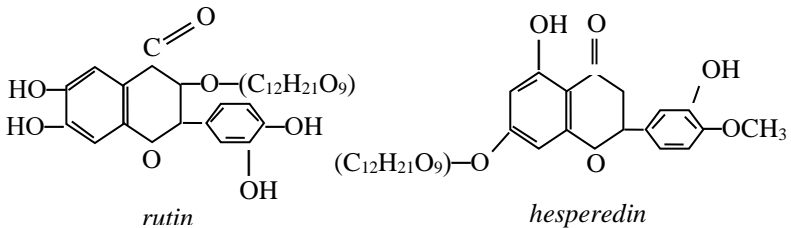
C vitamini D-qlükuron turşusunun laktonundan sintez olunur. Bu prosesdə iştirak edən fermentlərdə (qlükuronreduktaza,

qulonoksidaza və s.) müəyyən edilmişdir. Onlar heyvanların qaraciyərində mikrosomlarda vardır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının orqanizmində C vitamini ən çox böyrəküstü vəzlərdə, ağciyərdə, dalaqda, hipovizdə, qaraciyərdə və s. olur. C vitamini ilə süd də zəngindir, lakin əzələlərdə azdır. Bu vitamin bitkilərin yaşıl hissəsində, tərəvəzlərdə də çoxdur. İtburnu meyvəsində 100-400 mq%, limonda 40-60 mq% askorbin turşusu vardır. Bu vitaminin miqdarı bəzi yabanı bitkilərdə də (ciriş və pərpətöyündə 290 mq%, gicirkəndə 178 mq%) çoxdur.

## 6.16 P vitamini.

Bu vitaminlərə rutin (hesperedin), sitrin və pirokatexinlər aiddir. Rutinin və hesperedinin formulu aşağıdakı kimidir.



Bu formulda C<sub>12</sub> H<sub>21</sub> O<sub>9</sub> ramnoza ilə qlükozanın-(qlükoramnozanın) qalığından ibarətdir. Həmin qalıq flavon nüvəsilə birlikdə P vitaminini əmələ gətirir.

Sitrin eriodiktiolun metil efirinin, rutin isə kversentinin qlükozididir. Pirokatexinlər katexinin, epikatexinin və onların hal turşu ilə efirlərinin qarışığından ibarətdir.

P qrupu vitaminləri sarı və ya narıncı kristal maddədir, suda çətin həll olur.

P vitamini qan damarlarının sızma qabiliyyətinin nizam-

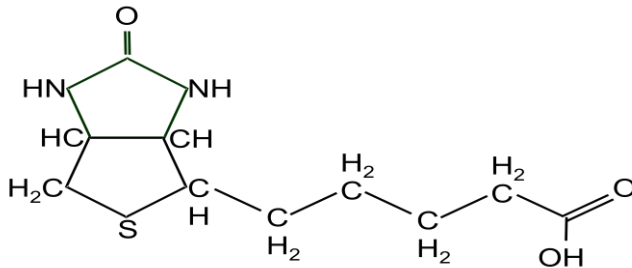
lanmasında iştirak edir. Ona görə də bu vitamin çatmayanda damarların sızma qabiliyyəti pozulur. P-avitaminoz zamanı qan sağıntılarının baş verməsi də bununla əlaqədardır. C və P vitaminlərinin çatışmazlığı çox zaman birlikdə baş verir, poliavitaminoz şəklində müşahidə olunur. Bu vitamin ən çox bibərdə, çayda, qara qarağatda və üzümdə mövcuddur.

Qara qarağatda rutin miqdarı 1,6 q% təşkil edir. Quş üzümündə 300 mq%, giləvarda 280 mq%, sarıkökə 70 mq% və kələmdə 40 mq% P vitamini vardır.

P vitamini bizim ölkədə əvvəllər itburnu meyvəsindən alınırdı. Son zamanlar isə çay yarpağından, xarici ölkələrdə qara-başaq və sitrus bitkilərindən istehsal edirlər.

## 6.17 H vitamini.

Bu vitamin (və ya biotin) sidik cövhərinin qalığından, tiofen halqasından və valerian turşusunun qalığından əmələ gəlir. Suda və spirtə yaxşı həll olan vitamindir. Canlı aləmdə çox geniş yayılmış bioloji aktiv maddədir. Heyvanların əksəriyyətinin bağırsaqlarında saprofit həyat sürən bakteriyalar biotini sintez etmək xüsusiyyətinə malikdir.



Müəyyən edilmişdir ki, biotin lizin vasitəsilə apoferment molekulu ilə birləşir. Biotin karbon qazının fəallaşmasında, yağ turşularının, xolesterinin, purin və pirimidin əsaslarının sintezində, quzuqulaq-sirkə turşusunun karboksilsizləşməsində və karboksilləşməsində, bəzi aminturşularının aminsizləşməsində, karboksilsizləşməsində koferment kimi iştirak edir.

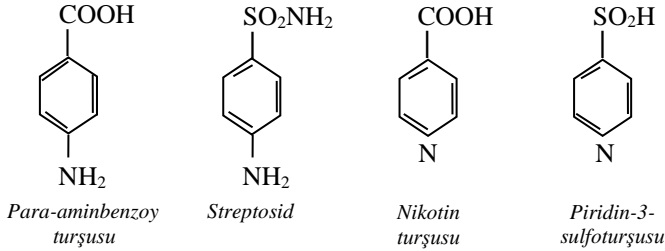
Biotin çatışmadıqda boy inkişafı ləngiyir, dermatit, əzələ ağrıları əmələ gəlir, tüklər tökülür, dəri piyinin ayrılması çoxalır (sebirreya). Bu səbəbdən də biotin antiborrik vitamin də adlanır.

Biotin bitgilərin yarpağında çox əmələ gəlir, cücərən toxumlarda da təsadüf edilir. Kartof, soğan, kahı və ispanaq H-vitami ilə zəngindir. Heyvanlarda qaraciyərdə və yumurtanın sarısında, süddə çox olur.

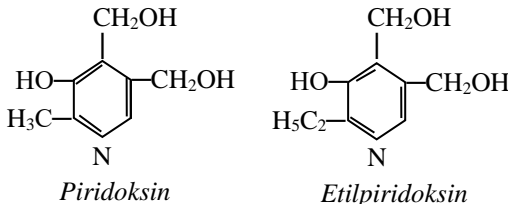
## **6.18 Antivitaminlər.**

Antivitaminlər kimyəvi tərkibinə görə vitaminlərə oxşayır, lakin vitamin xassəsinə malik olmayan birləşmələrdir. Bu birləşmələr orqanizmin vitaminlərə qarşı tələbatını yüksəldir və avitaminoz əlamətlərinin meydana çıxmasına səbəb olurlar. Bunlar münaşib vitaminləri fermentin tərkibində əvəz etdikdə, ferment fəallığını itirir. Orqanizmə yüksək dozada vitamin daxil edildikdə antivitaminlərin təsiri aradan qalxır. Bir sıra vitaminlərin antivitaminləri müəyyən edilmişdir.

Paraaminbenzoy turşusunun antivitamini streptosiddir, nikotin turşusunun piridin-3-sulfoturşudur, piridoksinin etilpiridoksindir, tiaminin piritiamindir, pantoten turşusunun pantolitarindir, C vitaminin qlükoaskorbin turşusudur.



K vitamininin antoqonisti olan dikumarin qanın laxtalanma qabiliyyətinin yüksəlməsi ilə əlaqədar olan xəstəliklərdə müalicə vasitəsi kimi tətbiq edilir. O, qanda olan protrombinin miqdarını azaldır.



Riboflavin, fol turşusu, biotin və s. vitaminlərin də antoqonistləri müəyyən edilmişdir. Antivitaminlərdən xəstəliktörədiciləri mikrobların boy və inkişafını dayandırmaq üçün istifadə olunur.

Hazırda bu istiqamətdə geniş tədqiqat işləri aparılır.

## Mövzuya aid sualları

1. Nə üçün vitaminlər qidanın əvəzolunmaz faktoru adlanır?
2. Vitaminlərin təsnifatında əsas hansı prinsiplərə əməl olunur?
3. Avitaminozluq, hipovitaminozluq və hipervitaminozluq hallarını xarakterizə edin.

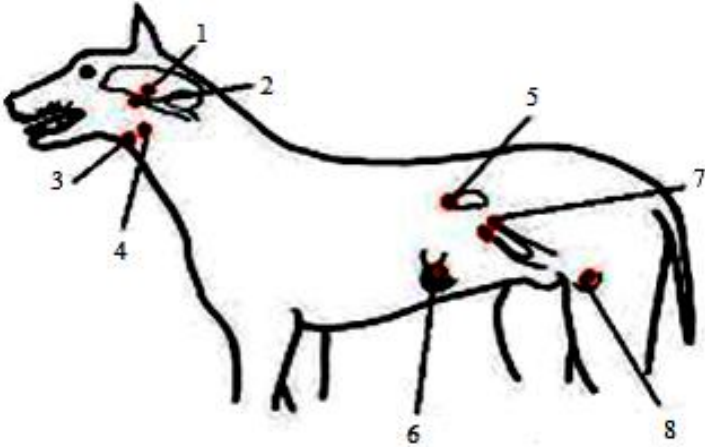


4. A – vitamininin əsas bioloji rolunu izah edin.
5. Hansı vitaminlər orqanizmdə antioksidant xassə göstərir?
6. Fermentlərin tərkibində olan koferment rolunu oynayan vitaminləri göstərin.
7. Suda həll olan vitaminlərin orqanizmdə əhəmiyyətini xarakterizə edin.
8. Yağda həll olan vitaminlər hansılardır?
9. Antivitaminlərin quruluşunu və bioloji rolunu aydınlaşdırın.
10. Vitaminlərlə zəngin olan bitki və heyvan mənşəli qida məhsullarını göstərin.

## VII FƏSİL

### 7. HORMONLAR

Orqanizmdə maddələr mübadiləsini tənzim edən sistemlərdən biri də hormonal sistemdir. Hormonal sistem bütün endokrin vəzilərinin (daxili sekresiya vəzilərinin) təsiri ilə həyata keçirilir. Endokrin vəzilər aşağıdakılardır:



Şəkil 53. Daxili sekresiya vəzləri

1. Epifiz; 2. Hipofiz; 3. Qalxanvari vəzi; 4. Paraqalxanvari vəziləri; 5. Böyrəküstü vəzilər; 6. Mədəaltı vəzi; 7. Tənəsül (cinsiyyət) vəziləri; 8. Timus

Endokrin vəzi toxumalarının yaratdığı maddələri bir başa qana ifraz etməsi prosesi daxili sekresiya adlanır. Daxili sekresiya vəzilərinin hüceyrələrinin yaratdığı xüsusi maddələrə hormonlar adı verilmişdir.

Hormonlar 2 əsas qrupa bölünür:

**1. Liofil hormonlar.** Bunlara steroid hormonları, estradiol, testosteron, kalsitreol, yodtironinlər, tiroksinlər və s. aiddir.

**2. Hidrofil hormonlar.** Bunlara isə histaminlər, serotoninlər, melatonin, adrenalin, tiroliberin, tireotropin, insulin, qlükaqon və s. aiddir.

Liofil hormonlar sintez olunan kimi qana ifraz edilir. Asanlıqla hüceyrə membranını keçir, hüceyrədaxili reseptorlarla birləşir. Hüceyrədaxili genlərin çevrilmələrini tənzimləyir. Daşıyıcı zülallar vasitəsilə daşınır.

Hidrofil hormonlar peptid təbiətli və yaxud da amin turşularının törəmələridirlər və bəzi hüceyrələrdə toplana bilirlər, hüceyrə daxilinə keçə bilmirlər, membran səthindəki reseptorlarla birləşə bilirlər. Qan axınında daşıyıcısız hərəkət edirlər.

Hormonlar – xüsusi üzv və toxumalarda hazırlanaraq qana və limfaya ifraz edilən hazırlandığı yerdən kənarında orqanizmin müxtəlif üzvlərinin funksiyasına təsir göstərən spesifik aktiv maddələrdir.

Hormon termini 1905-ci ildə E. N. Starling tərəfindən elmə daxil edilmiş (yunanca hormao - oyadıram) və əvvəllər müxtəlif mənşəli bioloji aktiv maddələri adlandırmaq məqsədilə işlədilmişdir.

Hormonlar ilk dəfə Burdax və Myuller tərəfindən (1845) sonralar Bertold (1889) və Braun Sexar (1892) bu işlə məşğul olmağa başlamışdır.

Hormonlar maddələr mübadiləsini, fermentativ prosesləri ayrı-ayrı orqanların funksiyasını nizama salır. Bunların təsirində qarşılıqlı əlaqə vardır. Onlar orqanizmdə həm sərbəst, həm də zülallar, fosfatidlər, üzvi turşular və başqa maddələrlə kompleks şəkildə olur. Bu formalar sinir impulslarının təsirindən dəyişə bilər.

Hormonlar ayrı-ayrı toxuma və orqanlarda biokimyəvi

reaksiyaları tənzimləyir. Məsələn: hormonlar nRNT-ın sintezini, ribosomun funksiyalarını aminturşuların daşınmasını (translyasiya) nizamə salır.

Mərkəzi sinir sistemi ilə daxili sekresiya vəzlərini ifraz etdiyi hormonlar arasında siqnallar ötürən peptid quruluşlu (tərəfli) hormonlar mövcuddur. Bu hormonları tənzimləyici-faktorlar və ya neyrohormonlar adlanır.

Hormonlar digər maddələrdən öz spesifikliyinə, yüksək bioloji aktivliyinə, xüsusi vəzilərdə sintez olunaraq qana ifraz etmələrinə və təsirinin distanlılığına görə fərqlənir. Göstərilən xassələrin hamısına malik olan hormonlar həqiqi hormonlar hesab edilir.

*Hormonların spesifikliyi* – onun xarakterik kimyəvi quruluşuna və quruluşa müvafiq gələn bioloji təsir xüsusiyyətinə malik olması müəyyən bir vəzdə sintez olunaraq qana ifraz edilməsi nəzərdə tutulur.

Hormonlar çox yüksək bioloji aktivliyə malikdirlər. Onlar olduqca kiçik dozalarda (bioloji mayələrin hər 100 ml-də nanogram və mikroqram  $10^{-6}$  dozada) öz təsirini təzahür etdirir. Onlar yalnız periferik toxumalarda müəyyən dəyşirikliyə uğradıqdan sonra hormonal aktivliyi əldə edirlər. Buna görə onları *parahormonlar* adlandırmaq daha məqsədəuyğundur. Cinsiyyət vəzlərində və böyrəküstü vəzinin qabıq maddəsində hazırlanan androstendion və dehidroepiandrosteron parahormonların nümayəndələridir. Bəzi endokrin vəzilərin məhsulları eyni zamanda həm hormon, həm də parahormon vəzifəsini daşıya bilir (məsələn, testosteron, lipotropin).

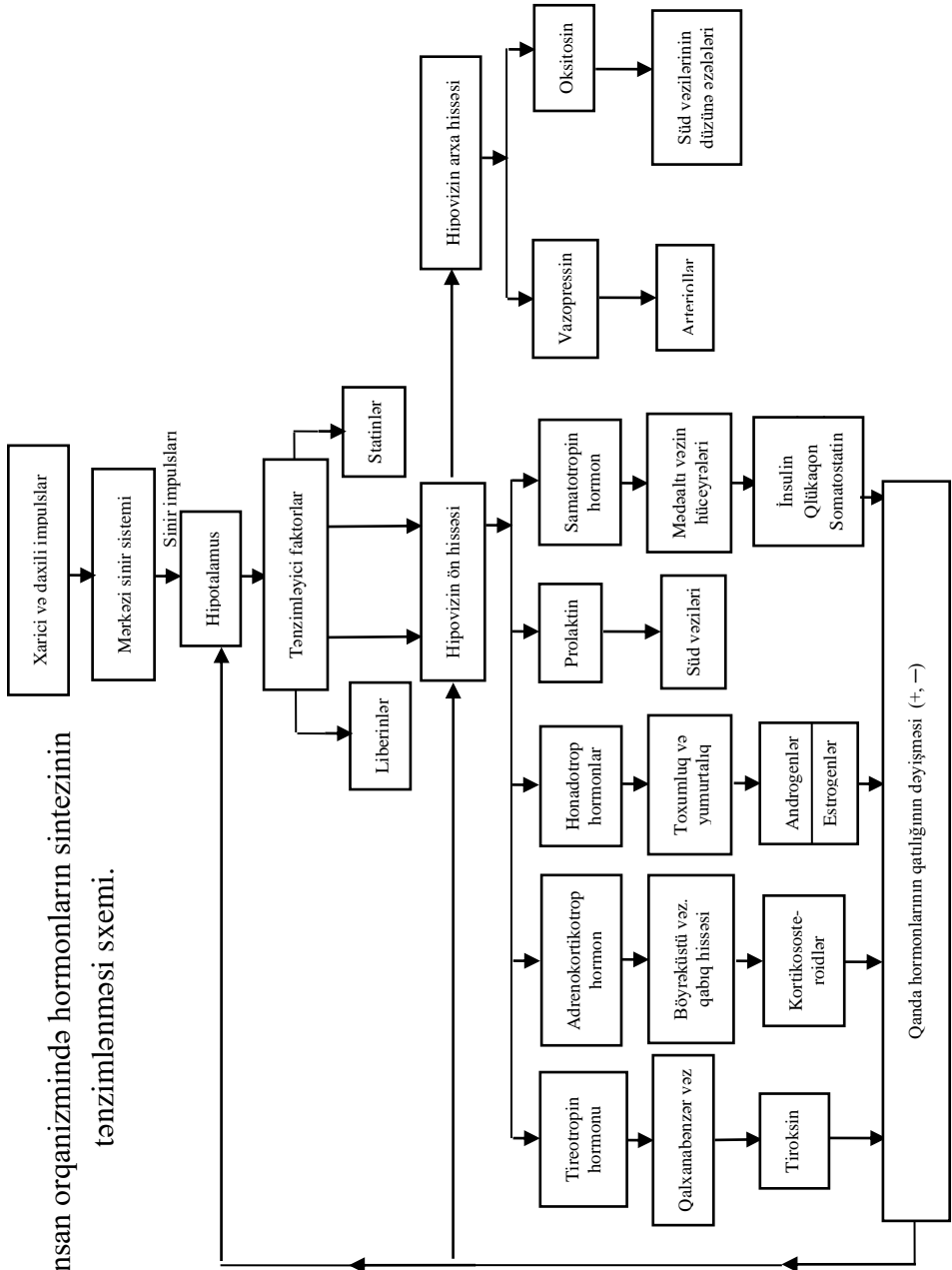
Həqiqi hormonlar toxuma hormonlarından fərqli xüsusiyyətləri sintez olunduğu vəzdən xeyli uzaqda yerləşən toxumalar təsir göstərməsidir. Bu xassə hormonların – *distanlığıdır*.

Endokrin vəzilərin fəaliyyətində əks-əlaqə prinsipi mövcuddur. Belə ki, hipovizin ön payının, qalxanabənzər vəzinin, cinsiyyət vəzlərinin və böyrəküstü vəzin qabıq maddəsinin fəaliyyətini tənzim edən bir neçə hormon hipovizin ön payının hormonlarının sekresiyasına təsir göstərir.

Endokrin vəzilərin fəaliyyətinin sinir sistemindən asılılığı əlaqəli və əks əlaqəli formada qurulmuşdur.

Sinir sistemi endokrin vəzlərin fəaliyyətinə əsasən hipotalamus vasitəsi ilə təsir göstərir. Xarici və daxili amillərin təsiri altında orqanizmin toxumalarında yerləşən reseptorlarda impuls yarandıqda mərkəzi sinir sistemində verilir. Nəticədə hipotalamusda spesifik tənzimedicilər hormonlar (leberinlər və statinlər) sintez olunur. Onların təsiri ilə hipovizin ön payının hormonlarının sintezi sürətlənir ya da ləngiyir. Hipovizin ön payının hormonları isə öz növbəsində digər daxili sekresiya vəzlərinin fəaliyyətinin tənzimində iştirak edir. Beləliklə, yuxarıda göstərilən xassələr hormonların bioüzvi maddələrin xüsusi bir qrupu kimi səciyyələndirməyə və onları digər humoral amillərdən (sinir sisteminin mediatorları, toxuma hormonları və s.) fərqləndirməyə əsas verir. Qeyd etmək lazımdır ki, humoral amillərin hormonal və qeyri-hormonal növlərə bölünməsi müəyyən dərəcədə məqsədəuyğun olsa da, şərtidir. Hormonlarla prohormonlar, histohormonlar və hüceyrədaxili tənzimedicilər arasında kəskin fərq yoxdur. Bəzi birləşmələr bu maddələr arasında aralıq mövqə tutur. Eyni bir maddə həm hormon, həm də histohormon üçün səciyyəvi olan xassələrə malik ola bilər (məsələn, progesteron). Bundan əlavə, qeyri-hormonal amillərin əksəriyyətinin təsir mexanizmi hormonların hüceyrələrə təsirinin həyata keçirilməsi ilə əlaqədardır.

# İnsan orqanizmində hormonların sintezinin tənظیمlənməsi sxemi.



## 7.1 Hormonların təsir mexanizmi.

Hormonlar toxuma və hüceyrələrin funksiyalarına seçmə, spesifik təsir edir. Bu isə hüceyrələrdə hormonlara birləşəcək spesifik zülal reseptorlarının varlığı ilə əlaqədardır. Həmin reseptorlar 2 qrupa bölünür. Onlardan bir qrupu plazmatik membranın (hüceyrə örtüyünün xarici) səthində yerləşir. Digəri-sitoplazmatik reseptorlar isə hormonla hüceyrənin daxilində birləşir. Birinci növ reseptorlar adenilatsiklaza ilə əlaqədar olduğundan adenilatsiklaza sistemi adlanır. Hormon (məsələn, prolaktin) zülal reseptoru ilə birləşərək hormon-reseptor kompleksini əmələ gətirir. Bu da adenilatsiklazaya təsir edib, onu fəallaşdırır. Sonuncu isə ATF-i siklik AMF-ə (ts AMF) çevirir.



Siklik AMF hədəf hüceyrədə bəzi orqanellaların (məsələn, nüvə) və bir sıra spesifik zülalların (məsələn, xromatin zülallarının) fosforlaşmasını sürətləndirən fermentləri (nüvə proteinkinazaları: məsələn, fosforilaza) fəallaşdırır. Nəticədə hüceyrədə gen fəallaşır və müvafiq maddənin (məsələn süd vəzi hüceyrəsində) kazeinin sintezinə başlanır.

Hormonun (məsələn, adrenalın) seçmə təsiri müvafiq reseptorun quruluşu ilə əlaqədardır. Fermentlərin fəallığı siklik QTF və başqa nukleotidlərlə, proataqlantinlərlə də tənzimlənir. Bu yolla, yəni adinilatsiklaza sistemi ilə zülal (prolaktin, insulin bə s.) və polipeptid (adrenokortikotropin, qlükoqon və s.) təbiətli hormonlar, katexolaminlər (adrenalin, noradrenalin) təsir edir.

Steroid hormonları (kortikosteroidlər, androsteronlar, estrogenlər) sitoplazma reseptorlarına təsir göstərir. Onlar spesifik

zülal-reseptorlarla birləşərək, sitoplazmada mitoxondriyalarda və başqa orqanlarda hormon-reseptor kompleksi əmələ gətirir. Həmin komplekslər hədəf hüceyrənin sitoplazmasından nüvəsinə keçərək, xromosomlardakı xüsusi zülallarla (akseptorlarla) birləşir və transkripsiyaya təsir edir. Bu zaman genlər fəallaşır, PHT-nin, o cümlədən mPHT-nin, müvafiq fermentlərin və başqa zülalların (məsələn, yumurtalıq yolunda ovalbuminin) sintezi sürətlənir. Sitoplazmatik zülal reseptoru hormonun təsirinin vasitəsi olub bu xassəni yalnız hormonla birləşdikdə, kompleks əmələ gətirdikdə qazanır. Göstərilən mexanizmlər hormonların təsirində əsas sayılır. Lakin hormonların təsiri ilə mübadilə proseslərinin tənzimində əlavə spesifik amillər də iştirak edir.

## **7.2 Hormonların təsnifatı.**

Hazırda 100-ə yaxın hormon və hormonoid məlumdur. Hormonoidləri (histamin, serotonin, bradikinin, renin, qastrinsekretin və s.) toxuma hormonları da deyilir. Onlar adi hüceyrələrdə əmələ gəlirlər.

Hormonlar təsirinə görə 2 yerə ayrılır: buraxıcı və icraçı. Buraxıcılara hipotalamusun neyrohormonları aiddir. Onlar bəzi daxili sekresiya vəzilərinin fəaliyyətini tənzimləyir. İcraçı hormonlar isə boy, inkişaf, məhsuldarlıq, çoxalma və s-də əlaqədar mübadilə proseslərinə təsir edir.

Hormonlar kimyəvi təbiətinə, funksiyalarına və əmələgəlmə yerlərinə görə də təsnif olunur.

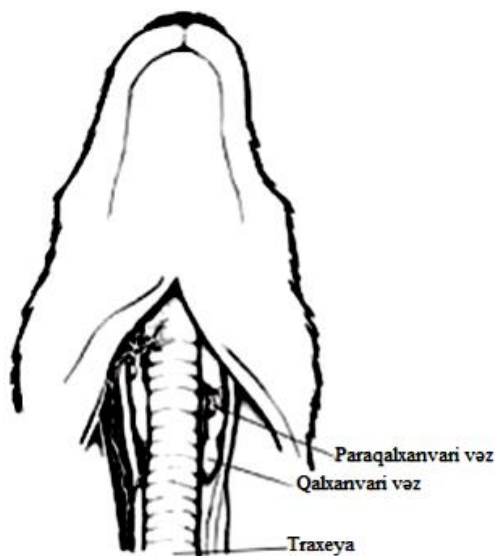
Hormonlar kimyəvi təbiətinə görə 3 əsas qrupa ayrılır: zülal, aminturşuların törəmələri və steroid hormonları. Zülal təbiətli hormonlar sadə (somatotropin, prolaktin, insulun) və mürək-



kəb zülal (tireotropin, liporopin), polipeptid (sodayostatın, vazopressin, oksitosin) olur. Bəziləri isə aminturşularının (böyrəküstü vəzin beyin maddəsinin və qalxanabənzər vəzinin hormonları) törəmələridir. Steroid hormonları sterinlərdən əmələ gəlir. Aşağıda hormonların əmələgəlmə yerlərinə görə təsnifi verilir.

### 7.3 Qalxanvari vəzi hormonları.

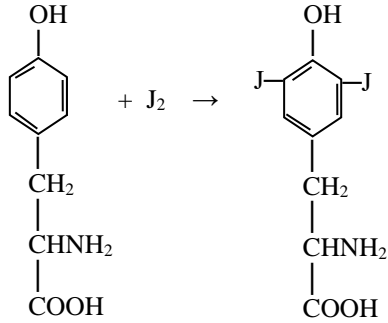
Qalxanvari vəzi çəkiyə kiçik olmasına baxmayaraq, qanla ən yaxşı təchiz olunmuş orqandır. İnsanda bunun çəkisi 25-30 q, inəkdə 10-15 q, qoyunda 5 q, donuzda 7-8 q olur (Şəkil 54).



Şəkil 54. Qalxanvari vəzin quruluşu

Bu vəzidə əmələ gələn hormona tiroksin və ya tetrayodironin deyilir. Tiroksini ilk dəfə 1919-cu ildə Kendal tireoqlobulin

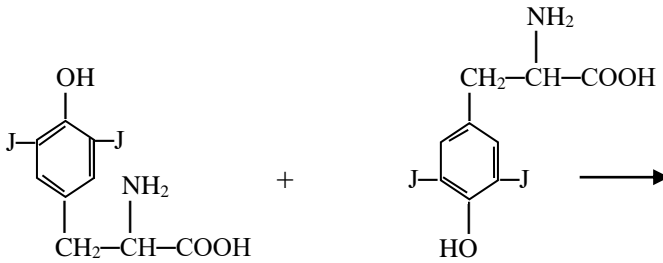
adlanan zülalın hidrolı-zındən ayrılmıŝdır. Qalxanvarı vızın folikulunda olan bu zülalda 0,5-1 % yod vardır. Onun molekul kütləsi 650-700 min daltonlara yaxındır. Tiroksın tirozındən əmə-lə gəlir. Tirozin əvvəlcə diyodti-rozinə çəvrilir.



*Tirozin*

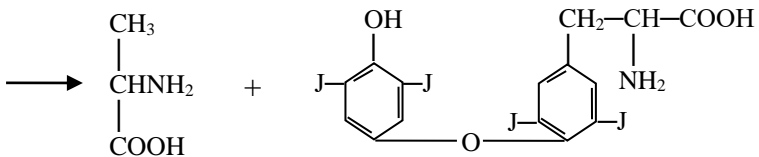
*Diyodtirozin*

Diyodtirozındən də tiroksın sintez olunur.



*Diyodtirozin*

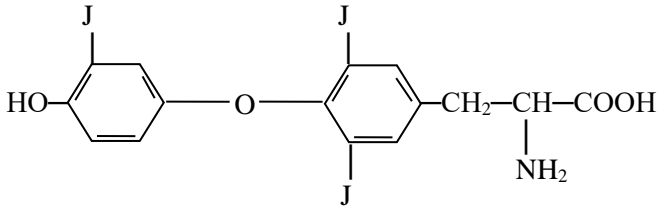
*Diyodtirozin*



*Alanin*

*Trioksin*

Son zamanlar heyvanların qanında xüsusi maddənin-üçyod-tironinin də varlığı müəyyən edilmişdir. Bu maddə tərkibcə tiroksinə yaxındır, amma fəallığı ondan 10 dəfə artıqdır.



*Üçyodtrionin*

Qalxanvari vəzidə az miqdarda monojodtirozin də olur.

Tiroksinin maddələr mübadiləsində rolu böyükdür. O qaz mübadiləsini, qanda qlükozanı artırır, mitoxondrilərdə oksidləşməklə fosforlaşmanın intensivliyini nizamlayır.

Tiroksin və tiryodtironin orqanizmdə öz funksiyalarını başa çatdırdıqdan sonra tez aminləşmə, yodsuzlaşma və konfuqasiya proseslərinə uğrayır. Yodun ayrılması toxumalarda tiroksin-halogenaza fermentinin iştirakı ilə baş verir. Parçalanmadan ayrılan yod əsasən qeyri-üzvi birləşmələr şəklində böyrəklər vasitəsilə xaric olunur.

Trioksinin istehsalı azalrsa, hipotireoidizm baş verir. Bu qalxanvari vəzinin atrofiyalaşmasından əmələ gəlir. Bu zaman insan və heyvanda qısa boyluluq müşahidə olunur, kretinizm baş verir.

Əgər bu hal yaşlılarda müşahidə edilərsə, miksedema adlanır. Bu zaman xəstələr çox yaşlı görünür, mübadilə prosesi zəifləyir, sulu şişlər əmələ gəlir və piylənmə müşahidə olunur.

Qalxanvari vəzinin degenerativ böyüməsində endimik ur xəstəliyi əmələ gəlir. Bu xəstəlik insan və heyvanlarda ən çox yod

az olan yerlərdə (dağlıq və dağətəyi rayonlarda) baş verir. Azərbaycanda bu xəstəliyə Zaqatala-Şəki zonasında rast gəlinir. Xəstəliyin baş verməməsi üçün, yəni profilaktik məqsədlə kalium-yodiddən istifadə olunur.

Qalxanvarı vəzinin hiperfunksiyasına da təsadüf edilir. Bu zaman Bazedov xəstəliyi əmələ gəlir. Bu da mübadilə proseslərini intensivliyi ilə xarakterləyir. Nəticədə orqanizm zəifləyir,spesifik əlamət olaraq çəpgözlülük baş verir, arıqlama, ətraflarda titrəmə müşahidə olunur.

Qalxanvarı vəzidə 32-aminturşusunun qalığından ibarət polipeptid təbiətli hormonun da varlığı müəyyən edilmişdir. Bu birləşmənin quruluşu da öyrənilmişdir. Bu hormona tireokalsitonin deyilir. Tireokalsitonin sümük toxumasından kalsiumun qana keçməsinə ləngitməklə qanda onun miqdarını azaldır. Siyənək balığından alınmış kalsitonin məməli heyvanların və insanların orqanizminə onların öz spesifik hormonlarına nisbətən qüvvətli təsir göstərir (100 dəfədən artıq). Parathormonun əksinə təsir edir.

Tireokalsitoninin bu xassəsindən kosmik fəzanın fəthi zamanı kalsiumun sümük toxumasından qana keçməsinə ləngitmək üçün istifadə olunur. Belə ki, kosmik uçuşlar zamanı kalsiumun sümükdən qana keçmə prosesi sürətlənir (hərəkətsizlikdən), sümüklər möhkəmliyini itirir.

## **7.4 Qalxanvarı ətraf vəzilər.**

Qalxanvari ətraf vəzilər qalxanabənzər vəzinin arxa səthində yerləşən sarımtıl-qırmızı rəngli xırda törəmədir (çəkisi 0,1-0,15 q-dır).

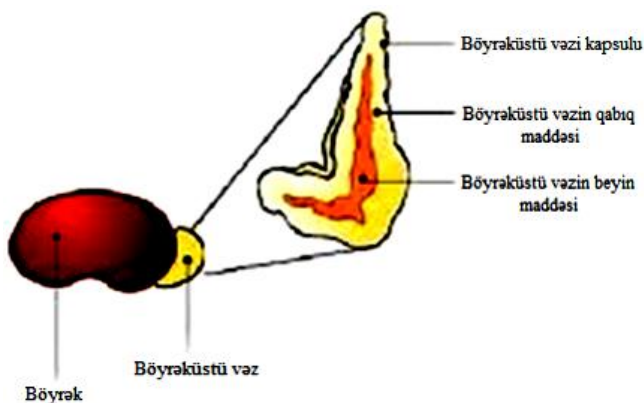
Bu vəzilərin sintez etdiyi hormon paratireokrin və ya parat-

hormon adlanır. Parathormon 84 aminturşusunun qalığından və lipidlərdən əmələ gəlmiş mürəkkəb zülaldır, tərkibində 12,6-15,5% azot var, molekul kütləsi 700 min daltona yaxındır. Bu zülal iki fraksiyadan ibarətdir. Fəal faksiya suda, duz məhlullarında yaxşı həll olur, proteolitik fermentlərin təsirindən inaktivləşir. Parathormon  $Ca^{2+}$  və fosfat ionlarının bağırsaqlarından sorulmasını sürətləndirir.

Qalxanvarı ətrafı vəzilərin hormonlarının çatışmazlığında qanda kalsiumun miqdarı azalır, qanidin və fosfor çoxalır, çünki parathormon kalsium və fosfor mübadiləsinin nizamlanmasında iştirak edir. Sinir sisteminin oyanması sürətlənir, tetaniya baş verir. Bədənin müxtəlif əzələlərində sinir əzələ oyanıqlığının yüksəlməsi müşahidə edilir.

## 7.5 Böyrəküstü vəziləri hormonları.

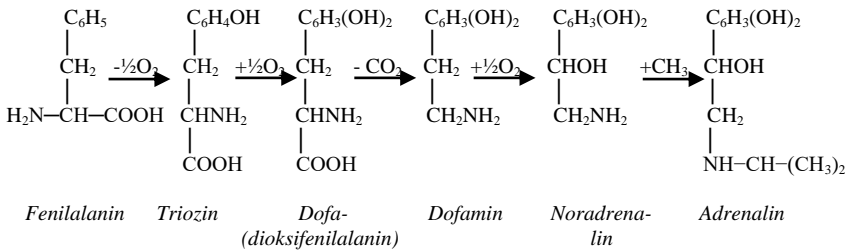
Böyrəküstü vəzilər cüt üzvlərdən olub böyrəklərin kranial hissəsində yerləşir (Şəkil 55).



Şəkil 55. Böyrəküstü vəz və onun quruluşu

Böyrəküstü vəzilərin həm qabıq, həm də beyin hissəsində çoxlu hormonlar istehsal edilir. Bu vəzilərin çəkisi insanda 10-12 q, inəkdə 10-30 q, donuzda 5 q, qoyunda 3-4 q olur. Bunların çəkisinin 10%-i beyin qatından, 90%-i isə qabıq qatından ibarətdir. Böyrəküstü vəzilərin beyin hissəsində əmələ gələn hormonlar katexolaminlər adlanır: buraya üç hormon-adrenalin, noradrenalin və izopropiladrenalin aiddir. Adrenalin və noradrenalin həmçinin simpatik sinir sisteminin hüceyrələrində əmələ gəlir.

Adrenalin (və ya epinefrin) tipozinin və ya fenilalaninin törəməsidir.



Adrenalin özü noradrenalinin törəməsidir, onun metilləşməsindən əmələ gəlir. Bu hormon karbohidratların mübadiləsində iştirak edir. Fosforilazanın fəallığını artırmaqla, qlikogenin qlükozaya qədər parçalanmasını sürətləndirir, hiperqligemiyaya (qanda qlükozanın çoxalmasına) səbəb olur. Adrenalinin fəallığı noradrenalinə 4-8 dəfə artıqdır. Adrenalin orqanizmə çox kiçik dozalarda fizioloji təsir göstərə bilər. Onun optimal dozası (1 kq çəkiyə 0,0001 mq olmaqla) ürəyin yığılmasını sürətləndirir. Qan damarlarını daraldaraq arterial təzyiqi yüksəldir (tac damarlar müstəsna olmaqla).

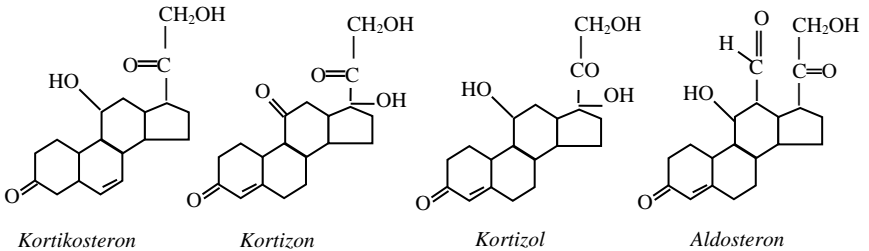
**Böyrəküstü vəzilərin qabıq hissəsində** isə indiyə kimi 30-a qədər hormonun varlığı müəyyənləşdirilmişdir. Bunların hamısı

sterinlərin ketoörəmələridir, steroidlərdir. Misal olaraq kortikosteron, kortizon, kortizol (oksikortikosteron) və s. göstərilə bilər.

Böyrəküstü vəzinin qabıq maddəsində sintez olunan hormonların quruluşlarının əsasını tsiklopentanperhidrofenantrenin törəmələri olan preqnan və allopreqnan təşkil edir. Böyrəküstü vəzilərin ümumi çəkisinin 5%-ə qədəri xolesterinin payına düşür. Ondan kortikosteroidlər sintez olunur.

Bu hormonlar zülalların, karbohidratların, yağların və mineral maddələrin (düzların, suyun) mübadiləsində əsas rol oynayır.

Mineral maddələrin mübadiləsində iştirak edənlərə mineralokortikoidlər deyilir. Məsələn, aldosteron, dezoksikortikosteron və s. Bunların təsirlə hüceyrələrdə və bioloji mayələrdə natrium və kalium ionlarının paylanması nizamlanır.

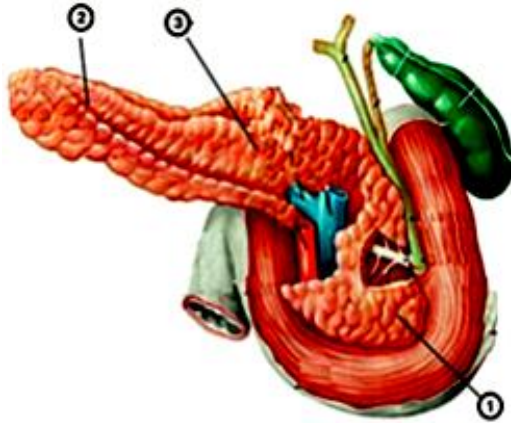


Qlükokortikoidlər (kortizon, kortikosteron, psikokortikosteron və s.) karbohidratların mübadiləsində iştirak edir. Bu vəzilərin xəstəliyi nəticəsində xroniki kaxeksiya və zəiflik müşahidə olunur, dəridə piqmentasiya pozulur. Buna bürünc və ya Addison xəstəliyi deyilir.

## 7.6 Mədəaltı vəzi hormonları.

Mədəaltı vəzi (pankreas) qarışıq, yəni həm ekzokrin, həm də endokrin funksiyalı vəzilərdəndir. Onun axacağı onikibarmaq bağırsağa tökülür.

Bu vəzin çəkisi insanda 80-90 q, qaramalda 120 q, donuzda 60 q, və qoyunda 40 q-dır.



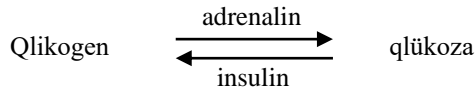
Şəkil 56. Mədəaltı vəzi  
1. Baş hissə; 2. Quyruq hissə; 3. Gövdə hissə

Mədəaltı vəzinin hormonu insulin Langerhans adacıqlarında beta-hüceyrələrdə əmələ gəlir. İnsulinin öyrənilməsinə təxminən 50 il bundan əvvəl Minkovski, L. Sobolyov, F. Bantinq və Ç. Best tərəfindən başlanmışdır. Hazırda müəyyən edilmişdir ki, insulin sadə zülaldır. Qeyri-fəal 84 aminturşusunun qalığında ibarət proinsulin şəklində istehsal olunur. Fəallaşdıqda iki hissədən parçalanaraq, 31-63-cü amin turşusunu itirmiş proinsulin fəal formaya-insulinə keçir. İnsulinin tərkibində 51 aminturşusunun qalığı vardır. Bunlar 2 polipeptid zəncirində birləşir, zəncirin



birində 21 amin turşusunun, digərində 30 aminturşusunun qalığı vardır.

İnsulinin nəinki kimyəvi tərkibi, hətta quruluşu da bizə məlumdur. Hazırda o sintez də edilmişdir. Müxtəlif heyvanların insulini 21 aminturşusundan ibarət polipeptid zəncirində (A) 8-10-cu aminturşularına görə fərqlənir. Belə ki, qaramalda və qoyunda 8-ci aminturşusu alanin olduğu halda, insanda, donuzda, atda, itdə, adadovşanında izoleysindir. Deməli, insulin növ xüsusiyyətinə malikdir. İnsulin karbohidratların mübadiləsində iştirak edir. O adrenalinin əksinə təsir göstərir, yəni qanda şəkərin miqdarını azaldır. Heksokinazanın fəallığını artırır, qlükozanın qlikogenə çevrilməsini sürətləndirir.



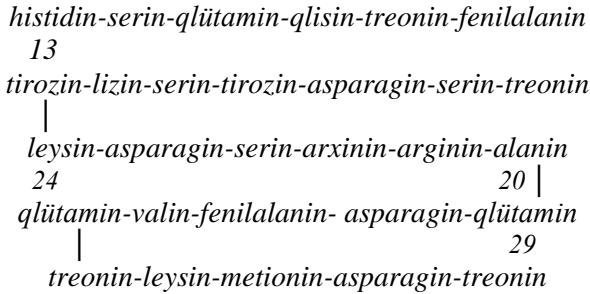
İnsulin piroüzüm turşusundan qlükozanın sintezini kataliz edən fermentlər sisteminin aktivliyini azaltmaqla, qlikoneenez prosesinə ləngidici təsir göstərir. Onun təsirindən peptidlərin sintezi artır, zülalların parçalanmasını ləngidir, qaraciyər hüceyrələrində karbohidratlardan lipidlərin sintez olunmasını sürətləndirir. İnsulin hüceyrə divarlarında osmotik təzyiqə təsir edərək  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ionlarının, həmçinin qlükozanın hüceyrələrə daxil olmasını sürətləndirir. İnsulinin orqanizimdə yarımparçalanma dövrü 40 dəqiqədir. Onun toxumalarda parçalanmasında iki ferment iştirak edir. Əvvəlcə *qlütation-insulin-transhidrogenaza* fermentinin təsiri ilə A və B polipeptid zəncirləri bir-birindən ayrılır.

Bu prosesdən sonra sərbəst hala keçən A və B polipeptid zəncirləri *insulinaza* fermentinin təsiri ilə hidroliz prosesinə uğrayır.

**Qlükaqon.** Bu hormonda mədəaltı vəzinin alfa hüceyrələ-

rində əmələ gəlir, tərkibində 29 aminturşusunun qalığı vardır.

Qlükaqonda aminturşuları aşağıdakı ardıcılıqda düzül-  
müşdür.



Müəyyən edilmişdir ki insan və heyvan qlükaqonun birin-  
cili quruluşu bir-birindən fərqlənmir (hindquşundan başqa).

Qlükaqon mədəaltı vəzidən başqa bağırsağ divarında da  
sintez olunur. Bu hormon qlükogenolitik təsirinə görə adrenalinə  
bənzəyir lakin qlükaqon adrenalindən fərqli olaraq arterial təzyiği  
yüksəltmir. Onun təsir obyektı qaraciyər, miokard və piy toxuması  
hüceyrələridir. Qlükaqon göstərilən hüceyrələrdə adenilat-siklaza  
frmentinin fəallığını artırır nəticədə AMF-in sintezi sürətlənir.

Qlükaqon orqanizmdə karbohidratların parçalanma məh-  
sullarından lipidlərin sintez olunmasını ləngidir və qlükonogenez  
prosesini sürətləndirir. Onun təsirindən piy toxumasından qliseri-  
nin və yağ turşularının azad olaraq qana keçməsi sürətlənir.  
Qaraciyər lipazasının aktivliyi yüksəlir. Toxumalarda qlükoza,  
fruktoza və sirkə turşusunun yağ turşularına və xolesterinə çevril-  
məsinə mane olur. Bunların nəticəsində toxumalarda enerji hasıla-  
tı artır və orqanizmin oksigenə qarşı tələbatı yüksəlir.

**Lipokain.** Bu polipeptiddir. O vəzin xırda axarlarının epi-  
telisində əmələ gəlir. Lipokain yağ turşularının oksidləşməsinin,  
fosfastidlərin mübadiləsini sürətləndirir, lipotrop amillərin (xolin,

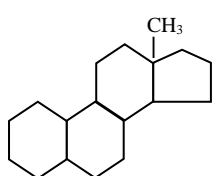
metionin) təsirini stimullaşdırır. Onun çatışmamazlığı insan və heyvanlarda qaraciyərin piylənməsinə səbəb olur.

Bunlardan əlavə mədəaltı vəzdə daha 4 hormonun sintez olduğu aşkar edilmişdir – somatostatin, vaqotonin, sentropnein və pankreatik polipeptid. Bu hormonların hər birinin özünün funksyaları var.

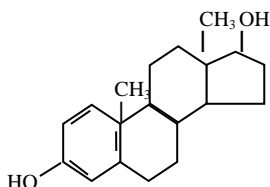
## 7.7 Tənasül vəziləri hormonları

Tənasül vəziləri hormonları erkək və dişi cinsi vəzilərinin interstisial hüceyrələrində və qismən böyrəküstü vəzinin qabıq maddəsində sintez edilir.

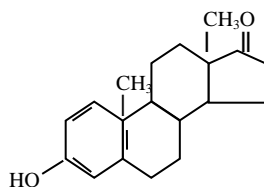
Hazırda erkək və dişi tənasül hormonlarının çoxunun kimyəvi təbiəti öyrənilib artıq sintez edilmişdir. Bunlar tsiklopentano-perhidrofenantrenin, dişi tənasül hormonları isə estranın törəmələridir. Dişi tənasül hormonlarına misal estradiolu, estronu (follikulin), progestronu və estriolu göstərmək olar. Estran bunların törəməsidir.



*Estran*



*Estradiol*

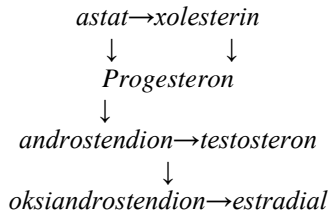


*Estron*

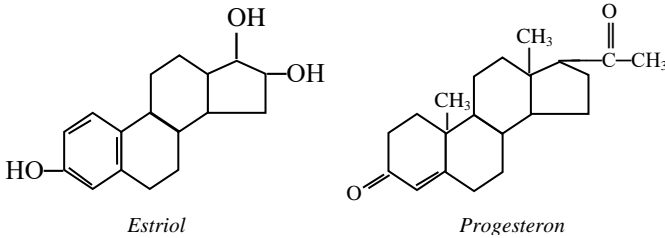
Estradiol fizioloji təsirinə görə estrondan 10 dəfə estrioldan isə 25-30 dəfə yüksək aktivliyə malikdir.

Estradiol follikulalarda, estron folikullarda, yumurtalıqda,

boğazlıq zamanı placentada da əmələ gəlir. Folikullarda sintez olunan hormonlara (estron və estradiol) *estrogenlər* də deyilir. Bunların biosintezini sxematik belə göstərmək olar:



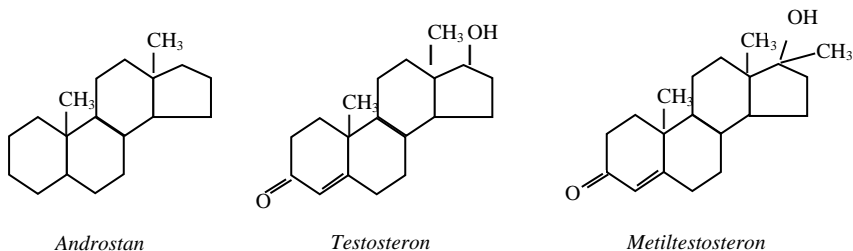
Yaxınlarda müəyyən edilmişdir ki, dişi tənasül hormonları: follikulün və estradiol beyində də sintez oluna bilər. Bu məqsədlə qanda olan erkək tənasül hormonlarından istifadə olunur.



Progesteron (lyuteosteron) sarı cisimdə boğazlığın ikinci dövründə əmələ gəlir. Bu hormon orqanizmdə estrogenlərin ifrazını artırır.

Orqanizmdə bu hormonların sintezi üçün ilkin material kimi xolesterindən və sirkə turşusundan istifadə olunur. Onların əmələ gəlməsində aralıq məhsul testosterondur. Esterogenlər qan və limfanın tərkibində ya sərbəst halda ya da zülallarla (xüsusən albuminlərlə) birləşmiş şəkildə olur. Qanın hər 100 ml-də 1 mq-a qədər estrogen olur. Estrogenlər özlərinə qarşı həssas olan hüceyrələrin sitoplazmasına daxil olaraq, xüsusi zülal reseptorları ilə birləşir. Əmələ gələn zülal steroid biokompleksləri hüceyrə nüvə-

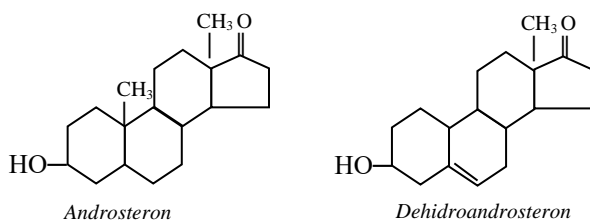
lərinə daxil olub dezoksiribonukleoproteidlərin tərkibində olan histonlarla biokomplekslər əmələ gətirir, nəticədə mRNT-nin sintezi sürətlənir. Hüceyrələdə RNT-polimeraza fermentinin aktivliyi artır. Estrogenlər lipid mübadiləsinə də təsir göstərir. Qanda  $Ca^{2+}$  və  $PO_4^{3-}$  ionlarının miqdarını artırır.



Estrogenlər qaraciyərdə bir sıra kimyəvi çevrilmələrə uğradıqdan sonra qlükuron və sulfat turşusu ilə birləşərək orqanizmdən sidik və ya nəcislə xaric edilir.

Erkək tənəsül hormonları androstanın törəmələri olub, androgenlər də adlanırlar.

Erkək tənəsül hormonlarına testosteron, metiltestosteron, androsteron və dehidroandrosteron aiddir.



Bu hormonlar toxumluqda əmələ gəlir. Bunlardan bioloji cəhətdən ən fəal testosterondur. Testosteron zülalların biosintezini stimullaşdırır, sidikdə azotun ifrazını azaldır, diri çəkini və boy artımını sürətləndirir.

Androgenlər spermanın tərkibində fruktozanın miqdarını

artırır. Bu androgenlərin aldozo-reduktaza və ketozoreduktaza fermentlərinin aktivliyinin yüksəlməsi ilə əlaqədardır. Fruktozanın miqdarı aşağı düşdükdə (androgenlərdə) spermatazoidlərin hərəkət aktivliyi zəifləyir.

Cinsi əlamətlərin inkişafı androgenlərin fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Bu hormonlar çatışmadıqda oksidləşmə prosesləri təxirlə gedir, yağların oksidləşməsi zəifləyir, onlar bədəndə piy kimi toplanır. Cavan heyvanların axtalanması zamanı kökəlmə bununla əlaqədardır. Ona görə də heyvandarlıqda bundan istifadə edilir. Erkək cinsiyyət orqanlarının metabolizm məhsulları sidiklə xaric olunur.

## 7.8 Hipofiz vəzi hormonları

Hipofiz vəzinin (beyin artımı) çəkisi çox azdır. İnsanda onun çəkisi 1 q-a yaxın, inəkdə 3,8 q, atda 2 q, qoyunda 0,4 q, donuzda 0,3 q olur.

Hipofizin hormonları maddələr mübadiləsinə təsir etməklə boy və inkişaf proseslərini nizamlayır.

Hipoviz vəzi 3 hissədən ibarətdir: ön, orta və arxa. Ön və arxa hissələrin hormonları yaxşı öyrənilmişdir, ortanınki isə hələlik tam müəyyənləşdirilməmişdir. Ön hissənin hormonları aşağıdakılardır: somatotropin, honadrotropin, adrenokortikotropin, tireotropin, laktotropin.

**7.8.1 Somatotropin.** Bu, zülal təbiətli maddə olub, tərkibi heyvanın növündən asılıdır. Qaramalın somatotropinində 396, insanında isə 190 aminurşusunun qalığı vardır. Sonuncu 1971-ci ildə sintez edilmişdir. Müxtəlif heyvanlarda somatotropinin molekül kütləsi 25-46 min dalton arasında dəyişir. Somatotropinə boy

hormonu da deyilir. Bu hormon toxumalarda sərbəst aminturşularının miqdarını azaldır, zülalların sintezini artırır, sidiklə azotlu maddələr az ifraz olunur. Diabetogen və pankreatrop təsir bununla əlaqədardır. Karbohidratların mübadiləsinə təsir edərək əzələlərdə qlikogenin miqdarını çoxaldır.

Somatotropin hüceyrələrin bölünməsinə, hüceyrə nüvəsinin və sitoplazmanın tərkibinə daxil olan zülalların biosintezini sürətləndirir. Bu hormon sümük və qığırdaq toxumalarına xüsusilə güclü təsir göstərir, böyrək parenximasının inkişafını stimule edir, fosfataza fermentini fəallığını artırır. Onun təsirindən süd vəzilərinin fəaliyyəti və qanda eritrositlərin əmələ gəlməsi sürətlənir.

Somatotropin hüceyrələrin böyüməsinə həm bilavasitə, həm də somatomedin (somatotropinin mediaboru) adlanan zülali maddələrlə biokomplekslər şəklində təsir göstərir. İnsanın qanında somatomedinlərin 6 növü tapılmışdır.

Somatotropinin sintezini hipotalamusda əmələ gələn xüsusi dekaeptid artırır. Bu 10 aminturşusunun qalığından ibarət olub, növ xüsusiyyətinə malik deyildir. Sənaye üsulu ilə sintezi mümkündür.

Bundan heyvanların boy və inkişafını nizamlamaq üçün istifadə etmək olar (Ç. Tenner).

**7.8.2 Honadotrop hormonlar.** Bu ad altında hipovizin ön payında sintez olunan follikultənzimediçi, lüteinləşdirici və lakfogen hormonlar birləşdirilir. Honadotrop hormonlar mürəkkəb quruluşa malik olan qlükoproteidlərdir. Qanda bu hormonların miqdarı artdıqca hipotalamılda müvafiq tənzimediçi amillərin sintezi azalır.

**7.8.3. Folikultənzimediçi hormon** - follitropin dişilərin yumurtalığında olan folekullara, erkəklərin toxumluğunda gedən

spermatogenez prosesinə stimulaedici təsir göstərir. İnsan folekul-tənzimedicu hormonu molekul kütləsi 34 000 Dalton olan qlüko-proteiddir.

**7.8.4. Lüteinləşdirici hormon**-dişilərdə ovulyasyonu (folikulun partlaması yumurtahüceyrənin azad olması) və yumurtalıqlarda sarı cismin əmələ gəlməsini sürətləndirir, erkəklərdə isə androgenləri hasil edən leydiq hüceyrələrinin fəaliyyətini tənzim edir. İnsanda lüteinləşdirici hormonun molekul kütləsi 28-500 Daltondur.

**7.8.5. Laktogen hormon (laktotropin)**-süd vəzilərinə estrogenlər kimi təsir göstərir onların poliferasiyasına səbəb olur və hamiləlik dövründə hipotrofiyaya uğramış süd vəzilərinə südün əmələ gəlməsini və ifrazını artırır. Bundan əlavə prolaktin hamiləlik dövründə yumurtalıqlarda yeni yumurta hüceyrələrinin qarşısını alır. Onun molekul kütləsi 24 minə yaxın polipeptiddir.

**7.8.6. Adrenokortikotropin (AKTH).** Bu hormon 39 aminoturşusunun qalığından ibarət polipeptiddir, sintez edilmişdir. Müxtəlif heyvanların adrenokortikotrop hormonu quruluşca fərqlənir.

25 26 27 28 29 30 31 32

İnsanda: Asp.-Ala.-Qlis.-Qlut.-Asp.-Qlut.-Ser.-Ala.

Qaramalda: Asp.-Qlis.-Qlut.-Ala.-Qlut.-Asp.-Ser.-Ala.

Dənuzda: Asp.-Qlis.-Ala.-Qlut.-Asp.-Qlut.-Ley.-Ala.

Qoyunda: Ala.-Qlis.-Qlut.-Asp.-Asp.-Qlut.-Ala.-Ser.

Kortikotropin və ya adrenokortikotrop hormon böyrəküstü vəzilərin qabıq hissəsinə təsir göstərməklə karbohidratların mübadiləsində iştirak edir.

Adrenokortikotropin (AKTH) kortikoidlərin sintezinin başlanğıc mərhələlərinə təsir etməklə qlükokortikoidlərin sintezini və sekresiyasını sürətləndirir. AKTH-ın böyrəküstü vəzilərə gös-



tərđiyi təsirlə əlaqədar olaraq qanda və sidikdə 17-ketosteroidlərin və qlükokortikoidlərin miqdarı artır. Bu hormonun təsiri altında toxumaların oksigenə qarşı tələbatı artır, yağların parçalanması və aseton cisimlərin əmələ gəlməsi sürətlənir, orqanizmin insulina qarşı həssaslığı azalır.

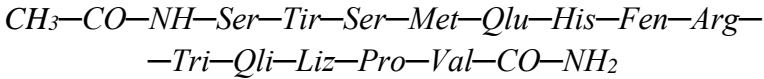
**7.8.7. Tireotropin.** Tireotrop təsir göstərir yəni qalxanavarı vəzin fəallığını artırmaqla tiroksinin istehsalını çoxaldır. Əsasən karbohidratların mübadiləsinə təsir edir. Bu hormon qlükoproteiddir, qeyri-zülal hissəsi karbohidratlardandır. Tərkibində 3,5% heksoza, 2,5% qlükozamin və 1%-ə yaxın kükürd vardır.

Tireotrop hormon (tireotropin) molekulyar kütləsi 28 300 Da-dur. Onun molekulu iki  $\alpha$  və  $\beta$  polipeptid zəncirindən ibarətdir.  $\alpha$ -zəncirində 96,  $\beta$ -zəncirində 118 amin turşu qalığı olur. Tərkibində 11 ədəd disulfid rabitəsi olur.

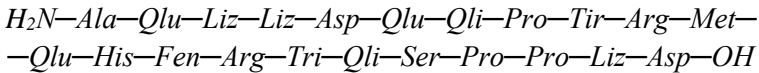
Tireotropinin hüceyrələrə təsiri onun spesifik reseptorlara birləşməsi ilə başlayır sonra isə qalxanabənzər vəzi hüceyrələrində membranla rabitəli olan adenilat-siklaza fermentinin aktivliyi artır və hüceyrələrin sitoplazmasında siklik AMP sintezi sürətlənir. Bu isə qeyri-üzvi yod birləşməsinin qalxanabənzər vəzi hüceyrələri tərəfindən tutulmasını, tireoid hormonların əmələ gəlməsini və qana ifraz olunmasını sürətləndirir. Tireotrop hormon bu proseslərə  $Ca^{2+}$  ionlarının qalxanabənzər vəzi hüceyrələrinin membranlarından keçməsinə sürətləndirmək yolu ilə təsir göstərir.

**7.8.8. Hipofizin orta payının hormonu.** Hipofizin orta (ara) payında melanositstimuləedici hormon (melanotropin, intermedin) sintez edilir. Məməli heyvanlarda bu hormonun iki formasına təsadüf olunur. Onlardan biri  $\alpha$ -, digəri isə  $\beta$ -melanositstimuləedici hormon adlanır.  $\alpha$ -Melanositstimuləedici hormon – tərkibinə 13 amin turşu qalığı daxil olan polipeptiddir. Onun molekulyar kütləsinin birinci quruluşu adrenokortikotrop hormonunun molekulyar kütləsinə bənzərdir.

zəncirinin ilk 13 aminturşu qalığından ibarət olan hissəsi ilə eynidir. Lakin  $\alpha$ -melanotropin molekulunun N-terminal hissəsində yerləşən serin aminturşusu sirkə turşusu qalığı ilə birləşmiş şəkildə olur, onun C-terminal hissəsində olan 13-cü aminturşu isə valin turşusunun amididir:



Üzərində tədqiqat aparılan heyvanların hamısının  $\alpha$ -melanotropininlərinin birinci quruluşu eynidir.  $\beta$ -Melanotropinin molekul quruluşu  $\alpha$ -melanotropinə nisbətən bir qədər mürəkkəbdir. Heyvanların əksəriyyətində bu hormonun molekuluna 18 aminturşu qalığı daxildir. İnsanlardan alınmış  $\beta$ -melanotropinin molekulu isə 22 aminturşu qalığından ibarətdir.

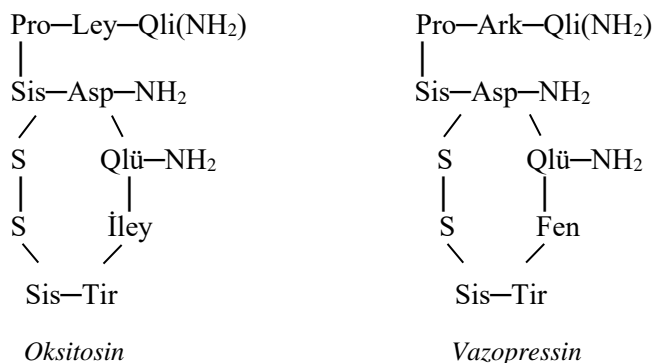


Melanositstimuləedici hormon balıqların, suda-quruda yaşayanların və sürünənlərin dərilərində olan piqment hüceyrələrinin miqdarını artırmaqla onların bədənlərinin rəngini dəyişir, məməlilərdə isə bu hormonun təsiri nəticəsində melanin piqmentinin sintezi artır. Melanositstimuləedici hormon hipofizdən qana fasiləsiz surətdə ifraz edilir. Gözün torlu qişasının günəş şüaları ilə qıcıqlandırılması hormonun sekresiyasını sürətləndirir.

**7.8.9. Hipofizin arxa payının hormonları.** Yuxarıda göstərilmişdir ki, hipofizin arxa payının hormonları – vazopressin və oksitosin hipotalamus nüvələrindəki neyrosekretor hüceyrələrdə əmələ gəlir və hipotalamo-hipofizar sistemi sinir lifləri vasitəsilə hipofizin arxa payına gətirilir. Burada vazopressin və oksitosin neyrosekretor hüceyrələrin aksonlarının uclarında (Xerrinq cisim-

ciklərində) toplanır. Beləliklə, hipofizin arxa payı bu hormonlar üçün rezervuar vəzifəsi daşıyır. Q. Olivekronun (1957) məlumatına görə, vazopressin hipotalamusun supraotik, oksitosin isə paraventriculyar nüvələrində əmələ gəlir.

Vazopressin və oksitosin, kimyəvi tərkiblərinə görə, nonapeptidirlər. Onlar bir-birindən iki aminturşu qalığı ilə fərqlənirlər. Belə ki, oksitosinin molekulunda leysin və izoleysin qalığı olduğu halda, vazopressinin molekul zəncirinin həmin aminturşulara müvafiq gələn hissəsində arginin və fenilalanin qalıqları yerləşir:



Bu hormonların molekullarında iki sistein qalığı disulfid rabitəsi ilə birləşərək sistin aminturşusu əmələ gətirir.

Dyu Vinyu vazopressin və oksitosin sintetik yolla əldə etmişdir. Onun sintez etdiyi birləşmələrin aktivliyi, təbii mənbələrdən alınan hormonların aktivliyinə tamamilə müvafiq gəlir.

**7.8.10. Oksitosin (pitosin)** – uşaqlığın və başqa sayə əzələli üzvlərin yığılma qabiliyyətini artırmaq xüsusiyyətinə malikdir. Bundan əlavə, oksitosin laktasiya dövründə süd vəzilərinin fəaliyyətini artırır.

Hamiləliyin erkən dövrlərində oksitosin uşaqlığa təsir göstərmir. Sonralar uşaqlığın oksitosinə qarşı həssaslığı yüksəlir və

doğuş dövründə maksimal səviyyəyə çatır. Estrogenlər uşaqlığın oksitosinə qarşı həssaslığını yüksəldir, sarı cismin hormonu (prohesteron) isə azaldır. Oksitosin süd yollarının miopitelial hüceyrələrinin təqəllüsünü gücləndirərək süd vəzisinin daxili təzyiqini yüksəldir və südvermə prosesini stimula edir. Təmiz oksitosin vazopressinin, təmiz vazopressinin isə oksitosinin bəzi təsir xüsusiyyətlərini cüzi dərəcədə özündə əks etdirir. Oksitosin qanda olan spesifik oksitosinaza (pitotsinaza) fermentinin təsiri ilə parçalanır.

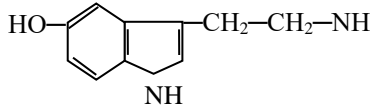
**7.8.11. Vazopressin (antidiuretik hormon).** Vazopressin diurezi (gündəlik sidik ifrazı) azaldır və qan təzyiqini yüksəldir. O, böyrək kanalcıqlarının distal seqmentində və yığıcı borucuqlarda birinci sidiyin tərkibindən suyun reabsorbsiyasını artırır. Vazopressinin antidiuretik təsirinin dəqiq mexanizmi hələlik tam aydınlaşdırılmamışdır.

Vazopressinin orqanizmə yeridilməsi arteriya və kapilyarların daralmasına səbəb olur ki, bu da qan təzyiqinin yüksəlməsi ilə nəticələnir. Vazopressin tac damarları daraldaraq, ürək çatışmazlığı əlamətləri göstərə bilər. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, qan təzyiqinin artırılması üçün bu hormonun çox yüksək dozaları (antidiuretik təsir göstərən dozada bir neçə min dəfə artıq) tətbiq olunmalıdır. Vazopressin qısamüddətli təsir göstərir. Bədənə yeridilmiş vazopressinin aktivliyi 1 – 3 dəqiqə müddətində 2 dəfə azalır. Onun çox hissəsi qaraciyər və böyrəklərdə parçalanır, 8–10%-i isə sidiyin tərkibində dəyişikliyə uğramamış şəkildə orqanizmdən xaric olur.

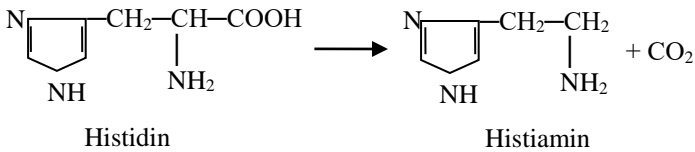
## 7.9 Hormonoidlər

Hormonoidlər deyilən maddələrdə vardır. Bunlar da hormon-

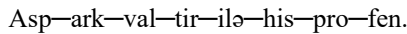
lar kimi təsir edir, lakin daxili sekresiya vəzilərinə əmələ gəlmir. Onlardan serotonin göstərilə bilər. Bu oksitriptamindir.



Serotonin trombositlərdə, toxumalarda (baş beyində, mədə-bağırsağ traktında və s.) müəyyən edilmişdir. Serotonin qan damarlarını daraltdığı üçün xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Qan axmasının qarşısını almaqda işləyir. Histamin də hormonoiddir. Histidin dekarboksilləşməsindən əmələ gəlir.



Histiamin hüceyrə və toxumalarda birləşmiş şəkildədir. O, sinir oyanmalarının verilməsində iştirak edir, mədənin selik qişasında xlorid turşusunun sekresiyasını fəallaşdırır, böyrəküstü vəzilərinin qabıq hissəsinin hormonal fəallığını azaldır. Buna görə də şizofreniyanın müalicəsində işləyir. Anqiotenzində bu qrupa mənsub olub, böyrəklərdə qan təzyiqini artırır. Kalium ionunun hüceyrələrə keçməsinə nizamlayır. Kimyəvi təbiətinə görə heptapeptiddir. Quruluşu belədir:



Sekretin nazik bağırsağın, xüsusən onikibarmaq bağırsağın selik qişasındakı vəzilərdə istehsal olunan polipeptiddir. Onun molekulyar kütləsi 5000-ə yaxındır. Sekretin pankreas şirəsinin və ödün sekresiyasını stimullaşdırır. Bradikinin də hormonoiddir, 9-aminturşusunun qalığından ibarət peptiddir. Aminturşularının

düzülmə ardıcılığı belədir: arginin—prolin—prolin—qlisin—fenilalanin—serin—prolin—fenilalanin—arginin. Bu hormonoid damarları genişləndirir, saya əzələləri qısaldır.

Yuxarıda göstərilənlərdən aydın olur ki, hormonların insan və heyvan orqanizmində çox böyük əhəmiyyəti vardır. Ona görə də onların təbabətdə və baytarlıqda daxili sekresiya vəzilərinin xəstəliklərinin müalicəsində geniş istifadə olunur. Heyvanların boy və inkişafının nizamlanmasında, məhsuldarlığının artırılmasında hormonların tətbiqinin böyük perspektivləri vardır.

### **Mövzuya aid suallar**

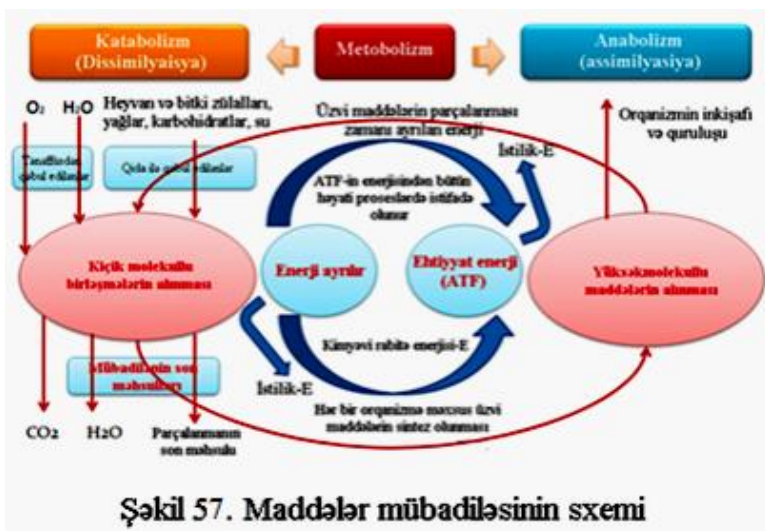
1. Hormonların nomenklaturası və təsnifatını xarakterizə edin.
2. Qalxanabənzər vəzinin hormonları və onların funksiyaları barədə məlumat verin.
3. İnsulin və adrenalinin antoqonist funksiyalarını göstərin.
4. Steroid hormonların kimyəvi təbiətini və fizioloji təsirinə aydınlaşdırın .
5. Cinsi əlamətlərin inkişafında androgenlərin fəaliyyəti barədə məlumat verin.
6. Hipoviz vəzinin ön hissəsinin hormonlarının maddələr mübadiləsində rolunu izah edin.
7. Hormonoidlər barədə məlumat verin. Onların bioloji rolunu göstərin.
8. Hansı hormonlar steroid quruluşdadır. Nə üçün?
9. Hansı hormonlar cinsi əlamətlərin inkişafına dolayı yolla təsir göstərir.
10. Hormonların fermentlərlə əlaqəsi hansı əlamətlərlə xarakterizə olunur.

## VIII FƏSİL

### 8. MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİ VƏ ENERJİ

Maddələr mübadiləsi canlıları cansızlardan ayıran əsas əlamətdir. Maddələr mübadiləsi dəqiq nizamlanmış biokimyəvi və fizioloji bir prosesdir. Bu prosesdə qanın və digər maddələrin orqanizmə daxil olması, onların orqanizm tərəfindən mənimsənilməsi, hüceyrə daxilində digər məhsullara çevrilməsi və əmələ gələn lazımsız məhsulların orqanizmdən xaric olunması ardıcılığı ilə baş verir. Bu çevrilmələr xarakterik biokimyəvi reaksiyalarla (hidroliz, hidrogenləşmə, aminləşmə, fosforlaşma və s.) icra olunur. Bu reaksiyalar mərkəzi sinir sisteminin nəzarəti və hormonların iştirakı ilə fermentlər tərəfindən sürətləndirilir. Maddələr mübadiləsi bütün hüceyrə quruluşunun boy və inkişafını və enerji təminatı ilə təmin edir. Maddələr mübadiləsinin dayanması orqanizmin həyat fəaliyyətinin zəifləməsinə və nəhayət məhvinə səbəb olur.

Maddələr mübadiləsi bir-biri ilə əlaqəli və müxtəlif istiqamətə yönələn iki prosesin vəhdətindən ibarətdir. Birinci-dissimilyasiya (və ya metabolizm) maddələrin parçalanma prosesidir. İkincisi assimilyasiya (və ya katabolizm) maddələrin əmələ gəlmə prosesidir. Bu proseslərdə əmələ gələn maddələr metabolitlər adlanır. Bu bölgü şərtidir, orqanizmdə bunlar eyni zamanda yaranır biri-digərini tamamlayır, bir sözlə vəhdət təşkil edir.



**Şəkil 57. Maddələr mübadiləsinin sxemi**

Cədvəl 10.

İnsanın qida maddələrinə olan tələbatı

Orqanizmdə ümumi miqdarı kq-la	Enerjisi kCoul/q Kkal/q	Gündəlik tələbat, q-la		İnkişaf etmiş ölkələrdə gündəlik faktiki tələbat, q-la	Maddələr mübadiləsində rölü, funksiyası	Əvəzolunmaz komponentləri
		Minimum miqdar	Tələb olunan miqdar			
<b>Zülallar</b>						
10	17 (4,1)	37/29*	55/45*	92/75*	Aminturşuların daşıyıcısı, enerji mənbəyi	Əvəzolunmaz aminturşular: valin, leysin, izoleysin, lizin, fenilalanin, triptofan, metionin, treonin
<b>Karbohidratlar</b>						
1	17 (4,1)	0	390	240-310	Ümumi enerji mənbəyi (qlükoza); enerji ehtiyatı (qlükogen), dayaq maddəsi (sümlüklər qığırdaq)	Əvəzolunmaz komponentlər (otsutsvunot)



Yağlar						
10 – 15	30 (9,3)	10	80	130	Ümumi enerji mənbəyi, əsas enerji ehtiyatı; vitaminlərin həlledicisi; Əvəzolunmaz yağ turşularının mənbəyi	Yüksək molekulu doymamış yağ turşuları; linol, linolin, araxidon
Su						
35 – 40	0	1200	-	-	Həlledici; hüceyrənin tərkib hissəsi; biokimyəvi reaksiyaların əsası, orqanizmdə temperaturun tənzimləyicisi	-
Mineral maddələr						
					Quruluş komponentləri; elektrolitlər; fermentlərin kofaktoru	Makro- və mikroelementlər
Vitaminlər						
-	-	0,2	-	-	Kofermentlərin tərkib hissəsi	Yağlarda və suda həll olan vitaminlər

\* - bölünəndə kişilər, böləndə qadınlar üçün norma verilmişdir.

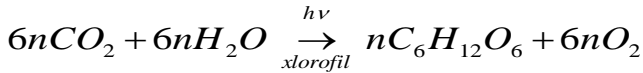
Anabolizm (assimilyasiya)-prosesində sadə molekulardan mürəkkəb tərkibli maddələrin sintez olunması baş verir. Anabolizm prosesində NT-i, zülallar və digər makromolekullar əmələ gəlir. Anabolizm reaksiyaları ATF və NADN-enerjisindən istifadə sayəsində mümkün olur.

Katabolizm (dissimilyasiya)-prosesi orqanizmin hüceyrələrində mürəkkəb maddələrin daha sadə aşağı molekullu tərkibli məhsullara ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  və s) çevrilməsi və onların orqanizmdən xaric olunmasıdır.

Anabolizm və katabolizm prosesləri bir-birindən asılı olmayaraq müxtəlif istiqamətlərdə baş verir. Ancaq buna baxmaya-

yaraq bu proseslər bir-birilə vəhdət təşkil edir. Katabolizm prosesləri anabolizm prosesləri üçün metabolitlərə enerji hazırlayır. Anabolizm prosesləri isə ehtiyat enerji yığır və mürəkkəb maddələr hazırlayır.

Bütün canlılar üçün yer kürəsində ilk enerji mənbəyi Günəşdir. Fotosintez prosesi Günəş enerjisi (hv) nəticəsində bitkilərin yaşıl hissələrində üzvi maddələrin əmələ gəlməsini təmin edir. Bitkilər avtotrof orqanizmlərdir.



Bu prosesdə qeyri üzvi maddələrdən üzvi maddələr sintez olunur.

İnsanlar və heyvanlar isə enerji mənbəyi kimi yalnız qida vasitəsilə qəbul olunan üzvi maddələrdən istifadə edir, belə orqanizmlər heterotrof orqanizmlər adlanır.

Cədvəl 11.

### İnsanın mineral komponentlərə tələbatı

Komponent	Orqanizmdə miqdarı q-la	Əsas mənbəi	Gündəlik tələbatı q-la	Funksyası
Su				
H <sub>2</sub> O	35000-40000	İçkilər; bərk qidanın tərkibində olan su; oksidləşmə prosesində alınan su (300 q)	1200/900*	Həlledici; hüceyrənin tərkib hissəsi, biokimyəvi reaksiyaların iştirakçısı
Makroelementlər**				
Na	100	Xörək duzu	1,1 - 3,3	Osmotik tənzimləyici; membran potensialcısı
K	150	Meyvə, tərəvəz, dənli bitkilər	1,9-5,6	Membran potensialcısı, mineral maddələr mübadiləsi
Ca	1300	Süd və süd məhsulları	0,8	Sümük toxumasını formalaşdırmaq; qanın laxtalanması; orqanizmin siqnal maddəsi
Mg	20	Yaşıl tərəvəz	0,35	Sümük toxumasını formalaşdırmaq, fermentlərin koferment tərkibi

Cl	160	Xörək duzu	1,7-5,1	Mineral maddələr mübadiləsi
P	650	Ət, süd, tərəvəz, dənli bitkilər	0,8	Sümük toxumasını forma-laşdırmaq; enerji mübadiləsi, nuklein turşularının mübadiləsi
S	200	Kükürtlü amin turşular (sistin, sistein, metionin)	0,2	Lipidlərin və karbohidratların mübadiləsi; konyuqatların əmələgətiricisi
<b>Mikroelementlər</b>				
Fe	4 – 5	Ət, qaraciyər, yumurta, tərəvəz, kartof, dənli bitkilər	0,010	Hemoqlobin, mioqlobin, sitoxromlar
Zn	2 – 3	Ət, qaraciyər, dənli bitkilər	0,015	Sinktərkibli fermentlər
Cu	0,1 – 0,2	Ət, balıq, meyvə, tərəvəz	$(2 - 3) \cdot 10^{-3}$	Oksidazalar
Mn	0,02	Qida məhsullarının əksərində	$(2 - 5) \cdot 10^{-3}$	Fermentlər
Co	< 0,01	Balıq	—	B <sub>12</sub> – vitamini
Cr	< 0,01	—	$(0,5 - 2) \cdot 10^{-4}$	—
Mo	0,02	Dənli bitkilər, qoz, fındıq, şabalıd	$(1,5 - 5) \cdot 10^{-4}$	Oksireduktaza
Se	—	Ət, tərəvəz	$(0,5 - 2) \cdot 10^{-4}$	Selentərkibli fermentlər
J	0,03	Dəniz balığı, yodlaşdırılmış duz, dəniz yosunları, içməli su, qoz	$1,5 \cdot 10^{-4}$	Tiroksin
F	—	Dana əti, içməli su, çay, süd	$(1,5 - 4) \cdot 10^{-4}$	Sümük, dişin emalı

\* - Bölünəndə kişilər, böləndə qadınlar üçün norma verilmişdir.

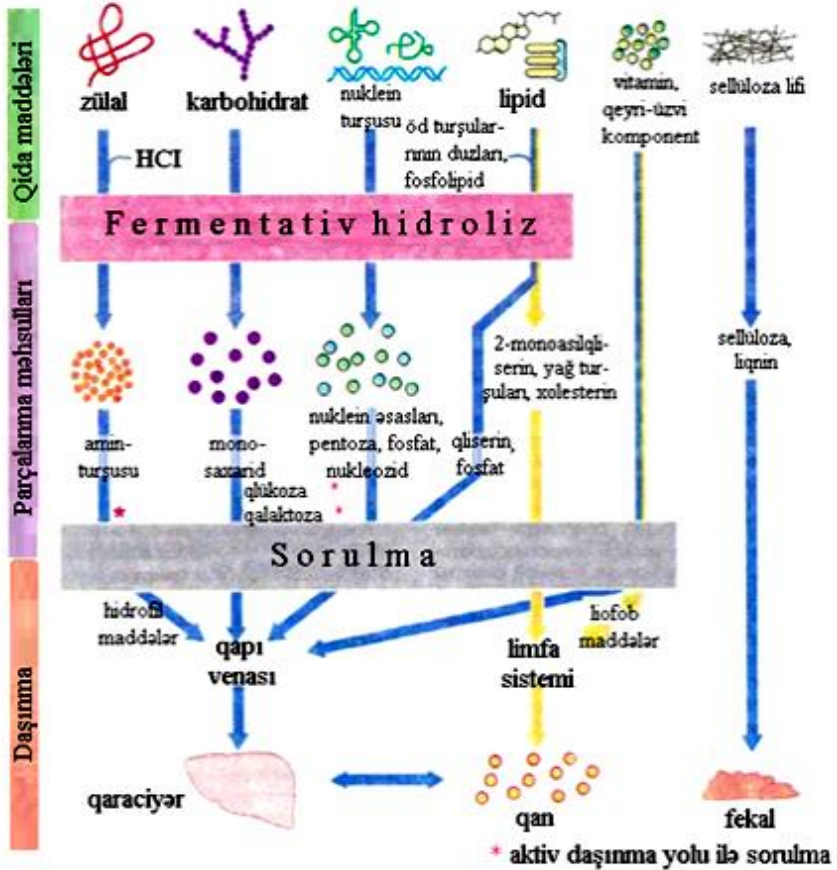
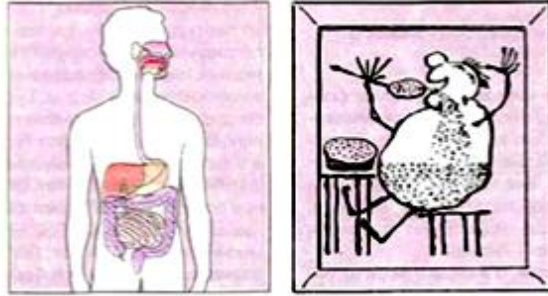
\*\* - Göstərilən makroelementlərə gündəlik tələbatı 100 mq-dan çox olanlardır.

Canlı orqanizmə daxil olan hər bir üzvi maddə müəyyən miqdarda potensial enerji ehtiyatına malikdir. Buna sərbəst enerji adı verilmişdir. Üzvi maddə yandırıldıqda onun enerjisi bütünlüklə istilik şəklində xaric olunur. Maddənin kalorimetr vasitəsilə təyin edilən yanma istiliyinə ümumi enerji adı verilmişdir. Sabit temperatur və atmosfer təzyiqi şəraitində maddənin yanma istiliyi ilə sərbəst enerjisi arasında olan əlaqə  $\Delta H = \Delta G + T\Delta S$  tənliyi ilə

ifadə edilir (bu tənlikdə  $\Delta H$ -ümumi enerjinin dəyişməsinə,  $\Delta G$ -sərbəst enerjinin uğradığı dəyişikliyi,  $T$ -mühitin mütləq temperaturunu,  $\Delta S$  isə sistemin entropiyasını göstərir). Hər hansı bir reaksiya zamanı sərbəst enerjinin dəyişməsinə isə  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  tənliyi ilə ifadə etmək olar. Maddənin sərbəst enerjisinin ayrılması ilə müşaiət olunan reaksiyalar ekzerqonik proseslər, enerjinin sərf olunması ilə baş verən reaksiyalar isə enderqonik proseslər adlanır. Canlı orqanizmlərdə kimyəvi reaksiyalar sadəcə olaraq istilik enerjisinin xaric olunması ilə nəticələnir. Bu reaksiyalarda yaranan enerji istilik enerjisinə çevrilmədən bilavasitə bir sıra həyati funksiyaların yerinə yetirilməsinə sərf edilir.

Üzvi maddələrin sərbəst enerjisinin maddi əsasını atomlar arasında olan kimyəvi rabitələr təşkil edir. Adətən, üzvi birləşmələrdə olan adi kimyəvi rabitə növlərinin parçalanması və sintezi zamanı ayrılan və ya qəbul edilən enerjinin miqdarı 19,5 kC/mol-dan artıq olmur. Lakin 25 kC/mol və daha artıq sərbəst enerjiyə malik olan kimyəvi rabitə növləri də məlumdur. Belə kimyəvi rabitələrə-makroergik rabitə, birləşmələrə isə makroergik birləşmələr deyilir. Makroergik rabitəyə malik olan birləşmələrdən üzvi aləmdə ən geniş yayılanları-nukleozit-trifosfatlar (ATF, UTF, STF, QTF, TTF), kreatinfosfat, fosfoenolpiroüzüm turşusu, 1,3-difosfoqliserin turşusu, bəzi tioefir birləşmələri (məsələn, asilkoenzim-A) və başqaları aiddir.

Bioenergetik proseslərdə ATF-in çox mühüm əhəmiyyəti vardır. Onun bir qram molekulunun hidroliz prosesinə uğrayaraq ADF və fosfat turşusuna çevrilməsi zamanı 30,2 kC enerji ayrılır.



Şəkil 58. Qida maddəsinin hidrolizi və sorulması

Bu maddə orqanizmdə universal enerji mənbəyi vəzifəsi daşıyır. Toxumalarda digər makrorgik rabitəli birləşmələr çox zaman ATF molekullarında toplanan enerjinin sərf edilməsi hesabına yaranır.

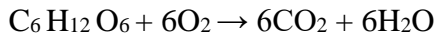
**Tənəffüs əmsalı.** Heyvan orqanizmində qida maddələri tədricən oksidləşərək, mübadilənin son məhsulları olan karbon qazına, suya və digər kiçikmolekullu kimyəvi birləşmələrə çevrilir; bu prosesi üzvi maddələrin zəif sürətlə yanmasına bənzətmək olar. Qida maddələri orqanizmin daxilində karbon qazına və suya qədər oksidləşdikdə, onların orqanizmdən xaricdə yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdarına bərabər enerji əmələ gəlir. Buna görə də, orqanizmin sərf etdiyi oksigenlə ondan xaric olan karbon qazının həcminə əsaslanaraq, bədəndə əmələ gələn enerjinin miqdarı haqqında mühakimə yürütmək mümkündür.

Bədəndən xaric olunan karbon qazının həcminin sərf edilən oksigenin həcminə nisbəti tənəffüs əmsalı adlanır.

$$RQ = \frac{CO_2}{O_2}$$

Burada RQ tənəffüs əmsalının rəmzidir.

Tənəffüs əmsalının qiyməti oksidləşən maddələrin tərkibindən asılıdır. Karbohidratların oksidləşməsi zamanı sərf edilən oksigenin həcmi əmələ gələn karbon qazının həcminə bərabər olur. Aydın ki, əgər orqanizmin qəbul etdiyi oksigenin hamısı yalnız karbohidratların oksidləşməsinə sərf edilərsə, onda tənəffüs əmsalı vahidə bərabər olur.



$$RQ = \frac{6CO_2}{6O_2} = 1.$$

Yağların tərkibində oksigen atomlarının miqdarı karbohidratlardakına nisbətən azdır. Yağlar oksidləşdikdə həm karbon qazının əmələ gəlməsi, həm də hidrogen atomlarının oksidləşməsi üçün oksigen sərf edilir. Odur ki, yağların oksidləşməsi zamanı tənəffüs əmsalı vahiddən aşağı (0,7) olur. Zülalların oksidləşməsinin tənəffüs əmsalı  $\approx 0,8$ -ə bərabərdir.

Qarışıq qidalanma şəraitində insanların tənəffüs əmsalı 0,7 ilə 1,0 arasında təbəddüd edir (orta hesabla 0,83-0,87). Qida qarışığında karbohidratların nisbi miqdarı nə qədər çox olarsa, tənəffüs əmsalı da bir o qədər yüksək olur.

Tənəffüs əmsalının qiymətinə və ydyılan oksigenin həcminə əsaslanaraq, müvafiq cədvəllər vasitəsilə orqanizmdə əmələ gələn istiliyin miqdarını müəyyən etmək olar. Tənəffüs əmsalı şəraitdən asılı olaraq dəyişə bilər. Aclıq halında orqanizmin karbohidrat ehtiyatı tükəndiyinə görə, yağlar oksidləşməyə başlayır və tənəffüs əmsalı 0,7-yə yaxınlaşır. Kökəlmə zamanı isə bunun əksi müşahidə edilir, yəni toxumalarda, karbohidratlardan yağlar sintez edilir və tənəffüs əmsalı yüksəlir.

## 8.1 Maddələr mübadiləsinin öyrənilmə üsulları.

Qəbul edilən qida maddələrinin ilk çevrilmələrindən başlayaraq, mübadilənin son məhsullarının əmələ gəldiyi mərhələyə qədər uğradıqları bütün kimyəvi dəyişikliklərə **a r a l ı q m ü b a d i l ə** deyilir. Mədə-bağırsaq traktında gedən həzm və sorulma prosesləri, sümüklərdə mineral maddələrin əmələ gəlməsi, bəzi

toxumaların ara maddələrinin və mayelərinin yaranması müstəsna olmaqla, aralıq mübadilənin yerdə qalan bütün prosesləri hüceyrələrin daxilində baş verir.

Balans üsulu ilə müxtəlif elementlərin və maddələrin (azot, kalsium, fosfor, su və s.) qəbul edilən və kənar olunan miqdarı təyin edilməklə, orqanizmin onlara olan tələbatı müəyyənləşdirilir. Yoxlanan maddənin (məsələn, azotun) qəbul edilmiş miqdarı ifraz olunandan çoxdursa müsbət balans adlanır. Bu zaman həmin maddə bədəndə toplanır. Belə hal ən çox cavanlarda nəzərə çarpır. Maddənin qəbul olunmuş miqdarı ifrazından az olarsa, o mənfi balans adlanır. Həmin vəziyyət müxtəlif xəstəliklərdə yaranır. Qəbul olunan maddənin miqdarı ilə ifraz olunankı eynidirsə ona müvazinət balansı deyilir.

Balans üsulu insan və heyvanların müxtəlif maddələr olan tələbatının miqdarca təyininə imkan verir. Bu üsulla keyfiyyət tələbatını müəyyən etmək olmur.

Nişanlanmış atomlar üsulundan istifadə etməklə orqanizmə daxil olan maddənin tərkibində (aminturşusunda, yağ turşusunda, hormonda, vitamində, duzlarda və s.) atomlardan biri (məsələn, karbon, kükürd, fosfor, azot, və s.) nişanlanır-yəni mədəyə radiaktiv izotopu olan element daxil olur. Radiaktiv elementə görə orqanizmdə, ayrı-ayrı orqan, toxumalarda yoxlanan maddənin vəziyyəti izlənilir. Bu üsul aralıq mübadilənin ətraflı öyrənilməsinə imkan verir. Angiostomiya üsulunda müxtəlif orqanların aralarına, arteriya və vena damarlarına fistula qoyularaq istənilən vaxtda qan, öd və başqa nümunələr götürülür, kimyəvi təhlil aparılır. İ. P. Pavlov, J. S. London tərəfindən təklif edilmiş bu üsul müxtəlif maddələrin (məsələn, karbohidratların, zülalların və s.) ayrı-ayrı orqanlarda mübadiləsini – yəni çevrilmələrini öyrənməyə imkan verir.



Təcrid edilmiş orqanlar üsulu Klod Bernar tərəfindən təklif edilmişdir. Bu üsulla mübadilə proseslərini öyrənmək üçün ayrı-ayrı orqanlar bədəndən-orqanizmdən təcrid edilmiş və mübadilə prosesləri həm müəyyən orqan çıxarılmış orqanizmdə, həm də çıxarılan orqanın özündə öyrənilir. Bu yollarla aparılan tədqiqatlar biri digərini tamamlayır. Qanda qlükozanın miqdarının sabit saxlanılmasında, sidik cövhərinin əmələ gəlməsində qaraciyərin rolu İ. P. Pavlov, M. V. Nenski və Q. Embden tərəfindən bu üsulla müəyyən edilmişdir. Elektron mikroskopiyası üsullardan, sürətli sentrifugalardan, polyaroqrafiya, xromatoqrafiya, elektroforez və s. ilə birlikdə hüceyrədə (mitoxondriyalarda, ribosomlarda, nüvədə və s.) maddələr mabadələsinin öyrənilməsində geniş istifadə olunur.

Biopsiya və ya orqanostomiya üsulunda ayrı-ayrı orqanlardan kəsiklər götürülərək, onlarda maddələrin kimyəvi təhlili aparılır və ona əsasən də maddələr mübadiləsi öyrənilir. Bu məqsədlə O. Varburq aparatından və s. cihazlardan istifadə olunur. Hidrokimyəvi üsulda müayinələr histoloji kəsiklərdə aparılır.

Maddələr mübadiləsini öyrənmək üçün fraksiyalarından və homogenatlardan da istifadə edilir. Bu üsul mübadilə proseslərinin lokalizasiyasının (yerləşməsini) müəyyənləşdirməyə imkan verir. Zülalların ribosomlarda sintez olunması və s. bu üsulla öyrənilmişdir.

Bütün bu üsullar maddələr mübadiləsini ətraflı öyrənməyə və onu istənilən istiqamətdə dəyişdirməyə, heyvanların məhsuldarlığını artırmaq, onların keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq, xəstəliklərinin qarşısını almaq yollarını müəyyən etməyə imkan verir.

Maddələr mübadiləsinin tipi, intensivliyi bir sıra amillərdən: heyvanın növündən, yaşından, qidasından, ilin fəslindən, temperaturdan, təzyiqdən və s.-dən asılıdır. (Q. E. Vladimirov,

P. P. Radikov, V. V. Kovalski, H. İ. Səfərov, Q. B. Xəlilov və b.). Mübadilə prosesinin gedişində sinir sisteminin və daxili sekresiya vəzlərinin nizamlayıcı rolu da mühüm əhəmiyyətə malikdir. (İ. P. Pavlov, K. M. Bikov, A. İ. Qarayev, H. İ. Səfərov, Q. B. Xəlilov və b.). Bütün bu məsələləri ətraflı öyrənməklə, maddələr mübadiləsini heyvandarlığın inkişafına şərait yaradacaq istiqamətə yönəltmək olar.

## **8.2 Həzmin biokimyası.**

İnsan və heyvanların qəbul etdiyi qida və onda olan müxtəlif maddələr (zülallar, yağlar, karbohidratlar, duzlar və s.) öz tərkib hissələrinə həzm orqanlarında (ağız boşluğu, mədə, bağırsaqlar) parçalanır. Həzm orqanlarında qida müxtəlif şirələrin (tüpürcək, mədə şirəsi, bağırsaq şirəsi, öd və s.) və onlardakı maddələrin (xüsusən fermentlərin), öd turşularının və s. təsiri ilə fiziki və kimyəvi dəyişikliyə uğrayır. Həzm prosesində zülallar son məhsul olaraq aminturşularına, karbohidratlar monosaxaridlərə, yağlar və yağabənzər maddələr qliserinə, yüksəkmolekullu yağ turşularına, fosfat turşusuna, azotlu birləşmələrə (xolinə, kolamilənə, serinə və s.), nuklein turşuları purin və purimidin nukleotidrinə, duzlar isə ionlara ayrılır. Bu bəsit birləşmələr həzm orqanlarından sorularaq qana keçir və qanda bədənin bütün orqan və toxumalarına aparılır.

Qidanın ilk həzmi ağız boşluğunda başlayır. Qulaqdivi, çənəaltı və dilaltı vəzlərinin şirələri olan tüpürcək ağız boşluğuna tökülür.

At və qoyun tüpürcəyi rəngsiz, iysiz, şəffaf mayedir, inək-

də az, itdə çox bulanlıq olur. Müxtəlif heyvanlarda tüpürcəyin xüsusi çəkisi 1,002–1,010, depressiyası 0,25–0,50 arasında dəyişir.

Tüpürcəyin sutkalıq miqdarı atda 40–50 l, qaramalda 60–80 l, qoyunda 6 – 10 l, itdə 3 l-ə qədər olub, içilən sudan, yemin keyfiyyətindən, miqdarından, sinir sisteminin vəziyyətindən və s. amillərdən asılıdır.

Tüpürcəyin pH-ı zəif qələvi olub, atda 7,2 – 8,8; qaramalda 8,0 –8,5; qoyunda 8,2 – 8,5; donuzda 7,2 – 7,6 və itdə 7,5 – 7,8 arasında olur. Tüpürcəyin qələviliyi natrium hidrokarbonatın miqdarından asılıdır.

Müxtəlif heyvanların tüpürcəyində suyun miqdarı 99%-dən artıqdır, quru qalıq isə 1%-ə yaxındır. Quru qalıqda xloridlər, fosfatlar, karbonatlar, sulfatlar, rodanidlər, kalium, natrium, kalsium, maqnezium və dəmir vardır.

Üzvi maddələrdən tüpürcəkdə musin, zərdab albumini və qlobulininin izi, sidik cövhəri, fermentlərdən amilaza, maltaza və oksidaza olur. Tüpürcəyin özlülüyü musindən asılıdır.

Tüpürcək amilazası (və ya ptialin) əsasən qulaqdibi vəzində istehsal olunur. Bu ferment neytral mühitdə (pH 6,8 -7,0) nişastanı maltozaya qədər hidroliz edir. İnsanın tüpürcək amilazasına nisbətən heyvanlarınkı (donuzda 100 dəfə, qaramal və atda 1400 dəfə) çox az fəaldır. Ona görə də həzmdə əhəmiyyəti çox azdır.

Ağız boşluğundan sonra mədə həzmi başlayır. Bu proses mədə şirəsinin təsiri ilə gedir.

Mədə şirəsi mədənin selik təbəqəsinin dib hissəsindəki vəzilərin hüceyrələrin tərəfindən istehsal olunur. İtin mədə şirəsi rəngsiz, iysiz, şəffaf, yaxud az bulanlıq mayedir. Bütün heyvanlarda mədə şirəsinin reaksiyası turşdur. Mədə şirəsinin pH-ı itdə 1,5-2,0; qaramalda 2,2-3,1 danada 2,5-3,4; atda 1,2-3,1; quşlarda 3,8; insanda 5-6 olur.

Mədə şirəsinin sutkalıq miqdarı insanda 2l, itdə 2-3l, qoyunda 4l, qaramalda daha çoxdur.

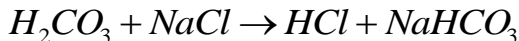
Mədə şirəsinin 99,5%-i su, 0,5%-i quru qalıqdan ibarətdir. Sonuncuya zülallar, zərdab albumini və lipaza aiddir. Cavan heyvanların mədə şirəsində katepsin, donuzda az fəal amilaza da vardır. Mədə şirəsində xlorid, süd, sirkə, yağ turşuları, karbonat, kalsium və maqnezium duzları da olur.

Gövşəyən heyvanların şırdan möhtəviyyatında aminturşularına, mikroelementlərə və vitaminlərə (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> və s.) də təsadüf edilir.

Mədə həzmində ciddi əhəmiyyətə malik olan fermentlərdən pepsin, ximozin, lipaza, turşulardan xlorid və süd turşularıdır. Xlorid turşusu həm sərbəst, həm də birləşmiş halda olur. Xlorid turşusunun miqdarı it və donuzun mədə şirəsində (0,3-0,6%) at, qaramal, qoyun və quşlarınkına nisbətən (0,1-0,3%) çoxdur. Müxtəlif xəstəliklərdə xlorid turşusunun ifrazı kəskin dəyişir. Mədə şirəsində xlorid turşusunun olmamasına axlorhidriya, azalmasına hipoxlorhidriya və çoxalmasına hiperxlorhidriya deyilir.

Xlorid turşusunun əmələ gəlməsi üçün xloridlərdən, xüsusən natrium-xloriddən və karbonat turşusundan istifadə olunur.

Hazırda güman edilir ki, xlorid turşusunun əmələ gəlməsində karboanhidraza fermentlərinin və histamin hormonunun rolu vardır. Xlorid turşusunun sintezi üçün lazım gələn enerji ilə ATF-in parçalanmasından alınır.



Xlor ionunu mədənin selik təbəqəsindəki zülalların verməsi Donnan müvazinətinə əsaslanır.

Xlorid turşusu zülalların şişməsini sürətləndirərək, fermentlərin təsirinə şərait yaradır, pepsinogeni fəallaşdıraraq, pepsinə çə-

virir, mədə şirəsindəki çürüdücü və qıvcırdıcı mikroorqanizmləri məhv edir, pis həll olan duzların (kalsium fosfat, dəmirin kompleks birləşmələri və s.) həllolmasını asanlaşdırır.

Mədə şirəsində fermentlərdən əsası pepsindir. Bu ferment mədənin dib hissəsindəki bəzi hüceyrələrində qeyri-fəal pepsinogen şəklində istehsal olunur, xlorid turşusunun təsiri ilə pepsin inqibitoru (molekul kütləsi 3200 olan peptiddir) və 5 kiçik neytral peptidi itirərək fəallaşır. Pepsin turş mühitdə zülalların albumoz və peptonlara qədər hidrolizini sürətləndirir. Lakin keratinlərə, fibroinə, mutsinlərə, ovomukoidlərə, protaminlərə təsir etmir.

Mədə şirəsinin ikinci fermenti Katepsindir. Bu ferment pH 4 – 5 olduğu mühitdə fəal olub, zülalları və bəzi peptidləri hidroliz edir. Cavanların mədə şirəsində Katepsin fəal, yaşlılarda qeyri-fəal olur. Ona görə də Katepsin heyvanların həyatının ilk dövrlərində pepsin fəaliyyət göstərdiyə zaman katalitik təsirə malik ola bilər.

Şırdan fermenti (ximozin və ya rennin) mədə vəzilərinin hüceyrələrində əmələ gəlməklə, zəif turş mühitdə, kalsium duzlarının iştirakı ilə kazeinogeni kazeinə çevirərək laxtalandırır. Bu ferment buzovlarda, quzularda süd dövründə fəal olur və südün kəsmikləşməsini sürətləndirərək, onun həzminə şərait yaradır.

Mədə şirəsində lipaza bütün hüyanlarda olur. lakin az fəaldır. Bu ferment yağları zəif turş mühitdə (pH 4 – 5) qliserinə və yağ turşularına parçalayır. Südəmə heyvanlarda mədə lipazası nisbətən fəal olub, südün emulsiyalaşmış yağlarını hidroliz edir. Yaşlı heyvanların mədə lipazası çox az fəaldır və pH 5,5 – 8.5 olduqda təsir göstərir.

Mədə amilazası yalnız donuzlarda olub, nişastanı maltozaya qədər parçalayan az fəal fermentdir.

Mədədən sonra qida maddələrinin həzmi nazik bağırsaqlarda öd, pankreas və bağırsaq şirələrinin iştirakı ilə gedir.

Pankreas şirəsi zülalların, karbohidratların və yağların hidrolitik parçalanmasında əsas rol oynayır. Onların 60 – 80%-i pankreas şirəsinin təsiri ilə parçalanır.

Pankreas şirəsinin sutkalıq miqdarı qaramalda 3–4 l, donuzda 8 l, itdə 0,3 l-ə qədər olur. Bu şirə rəngsiz, şəffaf, zəif qələvi reaksiyalı (pH 7,3 – 8,0) mayedir. Onun 90%-i su və qalanı quru maddədir. Sonuncunun tərkibi zərdab zülallarından, peptidlərdən, aminturşularından, yağlardan, sabunlardan, natrium-xloriddən, kalsium-xloriddən, natrium-hidrokarbonatdan, natrium-hidrofosfatdan və başqa maddələrdən ibarətdir. Duzlardan çoxunu (0,7%) natrium-hidrokarbonat təşkil edir.

Mədəaltı vəzinin şirəsindəki fermentlərdən tripsinin, ximotripsinin, elastazanın, karboksipolipeptidazanı, protaminazanı, dipeptidazanı, nukleazanı (ribonukleaza, dezoksiribonukleaza), lipazanı, amilazanı, maltazanı, laktazanı və invertazanı göstərmək olar.

Pankreas şirəsinin sekresiyasında xlorid turşusunun rolu böyükdür. Bu turşu onikibarmaq bağırsağa daxil olaraq, prosekretini fəallaşdırır və sekretinə çevirir. Sonuncu sorularaq, pankreas vəzinə hormonal təsir göstərir və onun şirə ifrazını artırır. Mədəaltı vəzinin şirə ifrazını yağlar, onların sabunlaşma məhsulları, su, spirt və başqa amillər də sürətləndirir.

Pankreas şirəsinin əsas fermenti tripsindir. Bu ilk dəfə A. Y. Danilevski tərəfindən ayrılımışdır. Tripsinogen qeyri-fəal formada əmələ gəlir. Bağırsağ şirəsindəki enterokinazanın təsiri ilə fəallaşaraq tripsinə çevrilir. Tripsin tipik qlobulindir. Mühitin pH-ı 8 – 9 olduqda, hətta neytral və zəif turş mühitdə də fəal olur. Bu ferment peptidlərdə lizin və arginin karboksil qrupları hesabına yaranmış peptid, amid və efir rabitələrini hidroliz edir. Efir və amid rabitələri, peptid rabitəsinə nisbətən sürətlə parçalanır.

Tripsin peptid rabitəsinin təxminən 30%-ni parçalayır. Bu fermentin təsiri ilə zülallar polipeptidlərə və qismən aminturşularına hidroliz olunur.

Ximotripsin qeyri-fəal ximotripsinogen şəklindədir. Bu ferment az miqdarda tripsinin təsirindən fəallaşır.

Ximotripsin üç formada: alfa-, betta-, qamma- ximotripsin şəklində olur. Bu ferment pepsin və tripsinin təsirindən parçalanmış zülalları peptidlərə və sərbəst aminturşularına qədər hidroliz edir. Ximotripsində tripsin kimi efir və amid rabitələrini də parçalayır, lakin tripsinə nisbətən az fəaldır. Mühitin pH-ı 7 – 9 olduqda fəallaşır.

Elastaza ferment kompleksi olub, elastini, kollageni və mukoproteidləri parçalayır. Bu ferment kompleksi mühitin pH-ı 7,4 – 8,7 olduqda fəaldır.

Karboksipeptidaza qlobulin təbiətli maddə olub, tipik peptidazdır. Polipeptidləri sərbəst karboksil qrupu tərəfindən amin turşularına parçalayır.

Dipeptidaza dipeptidləri sərbəst aminturşularına ayırır.

Protaminaza yalnız protaminləri hidroliz edir.

Nukleazalar (və ya polinukleotidazalar) nuklein turşularını mononukleotidlərə: ribonukleotidlərə və dezoksiribonukleotidlərə qədər parçalayır.

Lipaza yağların hidrolizini sürətləndirən fermentdir. Bunun fəallığını öd, sistein, tioqlikol turşusu və kalsium duzları artırır. Bu ferment pH 8 olduqda fəal olur.

Amilaza mürəkkəb karbohidratların (nişasta, qlikogen və dekstrinlərin) maltozaya kimi parçalanmasını sürətləndirir. Bu çox fəal fermentdir, pH 7 olduqda qüvvətli təsir göstərir, öd fəallığını artırır.

Maltaza amilazanın təsirindən əmələ gəlmiş maltozanı qlü-

kozaya qədər parçalayır. Laktaza əsas etibarilə cavan heyvanlarda süd şəkərini qlükozaya və qalaktozaya parçalayır.

İnvertaza isə saxarozanı qlükoza və fruktozaya qədər hidroliz edir.

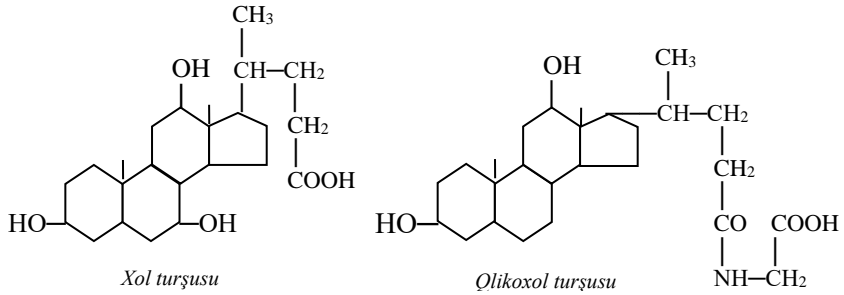
Bağırsaq həzmində qaraciyərin sekresiyası olan ödün də rolu böyükdür. Sutkada diri çəkisinin hər kiloqramına at 10 – 12 ml, qaramal 5 – 15 ml, qoyun 20 – 40 ml, donuz 36 – 56 ml öd ifraz edir.

Öd 2 cür olur. Qaraciyər axarlarından alınan ö d q a r a c i y ə r ö d ü, öd kisəsininki isə k i s ə ö d ü adlanır. Bunların kimyəvi tərkibi eynidir, yalnız quru maddənin miqdarına görə fərqlənir. Kisə ödündə quru maddə 9 – 20%, qaraciyər ödündə isə 1 – 5% arasında dəyişir. Öd bulanlıq, qatı, müxtəlif rəngli, acı zəif iyli mayedir. Xüsusi çəkisi 1,02 – 1,04 arasında olur. Ödün quru qalınlığını öd piqmentləri (bilirubin, biliverdin), öd turşuları, mutsin, xolesterin, fosfatidlər (lesitin) və yağlar təşkil edir. Öddə sidik cövhəri, sidik turşusu, purin əsasları, fermentlər (amilaza, proteaza, lipaza), sulfatlar, xloridlər, karbonatlar, fosfatlar, natrium, kalium, kalium və maqneziumun duzları, karbon qazı, oksigen də vardır.

Öd turşuları (xol, dezoksixol və litoxol turşuları) quruluşca xolesterinə yaxın olub, xolan turşusunun törəmələridir. Bunlar öddə qlikokol, taurin və s. maddələrlə cüt birləşmələr (qlikoxol, tauroxol, qlikodezoksixol, taurodezoksixol turşuları) şəklində olur. İnsanda öd turşularınının 70%-ə yaxınını qlikoxol, qalanını tauroxol turşuları təşkil edir.

Müxtəlif heyvanların ödündə də ayrı-ayrı öd turşuları eyni miqdarda olmur. Qaramalın ödündə xol turşusu çox. Dezoksixol turşusu az olur.





Öd turşuları məhlulların səthi gərilməsinə azaldır, yağları emulsiyalaşdırır, onların parçalanmasına şərait yaradır, irimolekullu yağ turşuları ilə birləşərək, komplekslər əmələ gətirir, onları həll olan şəkildə keçirib asan sorulmasına şərait yaradır. Öd turşuları proteolitik fermentlərin zülallara təsirini də qüvvətləndirir. Öd daşlarının əmələ gəlməsi öddəki xolesterinin çökməsi ilə əlaqədardır. Bağırsağ həzmində nazik bağırsağın libergün vəzilərinə istehsal olunan şirədə iştirak edir.

Bağırsağ şirəsi qələvi reaksiyalı (pH 8,2 – 8,7), xüsusi çəkisi 1,005–1,015 olan qatı mayedir. Onun sutkalıq miqdarı qoyunlarda 3 litrə çatır, qaramal və atda daha çoxdur.

Bağırsağ şirəsi fermentlərlə zəngindir. Onlardan aminopolipeptidaza, dipeptidaza, iminopeptidaza, prolinaza, arginaza, nukleaza, nukleotidaza, nukleozidaza, fosfataza, lipaza, leşitinaza (fosfolipaza), amilaza, invertaza, laktaza, maltaza və enterokinazaları göstərmək olar.

Aminopolipeptidaza polipeptidləri sərbəst amin qrupları tərəfindən parçalayan fermentdir. Dipeptidazalar yalnız dipeptidlərin hidrolizini sürətləndirir. Bunların fəallığını maqnezium və manqan ionları, sistein artırır.

Prolinaza prolinin sərbəst amin qrupunu saxlayan peptidləri parçalayır. Bağırsağ şirəsində yuxarıda göstərilən fermentlərdən

başqa mutsın, zərdab zülalları, yağlar və müxtəlif duzlarda (natrium-xlorid, natrium-karbonat və s.) vardır.

### **8.3 Müxtəlif heyvanlarda həzmin biokimyasının xüsusiyyətləri**

Gövşəyən heyvanlarda (qaramal, camış, qoyun, keçi, zebu və s.) qidanın həzmi başqa heyvanlardan (at, donuz, it və s.) fərqlənir. Bu da onlarda mədə önlüklərinin (işgənbə, torcuq və kitabça) və sonuncularda milyardlarla mikroorqanizmlərin varlığı ilə əlaqədardır. Ona görə də onların nəcisinin təxminən 25 – 30%-ni mikroorqanizmlər təşkil edir.

Mikroorqanizmlər yemlərdə olan karbohidratları (nişasta, sellüloza və s.), yağları, fosfatidləri, zülalları parçalayaraq müxtəlif yağ turşularına (sirkə, propion, yağ, valerian süd turşuları), müvafiq aldehidlərə, ketonlara, spirtlərə çevrilir. Bu zaman metan, karbon qazı, hidrogen, ammoniyak, hidrogen-sulfid, merkaptan və s. qazlar da əmələ gəlir. Zülallar aminturşularına, fenola, parakrezola, indola, skatola, hidroxinona, paraoksifenilsirkə və paraoksifenilpropion turşularına, aromatik aldehidlərə parçalanır.

Sellüloza və başqa şəkərlərin mikroorqanizmlər tərəfindən (sellülozanın, sellobiyanın və s. təsirindən) parçalanması nəticəsində sirkə, propion, yağ və süd turşuları əmələ gəlir. Bundan isə energetik material kimi, yağların və karbohidratların sintezində istifadə olunur. Mikroorqanizmlər çoxalaraq, sadə azotlu maddələrdən: ammoniyakdan, karbamiddən və s.-dən tərkibində əvəzedilməyən aminturşuları (lizin, triptofan, valin, fenilalanin və s.) olan zülallar sintez edir.

Mikroorqanizmlər özləri həzm prosesinə uğrayaraq, zülal-

ları aminturşularına qədər parçalanır, qana sorulur və orqanlara aparılaraq toxuma və süd zülallarının sintezində istifadə olunur. Gövşəyən heyvanlar mikrobların sintez etdiyi vitaminlərdən (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; B<sub>6</sub>; B<sub>12</sub>; PP; K – vitaminləri, biotin, pantoten, fol turşusu və s.) də istifadə edir.

Mədə önlüklərindən həzmdə böyük əhəmiyyəti olan işkənbədir. İşkənbənin tutumu qaramalda 100 – 300 l, qoyunda 4 – 10 l olur. Bunun möhtəviyyatı zəif turş reaksiyaya malikdir, buferlik xassəsi var, mikroblarla zəngindir. İşkənbə möhtəviyyatının 1 qramında 10<sup>10</sup> mikrob və bəsit orqanizmlər (streptokoklar, süd turşusu qıvcırması apararı, sellülozanı parçalayan mikroblar, spiroxetlər, infuzoriyalar və s.) olur.

İşkənbədə daimi mikrobların təsirindən yemlərin parçalanma məhsulları: karbon qazı, metan, hidrogen, hidrogen-sulfid, sirkə, propion, süd, qarışqa, valerian və kapron turşuları vardır. Göstərilən turşulardan çoxluğu (50%-ə qədər) sirkə turşusu təşkil edir. Gövşəyən heyvanlar quru otla yemləndirildikdə və otlaq şəraitində işkənbədə uçucu yağ turşularının miqdarı kəskin artır. Bunlar da qana sorularaq maddələr mübadiləsində: qlikogenin və yağların sintezində istifadə olunur. Lakin uçucu yağ turşularının bir qismi ağız suyu ilə sutka ərzində işkənbəyə tökülən 300 – 350 qr natrium-hidrokarbonatla neytrallaşdırılır.

İşkənbə möhtəviyyatının reaksiyası yemin xüsusiyyətindən asılı olaraq, 6,0 – 7,6 arasında dəyişir.

İşkənbədə əmələ gələn qazların miqdarı yemləmədən sonra çoxalır və qaramalda 1 saatda 25 – 35 l-ə çatır. Bunların içərisində çoxluğu təşkil edən karbon qazı, hidrogen-sulfid və metandır. Hidrogen və azotun miqdarı az olur. İşkənbədə azotun miqdarı keçidə (10,6%) qoyundan (1,2%) çoxdur. Bütün heyvanlarda karbon qazı metandan artıqdır. Aclıq zamanı, timpanitlərdə əksinə

olur, yəni karbon qazı azalır və metan isə çoxalır. Yemin tərkibindən asılı olaraq işkənbədə qazların nisbəti dəyişir.

İşkənbədə yemin zülalları mikrobların təsiri ilə parçalanır və çoxlu miqdarda ammoniyak əmələ gəlir. Bunun nəticəsində zəhərlənmə baş verir. İşkənbə möhtəviyyatında zülallar parçalandığı üçün azotun əsas formalarına: zülal, qalıq, ammonium azotlarına rast gəlinir. İşkənbədə aminturşularını da mikroblar sintez edir. Qoyun karbamidlə yemləndirildikdə işkənbədə 10 aminturşusunun varlığı müəyyənləşdirilmişdir (Lusli).

İşkənbədəki mikroblar amidlərdən, ammonium duzlarından və s. azotlu birləşmələrdən zülal da sintez edir.

Şırdanda mikroorqanizmlər məhv olur və həll olunur. Bu zaman onların bədənindəki qiymətli zülallar sərbəstləşir və istifadə olunur.

İşkənbədə mikoblar qlikogeni, bəzi vitaminləri: tiamin, riboflavin, askorbin turşusu, biotin, piridoksin, siankobalamin, fol turşusu, nikotinamid, pantoteni sintez edir.

İşkənbədə karbohidratların qıvcırması nəticəsində çoxlu miqdarda turşular (xüsusən sirkə, propion və yağ turşuları) əmələ gəlir. Bu turşulardan ən yaxşı sorulmanı sirkə turşusunun duzlarıdır. Ən zəif sorulmanı isə yağ turşusudur. Sorulmanın sürəti mühitin reaksiyasından asılıdır. Zəif turş mühitdə sorulma sürətlə gedir.

Uçucu yağ turşularının istifadəsi hesabına orqanizmin enerjiyə olan ehtiyacı 40% ödənilir. Bu turşulardan yağların və karbohidratların sintezi üçün də istifadə olunur. Toxumalar yağ turşuları və xolesterin sirkə turşusundan və onun törəmələrindən sintez edilir (Şenheymer və Rittenberq, 1937). Mədə önlüklərindən qana keçmiş sirkə turşusunun 50%-i süddə yağların sintezinə sərf olunur (Popyaq, 1951). Bu məqsəd üçün yağ turşusundan istifadə edilə bilər. Propion turşusu isə qliserinin və qlükozanın

əmələ gəlməsinə sərf edilir.

Uçucu yağ turşuları nəinki sellülozadan, eyni zamanda nişastadan, pentozonlardan, hemisellülozadan da əmələ gəlir. Sirkə turşusu yemin zülalından da yaranır. Yağ turşusu isə əsas etibarilə qlükozanın, az miqdarda isə sellülozanın qıvcırma məhsuludur.

Torcuq və kitabçada da işkənbədəki mikroorqanizmlər olur. Torcuğun möhtəviyyatının reaksiyası zəif turş (pH 6,5 – 7,0), kitabçanınkı isə zəif qələvidir (pH 7,0 – 7,8).

Mədə önlüklərinin fəaliyyəti pozulduqda ketozlar baş verir, qanda keton cisimləri: asetosirkə, ketoyağ turşuları, aseton və s. məhsullar müşahidə edilir.

Gövşəyən heyvanlarda olduğu kimi atlarda da həzm prosesi bəzi xüsusiyyətlərə malikdir. Atda mədənin tutumu 10 – 15 l olur. Mədə möhtəviyyatının reaksiyası 1,1 – 6,8 arasında dəyişir, pilorik hissəyə nisbətən dibində turşuluq artıqdır.

Mədə möhtəviyyatında karbohidratları süd turşusuna qıvcırdan mikroblar çox olduğundan orada daimi süd turşusuna təsadüf edilir. Başqa qıvcırdıcı mikroblar da olduğundan sirkə və yağ turşuları, karbon qazı, hidrogen, azot da əmələ gəlir.

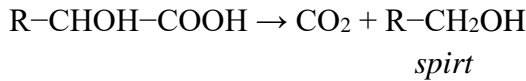
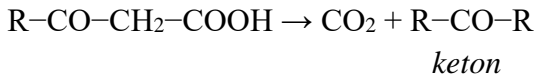
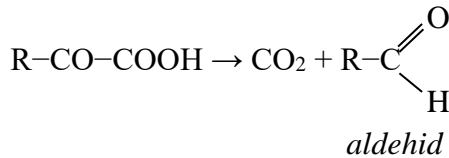
Atın mədəsində yemin öz fermentlərinin təsiri ilə nişasta qlükozaya parçalanır. Yem kütləsinin zülalları da özünün proteolitik fermentlərilə müəyyən dərəcədə polipeptidlərə və aminturşularına qədər hidroliz olunur.

Atın nazik bağırsağında mikroorqanizmlər az olduğundan yemlər az parçalanır. Bağırsaqda qidanın parçalanması mədəalti vəzinin və bağırsaq şirələrinin fermentlərinin təsiri ilə gedir.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının yoğun bağırsağında qıvcırma çox zəif olur, əsas çürümə prosesləri yaranır. Kor və qalça bağırsaqlarda sellüloza və pentozanların parçalanması, sonrakı

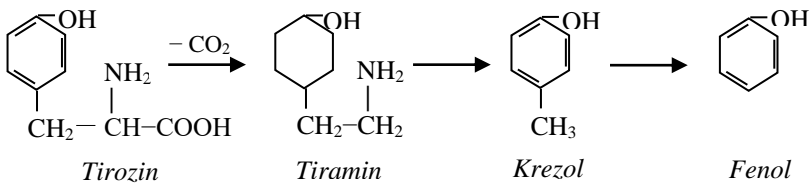
şöbələrdə zülalların çürüməsi üstünlük təşkil edir. Mikrobların (streptokoklar və s.) fermentləri yemlərdəki zülalları aminturşularına, onları isə daha bəsit zəhərli maddələrə qədər parçalayır.

Mikrobların təsiri ilə aminturşularının müxtəlif yollarla aminsizləşməsindən ammonyak, doymuş və doymamış turşular, oksiturşular və ketoturşular əmələ gəlir. Zülalların oksidləşmə-reduksiyalaşma məhsulları aldehidlərə, spirtlərə, fenollara və s. birləşmələrə çevrilir. Dekarboksilləşmədən toksiki təsirli aminlər, karbon qazı və başqa maddələr əmələ gəlir. Ketoturşular dekarboksilləşərək aldehid və ketonlara, alfaoksiturşular isə spirtlərə çevrilir.

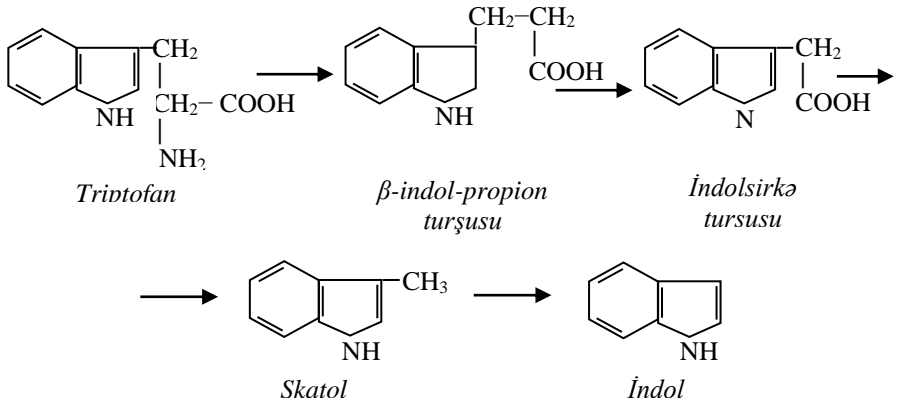


Mikrobların təsirindən oksidləşmə, reduksiyalaşma, metilləşmə, metilsizləşmə və s. proseslərdə törənir.

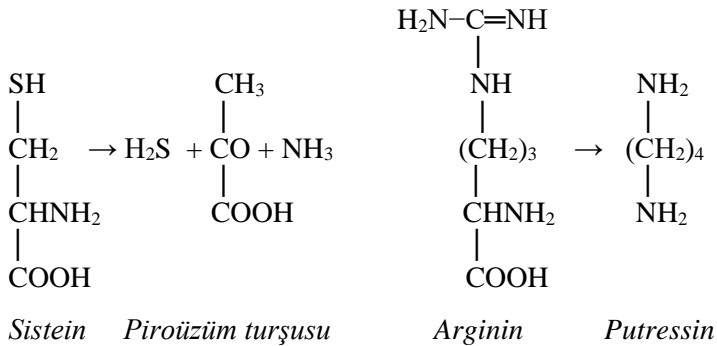
Bağırsaqlarda çürümə prosesində tirozin dekarboksilləşmək və aminsizləşməklə krezol və fenola çevrilir:



Triptofan aminsizləşdikdə və dekarboksilləşdikdə skatol və indol əmələ gəlir.



Çürümə prosesində sistin və sisteindən xoşa gəlməyən iyli tiospirtlər (merkaptanlar: aminoetilmerkaptan  $-\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ , metilmerkaptan  $-\text{CH}_3\text{SH}$  və s.), hidrogen-sulfid, metan, karbon qazı və ammonyak, arginin və ornitindən isə putressin əmələ gətirir.



Heyvanlarda həzm pozulduqda çürümə prosesləri sürətlənir. Bu zaman əmələ gələn zəhərli məhsullar qana keçib orqanizmi

zəhərləyir. Belə hallar heyvanlar keyfiyyətsiz yemlərlə yemləndirildikdə müşahidə olunur.

## **8.4 Həzm kanalından maddələrin sorulması**

Qida maddələri həzm prosesində öz tərkib hissələrinə parçalandıqdan sonra həzm orqanlarından, xüsusən nazik bağırsaqdan sorularaq, qana keçir. Maddələrin 70 – 80 %-i nazik bağırsaqdan qana sorulur. Nazik bağırsağın selik təbəqəsindəki çoxlu xovlar ( $1 \text{ sm}^2$  2000 - 2500) onun səthini 20 – 25 dəfə artırır və bununla da qana sorulmanı asanlaşdırır.

Karbohidratlar monosaxaridlər (qlükoza, qalaktoza, fruktoza və s.) şəklində qana sorulur. Disaxaridlər çox olduqda müəyyən hissəsi parçalanmadan da sorula bilər.

Monosaxaridlər növündən, quruluşundan və s.-dən asılı olaraq, eyni dərəcədə sorulmur. Qana ən yaxşı sorulan qalaktoza və qlükozadır. Arabinozanın sorulması zəifdir. Bunlar (qlükoza, qalaktoza və feuktoza) bağırsağın divarında fosforlaşaraq, birbirinə çevrilə bilər. Bu da onların sorulmasını asanlaşdırır. Beləliklə, fosfatlar monosaxaridlərin sorulmasını sürətləndirir.

Yağlar qliserin və yağ turşuları şəklində qana sorulur. Onlar az miqdarda yaxşı emulsiyalaşdıqda parçalanmadan da qana sorula bilər. Ərimə temperaturu yüksək olan yağların emulsiyalaşması və sorulması çətin olur. Ona görə də bitki yağları hidroliz olunmadan 98%, tristearinlər isə 15% sorulur. Qliserin suda yaxşı həll olunduğundan asan, yağ turşuları isə pis həll olunduğundan çətin sorulur. Öd turşuları bunlarla müxtəlif nisbətdə (1:4; 2:7; 3:8; 4:9 və s.) mürəkkəb komplekslər əmələ gətirərək, həll olan şəkllə keçirir və sorulmanı sürətləndirir. Bu komplekslər (xolein



turşuları) sorulduqdan sonra parçalanır. Yağ turşuları bağırsağın epiteli toxumasında qalaraq orqanizmdə yağların sintezi üçün istifadə olunur. Öd turşuları isə qanla qaraciyərə gedib, ödə keçir və yenidən bağırsağa qaydır, yağ turşularının sorulmasında təkrar iştirak edir. Yağ turşularının sorulması fosfat turşusu ilə də stimullaşdırılır.

Bağırsağın selik təbəqəsində yağ turşuları qliserinlə birləşərək yağlara da çevrilir. Sonra əsasən limfa sisteminə və qismən (təxminən 20 – 30%) kapilyar qan damarlarına keçir.

Zülallar aminturşuları şəklində qana sorulur. Yemlə zülal çox qəbul edildikdə az hissəsi parçalanmadan da sorula bilir. Bağırsağın selik təbəqəsində aminturşularından müəyyən dərəcədə polipeptidlərin sintezi üçün də istifadə edilir.

Su bütün həzm orqanlarında, xüsusi ilə bağırsaqdan sorulur. Sutka ərzində qaramalın bağırsağından 100 l-ə, donuzda isə 25 l-ə qədər su sorula bilər. Bu da bağırsağ möhtəviyyatının osmos təzyiqindən, orada duzların qatılığından və s.-dən asılıdır.

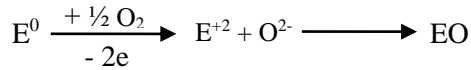
Duzlardan xörək duzu və kalium-xlorid asan, suda zəif həllolan duzlar (natrium sulfat, maqnezium sulfat) isə ləng qana sorulur. Fosfat və karbonat turşularının kalsium və maqnezium duzlarının sorulması daha da zəif olur. Dəmir, yod və s. elementlərin duzları isə mürəkkəb üzvi birləşmələr (tiroksin, askorbinat və s.) şəklində asan sorulur.

## 8.5 Bioloji oksidləşmə

Hələ XVIII əsrin ikinci yarısında M. V. Lomonosov və A. L. Lavuazyə sübut etmişlər ki, yanma yanan maddənin havanın oksigeni ilə birləşməsidir. Üzvi maddə yandıqda karbon qazı və su

əmələ gəlməklə, sərbəst istilik enerjisi də ayrılır. İnsanların və heyvanların tənəffüsü də bunun eynidir. Orqanizmə daxil olmuş havanın oksigeni hüceyrələrdəki maddələri karbon qazı və suya qədər oksidləşdirir, enerji ayrılır. Son iki əsr ərzində bioloji oksidləşmənin bir çox cəhətləri: fermentlərin iştirakı, mərkəzi sinir sisteminin, hormonların, vitaminlərin rolu, enerjinin çevrilmələri və s. öyrənilmişdir. Bioloji oksidləşmə bütün toxumalarda getdiyindən toxuma tənəffüsü və ya oksidləşməsi də adlanır.

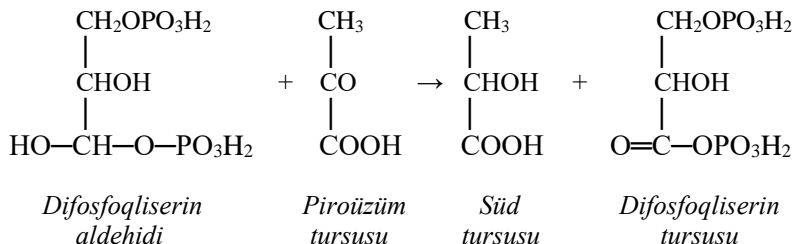
Əvvəllər toxuma tənəffüsünə oksidləşən maddəyə oksigenin birləşməsi kimi baxırdılar. Oksigenin çıxmasını isə maddənin reduksiya olunması hesab edirdilər. Elmin son nailiyyətləri bu anlayışı dərinləşdirmişdir. Oksidləşmə maddə atomunun elektron verdiyini, reduksiyalaşma isə onun qəbul edilməsini göstərir.



Ona görə də oksidləşmiş atomun mənfi yükü azalır və ya müsbət yükü çoxalır. Neytral atomlar oksidləşdikdə müsbət yüklü ionlara çevrilir. Oksidləşmə reaksiyalarında elektronların verilməsi ilə müsbət, reduksiyalaşmada isə elektronların birləşməsi ilə mənfi yüklülük çoxalır.

Oksidləşmə və reduksiyalaşma reaksiyaları həmişə birlikdə gedir, qarşılıqlı əlaqədədir və biri digərini tamamlayır. Odur ki, oksidləşmə-reduksiya prosesi iştirak edən bütün maddələrlə birlikdə oksidləşmə-reduksiya sistemi adlanır.

Bioloji sistemlərdə də oksidləşən maddə elektron və ya proton (məsələn: hidrogün ionu) verməklə donor, reduksiyalaşan maddə isə elektron və ya proton almaqla akseptor adlanır.



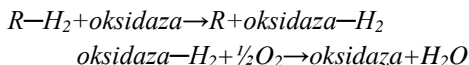
Bu reaksiyada difosfoqliserin aldehidi özündən iki hidrogen ionu verməklə oksidləşərək difosfoqliserin turşusuna, piroüzüm turşusu isə özünə iki hidrogen ionu birləşdirməklə reduksiya olunaraq süd turşusuna çevrilir. Beləliklə, difosfoqliserin aldehidi *d o n o r*, piroüzüm turşusu isə *a k s e p t o r* rolunu oynayır.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının əksəriyyəti, yanma prosesi kimi enerji ayrılması ilə gedir.

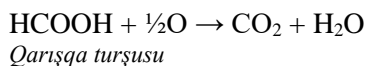
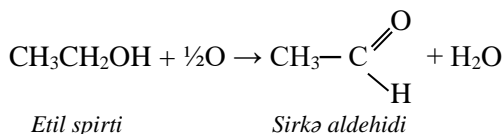
## 8.6 Bioloji oksidləşmənin mexanizmi

Bioloji oksidləşmə prosesinin mahiyyətini izah edən bir sıra nəzəriyyələr mövcuddur. Onlardan birincisi keçən əsrin axırları və XX əsrin əvvəllərində (1908 – 1912-ci illərdə) meydana gəlmiş V. İ. Palladin və Villand nəzəriyyəsidir.

V. İ. Palladin nəzəriyyəsinə görə bioloji oksidləşmənin əsasını oksidləşən maddənin hidrogensizləşməsi, yəni onun molekulundan hidrogen atomunun ayrılması təşkil edir. Ayrılan hidrogen atomu oksigenə birləşərək su əmələ gətirir. Burada oksigen akseptor rolunu oynamaqla, ikinci dərəcəli əhəmiyyətə malikdir. Bu reaksiya oksidazalarla kataliz olunmaqla, sxematik belə göstərilir:



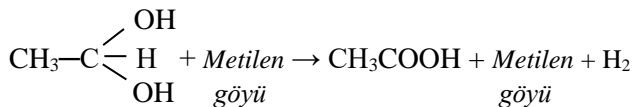
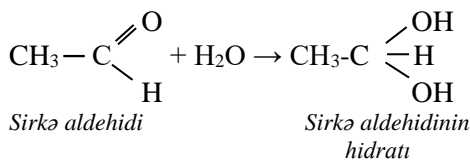
Buna misal spirtlərin və turşuların oksidləşməsini göstərmək olar.



Deməli, oksidləşmənin son məhsulları su və karbon qazıdır.

Bu aerob oksidləşmədir, yəni oksigenin iştirakı ilə gedir.

Viland V. İ. Palladinin fikrini inkişaf etdirməklə təcrübələrlə konkretləşdirilmişdir. O, sübut etmişdir ki, müxtəlif maddələrin, o cümlədən sirkə aldehydinin oksidləşməsi mürəkkəb proses olub, əvvəlcə suyun birləşməsi ilə onun hidratına çevrilir. Sonuncu isə metilen göyünün iştirakı ilə hidrogenizləşməklə oksidləşir.

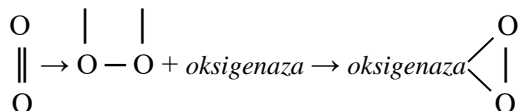


Bu anaerob oksidləşmə sayılır. Çünki oksidləşmə oksigenin iştirakı olmadan gedir.

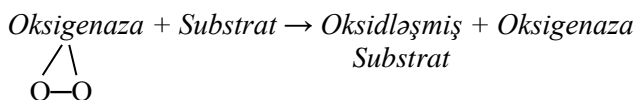
Keçən əsrin 30-cu illərində D. Keylin tərəfindən sitixromların və O. Varburq tərəfindən sitoxromoksidazanın müəyyən edilməsi ilə Palladin-Varburq nəzəriyyəsi yeni məlumatlarla

zənginləşdirilmişdir. Bioloji oksidləşmə zamanı nəinki oksidləşən maddə özündən hidrogen ayırır, hətta onunla birləşən oksigendə tərkibində dəmir saxlayan fermentlərlə və piqmentlərlə (sitoxromlarla) fəallaşdırılır. Hidrogensizləşmə və oksigenin fəallaşması prosesləri birlikdə gedir.

Palladin-Viland nəzəriyyəsiindən başqa keçən əsrin axırında toxumalarda maddələrin bilavasitə oksidləşməsi nəzəriyyəsi də irəli sürülmüşdür. Bu nəzəriyyədə əsas yer oksigenin fəallaşmasına verilir. Orqanizmdə oksigenin fəallaşmasının mümkünlüyü ilk dəfə Şenbeyn tərəfindən söylənilmişdir. Lakin oksigenin fəallaşması nəzəriyyəsinin əsaslı izahını 1897-ci ildə akademik A. N. Bax vermişdir. Onun fukrincə bioloji oksidləşmənin əsasını üzvi peroksidlərin əmələ gəlməsi təşkil edir. Bunun üçün oksigen molekulunun valentləri sərbəstləşərək, oksigenaza ilə birləşir, peroksid əmələ gətirir.



Peroksid davamsız olduğundan peroksidazanın iştirakı ilə asanlıqla parçalanıb özündən fəal oksigen ayırır. Sonuncu isə oksidləşəcək maddəni (substratı) oksidləşdirir. Reaksiya sxematik belə yazılır:



Beləliklə, hüceyrələrdə oksigen peroksidlərin əmələ gəlməsi yolu ilə istifadə olunur. Ona görə də A. N. Baxın nəzəriyyəsi oksidləşmənin peroksid nəzəriyyəsi və ya A. N. Bax nəzəriyyəsi adlanır. A. N. Bax nəzəriyyəsi yalnız bitkilərdə bir sıra oksid-

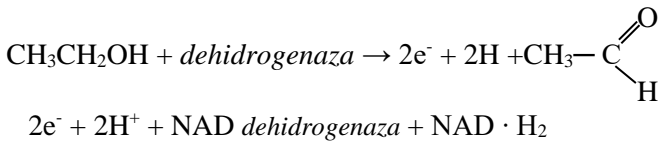
ləşmə proseslərinin mexanizmini izah etməyə imkan verir.

Bioloji oksidləşmənin mahiyyətini başa düşmək üçün onun ayrı-ayrı mərhələlərində iştirak edən fermentlərlə: dehidrogenazlarla, flavin fermentlərlə, sitoxrom sistemi ilə, oksidazlarla, peroksidazlarla və katalazlarla tanış olunmalıdır.

Dehidrogenazlar oksidləşən maddədən elektronların və protonların alınıb, aralıq akseptorlara verilməsini kataliz edən fermentlərdir. Bu fermentativ prosesi bioloji oksidləşmənin birinci mərhələsi hesab etmək olar.

Müxtəlif maddələr: etil spirti, qlükoza, süd, limon, kəhrəba, alma turşuları və s. birləşmələr dehidrogenazların təsiri ilə hidrogen verməklə oksidləşir.

Dehidrogenazlar 2 qrupa: anaerob dehidrogenazlara və aerob dehidrogenazlara bölünür. Anaerob dehidrogenazlar oksigeniz mühitdə elektronların və protonların aralıq akseptorlara (NAD, NADF) köçürülməsini kataliz edir.

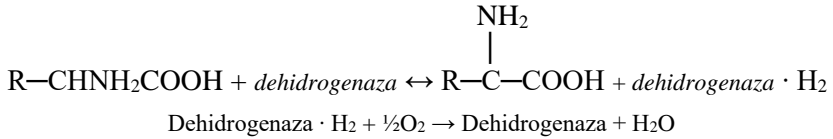


NAD<sup>+</sup> və NADF<sup>+</sup> oksidləşən substratdan ikielektronlu fermentativ köşürmə yolu ilə hidrid ionu (H<sup>-</sup>) qəbul edərək, onları bir-birinə və nəhayət molekulyar oksigenə verir.



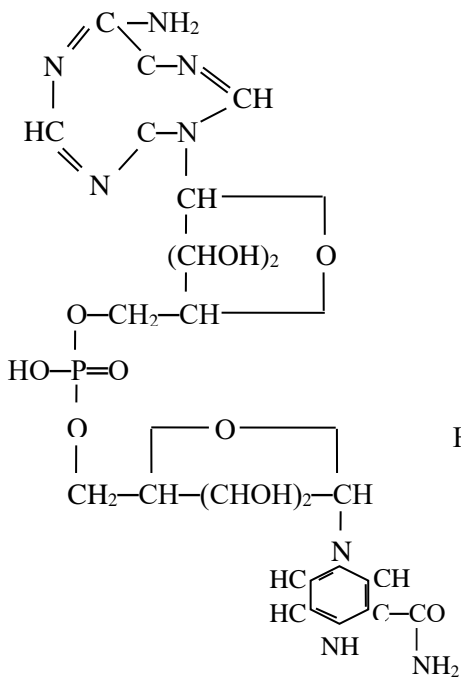
Nikotinamid nukleotidləri 250-dən artıq dehidrogenazanın kofermentidir.

Aerob dehidrogenazlar elektron və protonların birbaşa oksigenə verilməsini sürətləndirir.

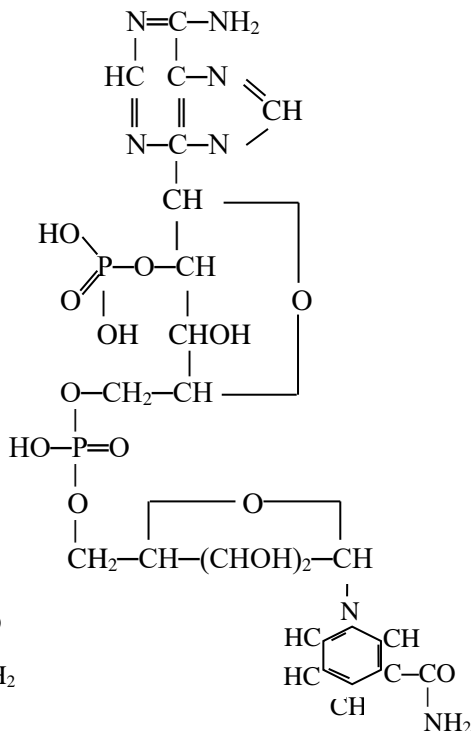


Anaerob dehidrogenazaların bəziləri elektronların sitoxrom sisteminin komponentlərinə verilməsini, digərləri isə piridin kofermentlərə köçürülməsini kataliz edir. Piridin kofermentləri tərkibində iki və üç fosfat turşusunun qalığını saxlayan piridin dinukleotidləridir. İki fosfat turşusunun qalığını saxlayan dinukleotid: nikotinamiddən, ribozofosfatdan və adenil turşusundan ibarət olub, nikotinamidadenin dinukleotid (NAD) adlanır. Tərkibində üç fosfat turşusunun qalığını saxlayan dinukleotidə isə nikotinamidadenin dinukleotidfosfat (NADF) deyilir.

Orqanizmin bütün hüceyrələrində NAD və NADF olur. Onlar yalnız hidrogen daşındığı mərhələdə fermentlə (apofermentlə) birləşmə halında, başqa vaxtlarda isə sərbəst halda olur. NAD·H<sub>2</sub>-nin tərkibindəki hidrogen atomlarının oksigenlə birləşmə qədər keçdiyi bioloji oksidləşmə yolu bir sıra aralıq mərhələlərdən ibarətdir. Bu proses müxtəlif hidrogen daşıyıcı kofermentlərin iştirakı ilə həyata keçir. Dehidrogenazaların vasitəsilə NAD molekulunda birləşdirilən hidrogen atomları (daha doğrusu – elektronlar) növbə ilə bütün aralıq daşıyıcıların tərəfindən tutulur. Aralıq daşıyıcıların hər biri hidrogen atomlarının müvəqqəti olaraq saxladıqdan sonra özündən sonra gələn daşıyıcıya ötürür. Oksidləşmə zəncirindəki sonuncu hidrogen daşıyıcısı isə hidrogen atomlarını oksigenlə birləşdirir.

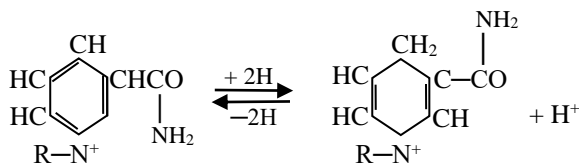


Nikotin adenindinukleotid  
(NAD)



Nikotin adenindinukleotid  
fosfat  
(NADP)

NAD və NADP-in fəal qrupu nikotinamididir. Sonuncu iki atom hidrogeni özünə birləşdirmək və ayırmaqla oksidləşmə-reduksiya reaksiyasında iştirak edir. Bu zaman hidrogenin biri ion halında məhlulda qalır.





NADF, NAD-dan adenil turşusundakı ribozanın ikinci karbonun yanında əlavə fosfat turşusu qalığının olması ilə fərqlənir.

Dehidrogenazaların nümayəndələri substrata görə adlanır. Məsələn, aminturşularının dehidrogenazaları, sidik turşusunun dehidrogenazası, laktadehidrogenaza, triozofosfatdehidrogenaza və s.

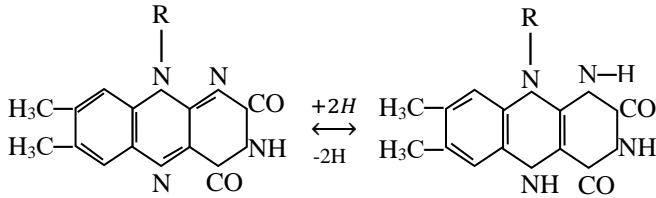
NAD və NADF elektron və protonların universal toplayıcılarıdır.

NAD toxumalarda ən çox oksidləşmiş formada, NADF isə reduksiya olmuş formada (NADF, H<sub>2</sub>) olur. Sonuncunun miqdarı birinciyə nisbətən azdır. Ona görə də NAD ən çox hidrogenin akseptoru, NADF isə donoru rolunu ifa edir.

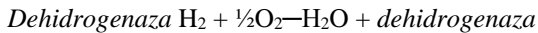
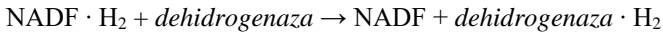
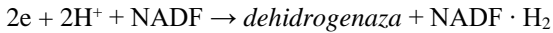
Dehidrogenazalar heyvan hüceyrələrinin ən çox mitoxondriyalarında, qismən mikrosomlarda, hialoplazmada və nüvədə toplanır. Bunlar hüceyrənin quruluş elementləri ilə zəif birləşdiyindən asanlıqla ayrılır.

Flavin fermentləri reduksiya olmuş piridin kodehidrogenazalarından (NAD · H<sub>2</sub> və NADF · H<sub>2</sub>) hidrogen atomlarının bilavasitə və ya aralıq keçiricilərin köməyi ilə oksigenə verilməsini kataliz edir.

Flavin (flavus latınca – sarı deməkdir) fermentləri flavoproteidlərdən ibarət olub, tərkiblərində riboflavin saxladığına görə belə adlanır. Bunlar zülalla prostetik qrupun birləşməsindən əmələ gəlir. Prostetik qrup flavinadenin nukleotiddən (FAD) və ya flavinmononukleotiddən (FMN) ibarətdir. FAD riboflavinin ADF-lə birləşməsindən, FMN isə riboflavinin fosfat turşusu ilə birləşməsindən yaranır. Bunların hər ikisində fəal hissə izoalloksavinidir. Buna hidrogen asanlıqla birləşib, ayrılı bilər. Hidrogenin izoalloksavin hissəsinə birləşib ayrılması hər tərəfdən molekulun hetrotsiklik nüvə ilə əhatə olunmasıdır.



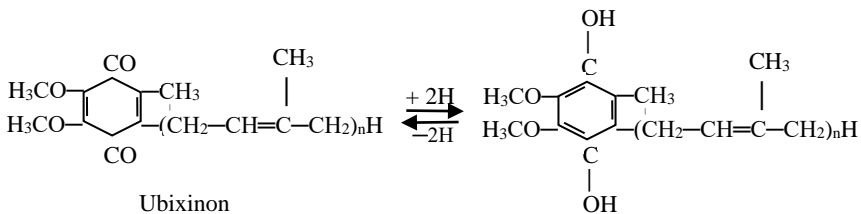
Flavin fermentləri aralıq katalizatorları rolunu daşıyan kofermentlərin: piridinnukleotidlərin olduqları şəraitdə təsir göstərir. Bioloji oksidləşmədə flavin fermentlərinin rolunu sxematik belə göstərmək olar:



Heyvan toxumalarında hidrogenin flavin fermentlərindən oksigenə verilməsində sitoxrom sistemi də iştirak edir.

Flavin fermentlərinə alfa-aminturşularının oksidazası, ksantinoksidaza, sitoxromreduktaza və s. aiddir.

Flavin fermentlərinin əsas nümayəndəsi sitoxromreduktazdır. Flavin fermentlərinin bəziləri (metalfalavoproteidlər) tərkibində metal da (dəmir, mis, molibden) saxlayır. Bunlar hidrogeni oksidləşən maddədən də bilavasitə çıxara bilir.



Flavin fermentləri hüceyrələrin mitoxondriyalarında yerləşir.

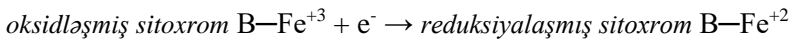
Toxuma tənəffüsündə flavinlərlə sitoxromlar arasında ubixinondan da istifadə olunur.

Ubixinon ilk dəfə öküz ürəyinin mitoxondriyalarından ayrılmışdır. O mitoxondriya lipoproteidlərinin tərkibinə daxil olur. Ubixinon fosforlaşma ilə getməyən tənəffüsdə əlavə komponent kimi iştirak edir. Sitoxrom sisteminin fermentləri sitoxromlar adlanır. Bunlar kimyəvi təbiətinə görə zülalların xromoproteidlər qrupuna mənsubdur. Sitoxrom yunan sözü olub, sitos – hüceyrə, zrom – boya deməkdir.

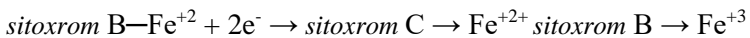
Üç qrup (A, B, C) sitoxrom məlumdur. Bunlardan yaxşı öyrəniləni C sitoxromudur. Bunun tərkibində bir hem molekulunun və qlobin zülalının qalığı vardır. Bunlar da bir-biri ilə tioefir rabitəsi ilə birləşmişdir. Molekul kütləsi 13 mindir, suda yaxşı həll olur.

Müxtəlif heyvanların (at, öküz, donuz, quş) sitoxromları polipeptid zəncirinin aminturşu tərkibinə görə fərqlənir.

Sitoxromlar oksidləşmiş və reduksiya olmuş formalarda olur. Bunların tərkibindəki dəmir çevrilmələr zamanı üçvalentli-dən ikivalentliyə və əksinə keçir. Sitoxrom oksidləşən maddədən elektron qəbul etdikdə üçvalentli dəmir reduksiya olunaraq, ikivalentli dəmirə çevrilir.



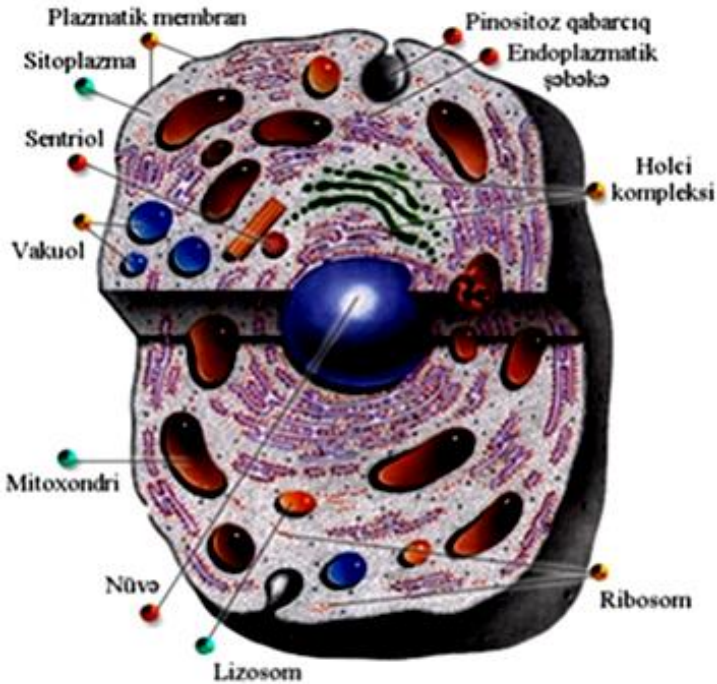
Reduksiya olmuş sitoxrom B qəbul olunmuş elektronları sitoxrom C-yə verərək, yenidən oksidləşmiş formaya keçir.



Beləliklə, sitoxromlar sistemi ardıcıl olaraq elektronları bir-birinə və nəhayət molekulyar oksigenə verir.

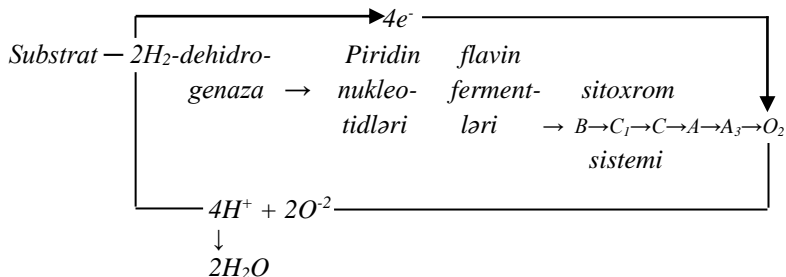
Müasir məlumatlara əsasən heyvan heceyrəsinin sitoxrom

sistemi 5 – komponentdən: B; C; C<sub>1</sub>; A və A<sub>3</sub> – sitoxromlardan ibarətdir. Bunlar mitoxondriyalarda olmaqla, onların divarındakı lipoproteidlərlə möhkəm birləşmişdir. Sitoxrom A<sub>3</sub> sitoxromoksidaza funksiyasını yerinə yetirir, qalanları isə elektronların aralıq keçriciləridir. Sitoxrom B və C<sub>1</sub>-də dəmir, sitoxrom A-da isə mis vardır.

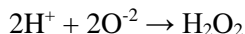
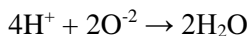


Şəkil 59. Hüceyrənin quruluş elementləri

Sitoxrom sistemi hüceyrədə bütün oksidləşmə proseslərini tamamlayır. Oksidləşən maddələrdən alınan elektron və protonların oksigenə verilməsini təmin edir. Bu da sxematik belə göstərilir:



Oksidləşən maddədən elektronları ona verməklə, fəal mənfi yüklü ionlara ( $\text{O}^{2-}$ ) çevirir. Bu ionlar isə oksidləşən maddələrdən oksidləşmənin ilk mərhələlərində elektronlarla birlikdə alınmış protonlarla asanlıqla birləşir. Nəticədə su və ya hidrogenperoksid əmələ gəlir.



Bütün bu proseslər mitoxondriyalarda enerjinin ayrılması ilə gedir. Beləliklə, sitoxrom sistemi bioloji oksidləşmə proseslərində çox böyük əhəmiyyətə malik olub, elektronların keçirilməsini və hüceyrələrdə müxtəlif maddələrin havanın oksigeni ilə oksidləşmələrini təmin edir.

Oksigen kifayət qədər olduqda oksidləşmə yuxarıda göstərilən qaydada gedir. Oksigen çatışmadıqda göstərilən sxem dəyişir. Sitoxrom sistemi elektronlarla və flavinadenin nukleotid (FAD) isə elektron və protonlarla zənginləşir. Elektron və protonların köçürülməsi dayanır. Reduksiyalaşmış NAD ( $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$ ) çox toplanır. Lakin oksidləşmə prosesi davam edir. Çünki  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$  oksidləşmə reaksiyalarının aralıq məhsulları olan alfa – ketoturşularla reaksiyaya girərək, onları reduksiya edir və alfa – oksiturşulara çevirir. Nəticədə NAD-ın oksidləşmiş forması (NAD) əmələ gəlir və oksidləşən maddədən hidrogen qəbul olunur. Ona

görə orqanizmdə oksigen çatışmadıqda (ağır fiziki işdə, hündür dağ şəraitində və s.) piroüzüm turşusu  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$  ilə reduksiya olunaraq süd turşusuna çevrilir və  $\text{NAD}$ -ın oksidləşmiş forması əmələ gəlir.

Beləliklə, karbohidratların oksidləşməsi davam edir. Lakin oksidləşmə sona çatmadığı üçün su və karbon qazı əmələ gəlməyib, toxumalarda süd turşusu çoxalır. Orqanizmin oksigenlə təminatı yaxşılaşdıqda süd turşusu yenidən su və karbon qazına kimi oksidləşir. Sonuncu üzvi turşuların dekarboksilləşməsi nəticəsində əmələ gəlir. Buna misal piroüzüm turşusunun dekarboksilləşməsini göstərmək olar.

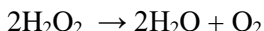
Peroksidazalar və katalazalar hidroperoksidazalara mənsub olub, toxuma oksidləşməsinin fermentləridir. Bunların tərkibi profirin halqası ilə spesifik zülalın birləşməsindən ibarətdir. Pofirin halqasında dəmir də vardır.

Oksidazalarda flavinnukleotidlər mövcuddur. Oksidazaların və dehidrogenazaların təsirinin ilk mərhələləri oxşardır. Hər ikisi oksidləşən maddədən hidrogen atomlarını çıxarır. Sonra oksidazadan hidrogen atomlarını yalnız oksigenə verir. Dehidrogenazalar isə akseptor olaraq flavin fermentlərindən istifadə edir. Oksidazalardan hidrogeni bilavasitə oksigenə verən aerob dehidrogenazalarda fərqlənir. Sonuncular oksidazalardan fərqli olaraq bu məqsədlə bəzi üzvi maddələrdən (metilen göyü) də mənimşəyir. Oksidazalara misal tirozinaza, sitoxrom oksidaza, dopaoksidaza və s. göstərilə bilər.

Katalazalar bütün heyvan toxumalarında, xüsusilə qaraciyərdə, böyrəklərdə və qanda olur. Bu fermentlər tərkibində 4 hemin qrupu saxlayan hemoproteiddir. Molekul kütləsi 240 – 250 min arasında dəyişir. Molekulunda 4 atom üçvalentli dəmir var.

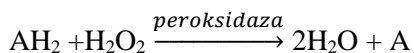
Katalazalar oksidləşmə proseslərində əmələ gələn hidrogen

peroksidi suya və molekulyar oksigenə parçalayır.



Bununla da hüceyrələri hidrogen-peroksidin toksiki təsirinə qoruyur.

Peroksidazalar bəzi maddələrin hidrogen-peroksidlə oksidləşməsini kataliz edir.



Peroksidazalar bütün heyvan toxumalarında, qanda (leykositlərdə) və süddə də vardır.

Heyvan hüceyrələrində karbohidratların və yağ turşularının parçalanmasını kataliz edən dehidrogenazalar, piridin kodehidrogenazaları və oksidazalar mitoxondriyaların daxili boşluğundakı möhtəviyyatda yerləşir. Bu fermentlər mitoxondriyaların skeleti ilə zəif birləşmişdir. Ona görə də su ilə asan ayrılır.

Flavin fermentləri mitoxondriyaların divarında və arakəsmələrin tərkibində olur. Onları mitoxondriyalardan ayırmaq çətin-dir. Çünki quruluş zülalları və lipidləri ilə möhkəm komplekslər əmələ gətirir.

Mitoxondriyalarda adenil turşuları, qeyri-üzvi fosfatların hissəcikləri, fosfat qruplarını köçürən fermentlərdə olur.

## 8.7 Oksidləşməklə fosforlaşma

Tənəffüs prosesinin əsasını təşkil edən oksidləşməklə fosforlaşma hüceyrələrin mitoxondriyalarında gedir. Hüceyrələrdə mitoxondriyaların sayı 50-dən 5 minə qədər olur. Onlar xarici və daxili membranlara malikdir. Sonuncular daraqvarı şaxələnir. Boşluqları isə bərk maddə-matrikslə dolmuşdur.

Mitoxondriyaların 65 – 70%-ni zülallar, 25 – 30%-ni lipidlər və 0,5%-ni RNT təşkil edir. Zülalların yarıya qədəri daxili membrandakı tənəffüs fermentləri və s.-dən ibarətdir. Matriksin də 50%-i zülaldır.

Tənəffüs prosesinin gedişində fosforlu birləşmələr mühüm rol oynayır. Toxumalarda maddələrin oksidləşməsi (aerob fazada) qeyri-üzvi fosfatların iştirakı ilə gedir. Bu səbəbdən oksidləşmə zamanı qeyri-üzvi fosfatların miqdarı azalır. Odur ki, bu iki proses (oksidləşmə və fosforlaşma) qarşılıqlı əlaqədar olduğundan oksidləşməklə fosforlaşma adlanır. Bu məsələ ilk dəfə V. A. Engelhardt, Kalkar, V. A. Belitser, E. T. Sıbakova (1930–41-ci illərdə), S. Oçoa tərəfindən müəyyənləşdirilmiş, sonralar isə A. Lenincer, P. Mitçel, V. Skulaçev, Kennedi, Lumis, Lipman və başqaları tərəfindən də öyrənilmişdir.

Oksidləşməklə fosforlaşmanın mexanizmi: kimyəvi (F. Lipman, Sleyter 1946), mexaniki-kimyəvi (Bayer, 1964) və kimyəvi-osmotik (P. Mitçel, 1961; V. Skulaçev, 1972) kimi bir sıra nəzəriyyələrlə izah olunur.

Kimyəvi nəzəriyyəyə görə oksidləşmə və fosforlaşmanın əlaqələnməsi, ADF-in makroergik rabitəli qeyri-üzvi fosfatla birləşib ATF-i əmələ gətirməsi xüsusi ötürücülərlə (NAD, ubixinon, E və K vitaminləri, kariozin, ADF-in adenil hissəsi, aminturşularının imidazol radikalları və s.) icra olunur. Sonuncular oksidləşən maddələrlə (substratla) makroergik rabitəli arabirləşmələr (yüksək enerjili komplekslər:  $U \sim B$ ;  $X \sim U$ ;  $X \sim P$ ) əmələ gətirir. Lakin bunlar ayrı-ayrılıqda, varlığı sübut edilməmişdir.

Mexaniki-kimyəvi (və ya konformasiya) nəzəriyyə tərəfdarları güman edir ki, oksidləşmə və fosforlaşmanın qarşılıqlı əlaqəsi oksidləşmə enerjisi hesabına fermentlərin konformasiya dəyişiklikləri ilə yaranır, yüksək enerjili rabitə (məsələn, tioefir rabitə-



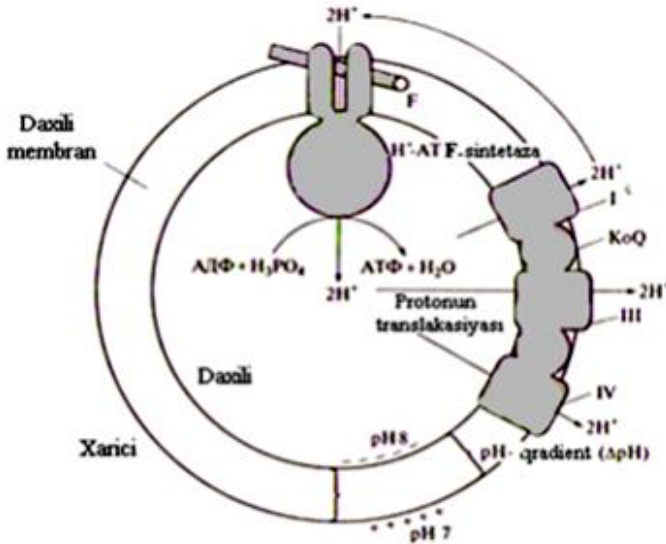
si) ADF-ə köçürülür, ATF-in sintezinə istifadə olunur. Bu fikri sübut edən dəlil hələlik yoxdur.

Kimyəvi-osmotik nəzəriyyə tərəfdarlarının fikirincə hüceyrə tənəffüsü ilə fosforlaşmanın əlaqələnməsi mitoxondriyaların xarici membranında gedir. Bu zaman oksidləşmənin kimyəvi enerjisi elektrokimyəvi potensiallar enerjisinə çevrilir.  $AH_2$  donorunun oksidləşməsi ilə proton və donorlar yaranır. Protonlar membranın səthində qalır, elektronlar isə membranın daxili səthində - akseptorlarla (məsələn, oksigenə) keçir. Xarici membran müsbət, daxili membran mənfi yüklənir, akseptor isə reduksiyalaşır. Akseptor oksigendirsə, daxili mühitin hidrogen ionları ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində su əmələ gətirir. Xarici və daxili membranlar arasında elektrik sahəsi yaranır və makroergik vasitəçinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Sonra onun makroergik rabitəsi ADF-ə köçürülür, ATF əmələ gəlir.

Hazırda kimyəvi-osmotik nəzəriyyə oksidləşməklə fosforlaşmanın mexanizmini izah edən əsas konsepsiya sayılır.

Oksidləşməklə fosforlaşma Krebs sikli üzrə maddələrin oksidləşməsi zamanı ADF-dən ATF-in əmələ gəlməsi üçün qrammolla istifadə edilən qeyri-üzvi fosforla lazım olan oksigenin q/atomla miqdarının nisbəti (P : O) ilə təyin edilir. Buna oksidləşməklə fosforlaşma əmsalı deyilir. V. Belitserə görə bunun qiyməti orta hesabla 3-ə bərabərdir. Oksidləşməklə fosforlaşmada əsas əhəmiyyətə malik olan adenzintrifosfat turşusunun (ATF) əmələ gəlməsidir. Maddələr (karbohidratlar, qliserin, yağ turşuları və s.) oksidləşdikdə ATF ADF-in fosforlaşması nəticəsində əmələ gəlir. Bunu, yəni qarşılıqlı oksidləşməklə fosforlaşmanı aşağıdakı ümumi tənliklə göstərmək olar:





Şəkil 60. Oksidləşməklə fosforlaşmanın hemostatik mexanizminin sxemi (F-zülallar, I, III, IV - tənəffüs zənciri kompleksi)

Oksidləşən maddələr ( $AH_2$ ) hidrogeni, yaxud elektron və protonları köçürməklə, özlərindən enerji ayırır. Bu enerjinin hesabına adenil turşuları: adinozinmonofosfat (AMF) və adenzindifosfat (ADF) qeyri-üzvi fosfatla fosforlaşaraq, adenzintrifosfata (ATF) çevrilir və həmin enerjini özündə saxlayır. Adenil turşularına birləşən hər bir qrammolekul fosfat turşusu ilə 8 kkal (və ya 33,5 kCoul) enerji ötürülür. Bir qrammolekul hidrogen oksidləşdikdə 3 qrammolekul ATF əmələ gəlir ki, onda da 24 kkalori enerji toplanır. Lakin hidrogen molekulu suya qədər oksidləşdikdə 57 kkalori enerji ayrılır. Bunun isə 24 kkalorisi ATF-ə köçürülür. Deməli, oksidləşməklə fosforlaşma zamanı ayrılan enerjinin təxminən 44%-i ehtiyat şəklində ATF-də toplanır.

Hüceyrədə bir qrammolekul qlükozanın parçalanması nəticəsində 2 qrammolekul piroüzüm turşusu əmələ gəlir. Piroüzüm

turşusu isə karbon qazı və suya parçalanır. Bu zaman müəyyən miqdarda enerji ayrılaraq ATF-də toplanır. Bir qrammolekul qlükozanın parçalanması ilə əlaqədar olaraq anaerob mübadilədə 8 qrammolekul ATF, aerob mübadilədə isə 28 qram-molekul ATF əmələ gəlir. Bu birləşmələrin əmələ gəlməsi üçün müəyyən miqdarda enerji sərf olunur. Aerob fazada ATF-in əmələ gəlməsinə 96 kkalori (8x12) və aerob mübadilədə isə 336 kkalori (28x12) enerji sərf olunur. Bir qrammolekul heksozanın oksidləşməsi nəticəsində 686 kkalori enerji (140 kkalori anaerob oksidləşmədə və 546 kkalori aerob şəraitdə) ayrılır. Deməli, ATF-in əmələ gəlməsinə anaerob fazada 69% (96x100:140) və aerob fazada (336x100:546) 61% enerji sərf edilir. Beləliklə, 432 (96+336) kkalori enerji ATF-də toplanır. Qalanı yəni, 254 kkalori (686 – 432) istilik şəklində ayrılır. Bu da mitoxondriyaların xarici təbəqələrindəki oksidləşdirici ferment sistemlərinin fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Sonuncuların iştirakı ilə oksidləşmə zamanı aralıq məhsullar əmələ gəlir və bu zaman ayrılan enerji ATF-də toplanmayıb, istilik kimi çıxır. Bundan və ATF-də toplanan enerjidən hüceyrələrin həyatı üçün istifadə edilir. Beləliklə, karbohidratların oksidləşməsi nəticəsində ayrılan enerjinin 60%-dən çoxu ATF-də toplanır. Karbohidratların oksidləşməsi eyni zamanda pentozafosfat sikli üzrə qaraciyərdə, nisbətən az miqdarda və skelet əzələlərində gedir. Bu növ oksidləşmədə də qlükoza – 6 – fosfat-dan 36 – molekul adenozintrifosfat əmələ gəlir. Deməli, burada da yuxarıda göstərilən miqdarda enerji ayrılır və istifadə olunur.

Toxumalarda, xüsusilə boz yağ toxumasında oksidləşmə fosforlaşmasız da gedir. Buna səbəb (və ya fosforlaşmasız) t o x u m a t ə n ə f f ü s ü deyilir. Bu zaman, yalnız tənəffüs zənciri fəaliyyət göstərir və elektronların köçürülməsi ilə istilik enerjisi ayrılır. Sonuncu temperaturun normal saxlanması və maddələr mü-

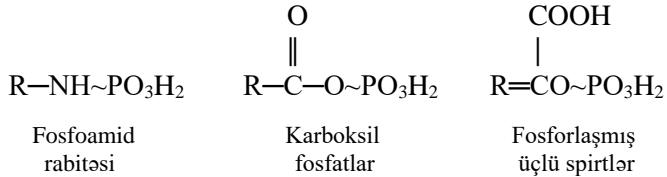
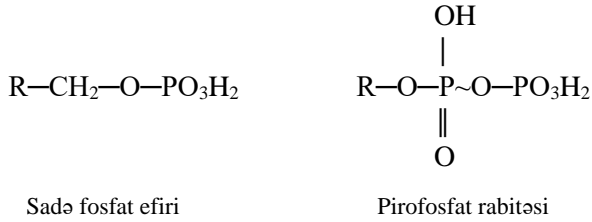
badiləsi reaksiyalarının tam getməsinə sərf olunur.

Bioloji oksidləşmədə ayrılan enerjinin ATF-də toplanması və ya istilik şəklində çıxması bir sıra amillərdən: xarici mühitin temperaturundan, orqanizmin boy və inkişafından, hormonların fəaliyyətindən, vitaminlərdən, ionlardan, mühitin reaksiyasından və s.-dən asılıdır. S. E. Severinin laboratoriyasında müəyyən edilmişdir ki, bədən temperaturu aşağı düşdükdə oksidləşməklə fosforlaşma zəifləyir, sərbəst tənəffüs isə yüksəlir. Xarici temperatur artdıqda isə əksinə olur. İnsulin oksidləşməklə fosforlaşmanı tənzimləyir, tiroksin isə zəiflədir.

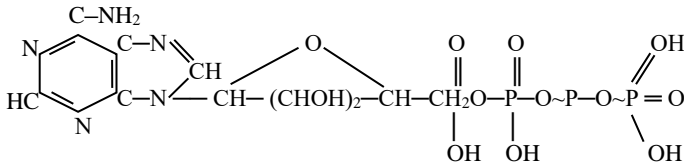
## 8.8 Makroergik birləşmələr

Orqanizmdə müxtəlif maddələrin (karbohidratların, yağların və s.) oksidləşməsi nəticəsində külli miqdarda enerji ayrılaraq, makroergik və ya enerji ilə zəngin birləşmələrdə toplanır. Makroergik rabitə əyri xətlə (~) göstərilir. Bunlardan fosforlu birləşmələri göstərmək olar. Fosforlu birləşmələrin bu qabiliyyəti – yəni özlərində enerji toplamaq və lazım gəldikdə vermək onların termodinamik davamsızlığı və kinetik davamsızlığı ilə əlaqədardır.

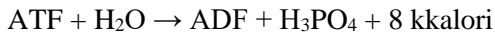
Sadə fosfat efiirlərinin (3 – fosfoqliserin turşusu, qlükoza – 6 – fosfat, fruktoza – 1, 6 – difosfat və s.) hidrolizi zamanı az enerji (2 – 3 kkalori) ayrılır. Lakin pirofosfat rabitəli maddələr (ATF, ADF), fosfoamid rabitə saxlayanlar (keratinfosfat, argininfosfat), karboksilfosfatlar (asetilfosfat, 1,3 – difosfoqliserin turşusu), fosforlaşmış üçlü spirtlər (fosfoenolpiroüzüm turşusu) enerji ilə zəngin maddələrdir. Bu rabitələrin qırılması orqanizmin enerji ilə təminində əsas rol oynayır.



Bunların hidrolizi əsasında ayrılan enerji 6 – 12 kkalori arasında dəyişir. Göstərilən birləşmələrin içərisində əsas yeri purin nukleotidlərindən olan adenzintrifosfat turşusu (ATF) tutur. Bu mürəkkəb üzvi maddə olub, adenindən, ribozadan və üç molekullu fosfat turşusundan ibarətdir. Onun quruluş formulu belədir:



ATF hidroliz olunduqda ADF və fosfat turşusu əmələ gəlir, 6–8 kkalori də enerji ayrılır. Bu da mexaniki, elektrik, istilik enerjilərinə və qeyrilərinə çevrilir.



Adenzindifosfat turşusu da (ADF) enerji ilə zəngin birləşmədir. Bu turşu fosforlaşma proseslərində əmələ gələn makroergik fosfatların birinci akseptorudur. Bundan miokinazanın (adenil- atkinaza) təsiri ilə ATF-də əmələ gəlir.



Adenozinmonofosfat turşusu (AMF) makroergik maddə deyildir. Çünki fosfat turşusu ribozaya adi fosfoefir rabitəsi ilə birləşmişdir. Biosintez proseslərinin çoxunda ATF-dəki enerjiden istifadə edilir. Fosfat qrupu fosfotransferazaların iştirakı ilə başqa maddələrə (məsələn, keratinfosfata) köçürüldükdə də enerji itmir. Lakin fosfat turşusunun qalığı ATF-dən monosaxaridlərə verildikdə fosfoefir rabitəsi yaranır və enerjinin müəyyən hissəsi səpələnir. Son zamanlar orqanizmdə (əzələ, qaraciyər, beyin və s.) ATF-dən başqa enerji ilə zəngin başqa nukleotidlərdə quanozindifosfat (QDF), quanozintrifosfat (QTF), uridindifosfat (UDF), uridintrifosfat (UTF), sitidindifosfat (SDF), sitidintrifosfat turşuları (STF) aşkar edilmişdir. Bu nukleozidfosfatlar da nuklein turşularının sintezində və fosfat qruplarının köçürülməsindəki təkrar fosforlaşma reaksiyalarında iştirak edir.

Cədvəl 12.

**Bioloji əhəmiyyətli bəzi birləşmələrin hidrolizinin sərbəst enerjisi -  $\Delta G^0$  (A. Uayt, F. Hendler, E. Smit, R. Hill, İ. Leman, 1981)**

Birləşmənin adı	$-\Delta G^0$ (pH 7-də) kkal/mol	Birləşmənin adı	$-\Delta G^0$ (pH 7-də) kkal/mol
Asetiladenilat	13,3	Palmitil – karnitin	7,7
Fosfoenolpiruvat	13,0	Uridindifosfat–qlükoza	7,6
Tsiklik AMF	11,9	Saxaroza	6,6
Asetilfosfat	10,5	Fosfodieflər	6,0
Asetoasetil – KoA	10,5	Qlükoza – 1 – fosfat	5,0
S – Adenozilmetionin	10,0	Alanil – qlisin	4,0
Fosfokreatin	9,0	Qlütamin	3,4
ATF (daxili rabitə)	8,5	Qliserolfosfat	3,0
ATF (terminal rabitə)	8,4	Laktoza	3,0
Asetil KoA	7,7	Peptid rabitəsi (iri polipeptiddə, daxili)	0,5

Sitidinfosfatlar neytral yağların və fosfolipidlərin sintezi üçün lazım olan enerjini verir. Quanozinfosfatlar isə adenoziinfosfatlarla birlikdə zülalların biosintezində iştirak edir.

Karbohidratların mübadiləsində nukleotiddişəklər xüsusi yer tutur. Bunların tərkibində nukleotidfosfatlardan başqa heksozalar (qlükoza) və ya onların törəmələri də (heksuron turşuları və ya asetil-aminoşəklər) olur. Bu birləşmələr karbohidratların sintezində iştirak edir.

Makroergik rabitəyə kükürlü birləşmələrdə də rast gəlinir. Onlardan tiöfir makroergik rabitəni ( $R-CO-S-R^1$ ) göstərmək olar. Bütün göstərilən makroergik birləşmələr orqanizmi enerji ilə təmin edir və onun yaşamasına şərait yaradır.

Müxtəlif enerji növlərinin orqanizmdə əmələ gəlməsi və paylaşılması aşağıdakı sxemdə təsvir edilmişdir:



## Mövzuya aid suallar

1. Maddələr mübadiləsinin mahiyyətini izah edin. Anabolizm və katabolizm bir-birindən nə ilə fərqlənir?

2. İnsanların əsas qida maddələrinə və mineral maddələrə olan tələbatını xarakterizə edin.

3. Maddələr mübadiləsi ilə enerji mübadiləsi arasında olan sıx əlaqəni izah edin.

4. ATF-in quruluşunu və enerji mübadiləsində rolunu və makroergik rabitənin mahiyyətini aydınlaşdırın.

5. Orqanizmdə oksidləşməklə fosforlaşmanın mexanizmini və bioloji əhəmiyyətini göstərin.

6. Hüceyrənin quruluşu və onun elementlərinin bioloji funksiyaları hansılardır?

7. Makroergik rabitə olmayan nukleotidlər hansılardır?

8. Orqanizmdə sitoxromlar hansı formada olur?

9. Ağız suyunun əsas fermentləri və onların bioloji rolu nədən ibarətdir?

10. Mədənin və mədə şirəsinin rolu nədən ibarətdir?

11. Qidanın nazik bağırsaqda həzmində iştirak edən əsas fermentlər hansılardır?

12. Ödün funksiyasını izah edin.

13. Həzm kanalında qida maddələrinin sorulması prosesini aydınlaşdırın.

14. Həzm kanalında ən tez sorulan maddələr hansılardır?



## IX FƏSİL

### 9. NUKLEİN TURŞULARININ MÜBADİLƏSİ

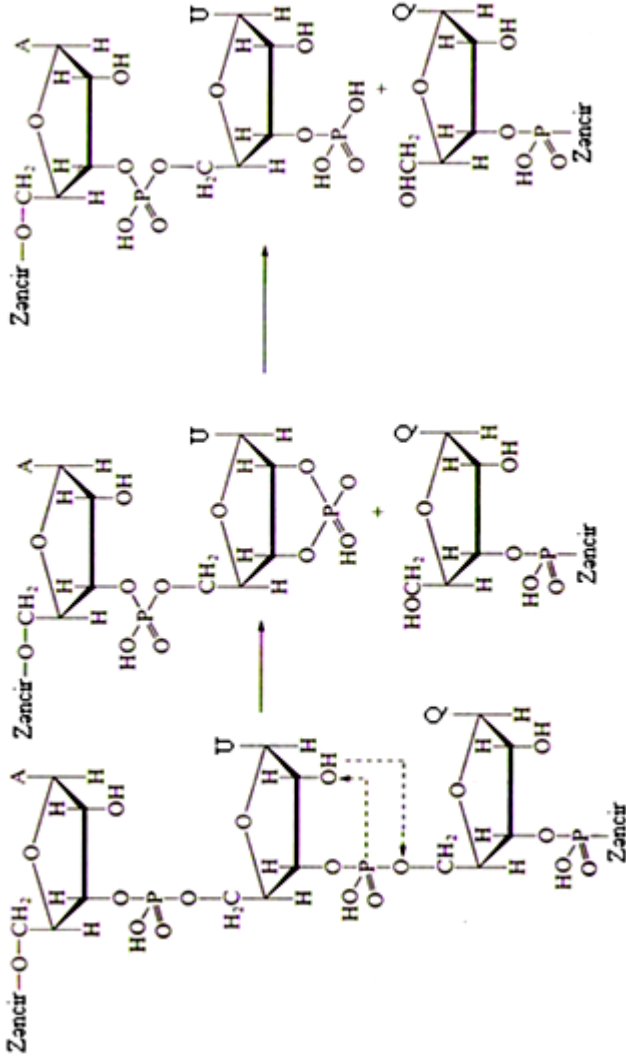
Nuklein turşularının mübadiləsinin öyrənilməsi biologiyanın bir çox problemlərinin açılmasında mühüm rol oynayır. Beləki, bir çox makromolekulların sintezinin mexanizmi, irsi əlamətlərin öyrənilməsi, onların nəsil-dən-nəsilə keçməsi, hüceyrənin quruluşu onun diferensiaslaşması mexanizmi NT-in mübadiləsinin və sintezinin sayəsində mümkün olur.

#### 9.1 Nuklein turşularının həzm sistemində parçalanması

Nuklein turşuları (NT) qida maddələrinin tərkibində zülallarla birləşmiş şəkildə (nukleoproteidlər – NP) olur. Ağız boşluğunda heç bir dəyişirliyə uğramayan NP-lər mədəyə düşür, orada HCl və pepsinin təsirindən sadə zülallara və NT-a parçalanır. Qida mədədən bağırsaqlara keçdikdən sonra nukleoproteidlər (NP) prostetik qruplara və zülali hissəyə (məsələn tripsin) təsiri ilə davam edir.

NT-in parçalanması mədəaltı vəzinin və bağırsağın selikli qişasında olan vəzilərin hazırladığı xüsusi fermentlərin fosfodiesterazaların (nukleazaların) təsiri ilə gedir. Nukleazalar; RNT-ni parçalayan-ribonukleazalar və DNT-ni parçalayan dezoksiribonukleazalar olmaqla iki qrupa bölünür. Hər iki fermentin aktivliyi pH=7-8,2 mühitində daha fəal olur. Bu iki ferment birlikdə endonukleazalar adlanır. Endonukleazalar NT-ni depolimerləşdirərək onları oliqonukleotidlərə qədər parçalayır. Ekzonukleazalar isə NT-ni sərbəst nukleotidlərə qədər parçalanmasını sürətləndirir.

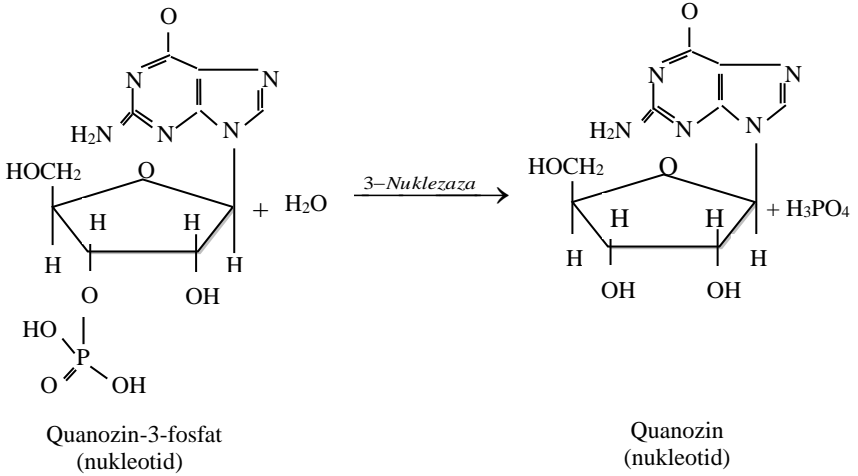
RNT-azanın təsirindən RNT 2', 3' siklofosfatlara və nəhayət sonuncularda həmin fermentlərin təsiri ilə oliqonukleozid-3'-fosfata hidroliz olunurlar. Bu prosesləri şəkindəki (59) sxem ilə təsvir etmək olar.



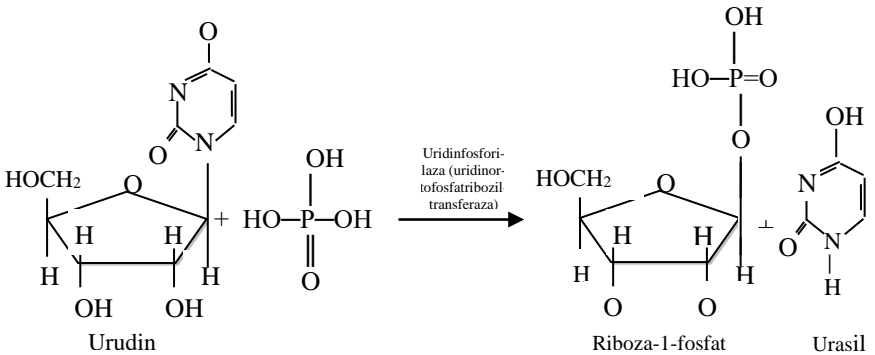
Şəkil 61. Pankreatik ribonukleazanın təsirindən RNT-nin hidroliz reaksiyası

Nəticədə müxtəlif endo- və ekzonukleazaların təsirindən NT-ları, -ribo və dezoksiribonukleozid-3'- və -5' fosfatlar tərkibli qarışıq nukleotidlərə parçalanırlar.

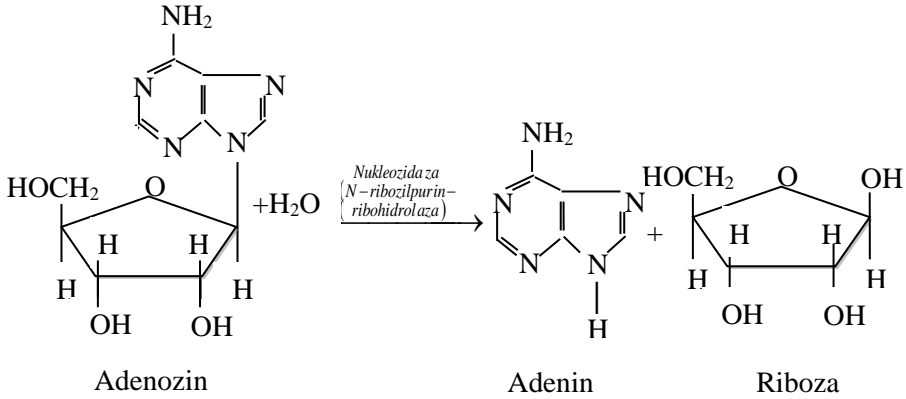
Nukleozidfosfatlar sonrakı parçalanmaya məruz qalırlar. Əvvəlcə onlar hidrolazaların təsirindən hidrolizə uğrayaraq fosfat turşusu molekulunu itirirlər (defosforlaşma).



Sonrakı mərhələdə riboziltransferazanın təsiri ilə fosfat turşusunun iştirakı ilə nukleoziddən azot əsaslarının ayrılması baş verir.



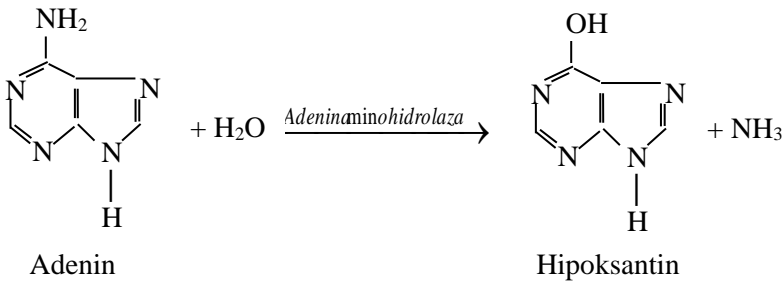
Həmçinin nukleozidlər də hidrolizə uğrayır.



Riboza və riboza 1-fosfat karbohidratlara xas olan mübadilə reaksiyasına daxil olur.

Purin və pirimidin əsasları sonrakı parçalanmaya məruz qalır.

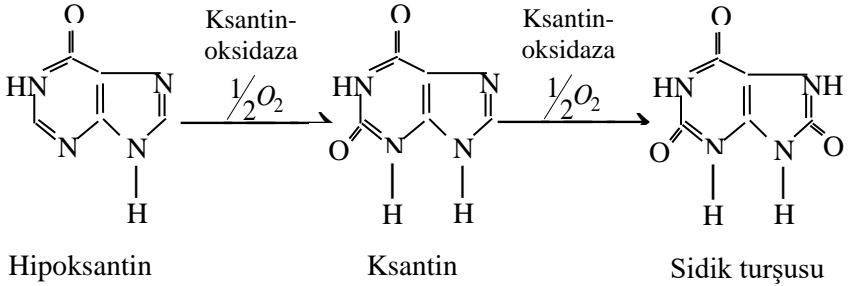
Birinci mərhələdə purin və pirimidin əsasları aminhidrolazaların təsiri ilə aminsizləşirlər. Bu çevrilmələrdə yalnız amin qrupu ayrılır.



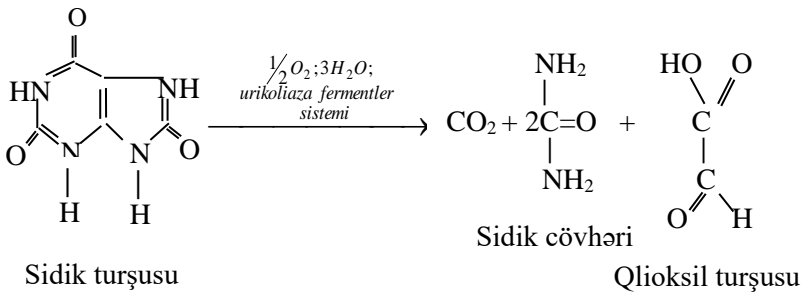
Nəticədə adenin – hipoksantinə, qüanin – ksantinə çevrilir. Sitozindən isə urasil əmələ gəlir.

Purin və pirimidin əsaslarının sonrakı aminsizləşməsi müx-

təlif cür baş verir. Purin əsasları (hipoksantin və ksantin) ksantinoksidaza fermentinin təsiri ilə sidik turşusuna oksidləşir.

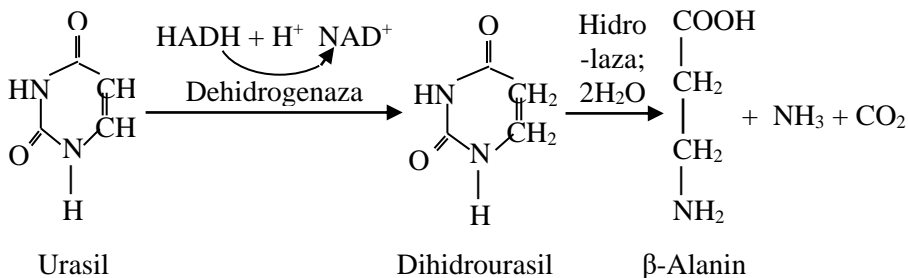


Bir çox heyvanlarda (insanabənzər meymunlar, məməlilər) və insanlarda purin əsaslarının son parçalanma məhsulu sidik turşusudur. Bu da sidik vasitəsi ilə orqanizmdən xaric olunur. Canlı aləmin digər nümayəndələrində (suda quruda yaşayanlar və bitkilər) sidik turşusu karbamidə və qliksil turşusuna parçalanır.



Purin əsaslarından (hipoksantin və ksantin) fərqli olaraq pirimidin əsaslarının aminsizləşməsi dehidrogenazın təsiri ilə reduksiya olunma sayəsində baş verir. Bu prosedə urasil dihidro-urasilə sonuncu isə hidrolazın təsiri ilə hidrolizə uğrayaraq amin-turşuya, ammoniyaka və karbon qazına çevrilirlər.

Timindən β-amin izoyağ turşusu əmələ gəlir.



Nəticədə əmələ gəlmiş  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  və amin turşular NT və digər biosintez proseslərində iştirak edə bilər. Ancaq onların əksəri heç bir dəyişirikliyə uğramadan sidiklə xaric edilir.

## 9.2 Nuklein turşularının bioloji sintezi

DNT-in biosintezinin əsas maddəsi dezoksiribonukleozid - 5'-fosfatdır. Həmçinin DNT molekulunun əmələ gəlməsində dezoxinukleozidtrifosfatların matrisa vəzifəsini daşıyan DNT zənciri üzərindəki azot əsasları ilə komplementarlıq prinsipi üzrə qarşı-qarşıya yerləşməsi əsas rol oynayır. Anoloji olaraq spesifik RNT molekulunun (polinukleotid zəncirində nukleotidlərin müəyyən olunmuş nizamlı düzülüşü) biosintezi DNT matrisasında ribonukleozidtrifosfatlardan əmələ gəlir.

Nukleotidlərin əsas üç tərkib hissələrindən (azot əsasları, fosfat turşusu və pentozalar) olan fosfat turşusu həmişə hüceyrədə olur, riboza və dezoksiriboza karbohidratların mübadiləsindən alınır, ancaq heterotsiklik əsaslar xüsusi biosintez reaksiyalarından və zülalların parçalanmasından alınır.

Purin və pirimidin əsaslarının biosintezi müxtəlif cürdür. Ancaq purin və pirimidin sikllərinin bəzi sintez mexanizmində oxşar əlaqələr də mövcuddur:

1) Heterosiklik sikldə azot mənbəyi kimi qlisindən, asparagin və qlutamindən istifadə etmək

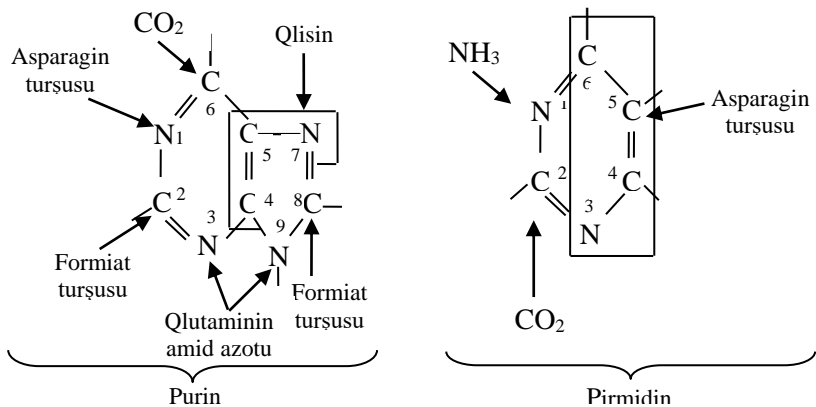
2) Purin və pirimidin sikllərin tərkibinə karbon qazından və qarışqa turşusundan istifadə etməklə karbon daxil etmək

3) Riboza 5`-fosfatdan purin əsaslarının əmələ gəlməsi və pirimidin əsaslarının sintezi, son məhsul olaraq nukleozid 5`-fosfatın biosintezi

4) Nukleotidlərin biosintezində bütün reaksiyaların fermentativ xarakterində olması

5) Ayrı-ayrı biosintez mərhələlərində oxşar maddələrin (inozin-5`-monofosfat – purin nukleotidlərinə, uridin-5`-monofosfat – pirimidin nukleotidləri üçün) əmələ gəlməsi.

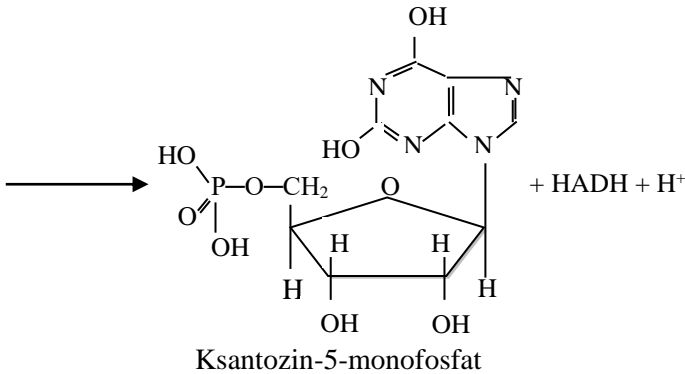
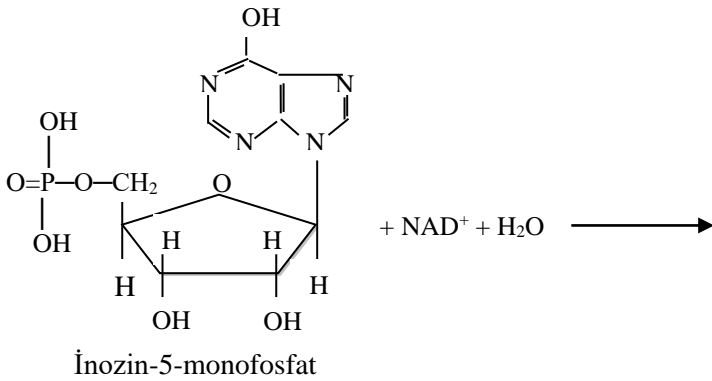
Purin və pirimidin əsaslarının biosintezi Bukenen və Qrinberqin laboratoriyalarında tərkibində (nişanlanmış atomlar) radioaktiv azot və karbon atomları ( $^{15}N$ ,  $^{13}C$ ) olan maddələrin orqanizmə yeridilməsi ilə aparılan təcrübələr nəticəsində aydınlaşdırılmışdır. Təcrübələr əsasən göyərçin üzərində aparılmışdır, lakin məməlilərdə də biosintez prosesinin belə getdiyini güman etmək üçün elmi əsaslar vardır.



Şəkil 62. Purin və pirimidin əsaslarının biosintez sxemi

Sxemdən göründüyü kimi purin nüvəsinin biosintezinə azotun iki atomu (N<sub>3</sub> və N<sub>9</sub>) qlutaminin amid azotundan, N<sup>1</sup>-atomu asparagin turşusundan, nəhayət dördüncü azot atomu N<sub>7</sub>-qlisindən keçir. Formiat turşusundan C<sub>2</sub> və C<sub>8</sub>, həmçinin C<sub>6</sub> isə CO<sub>2</sub> qazından purin nüvəsinin biosintezində iştirak edir. Beləliklə aminsirkə turşusu (qlisin) purin əsasının sintezinə üç atom verir (iki karbon, bir azot).

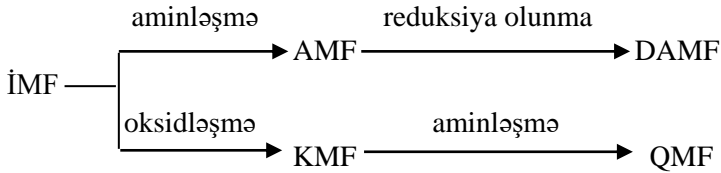
Müasir zamanda purin əsaslarının mürəkkəb biosintezinin ayrı-ayrı mərhələləri dəqiq müəyyən olunmuşdur. Purin nüvəsinin biosintezi üçün riboza-5`-fosfatdan istifadə olunur. Bu maddə bir çox çevrilmələrdən sonra inozit-5`-monofosfata (İMF) çevrilir. İMF isə oksidləşərək ksantozin-5`-fosfata keçir.





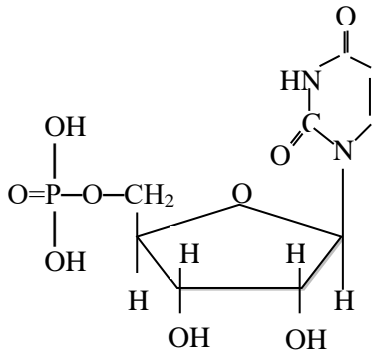
Sonrakı mərhələdə inozit-5`-monofosfatın (İMF) aminləşməsindən adenzin-5`-monofosfat (AMF), sonuncunun reduksiya olunmasından dezoksiadenozin-5`-monofosfat (dAMF) alınır.

Ksantozin-5`-monofosfat (KMF) aminləşmə yolu ilə kvanozin-5`-monofosfata (QMF) çevrilir. Aşağıdakı sxemdə bütün bu proseslər göstərilmişdir.



Pirimidin əsaslarının biosintezi üçün pirimidin nüvəsinə N<sub>1</sub>-azotu NH<sub>3</sub> molekulundan C<sub>2</sub>-atomu CO<sub>2</sub>-molekulundan, N<sub>3</sub>-azot atomu və C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>- karbon atomları isə asparagin turşusundan daxil olur (keçir).

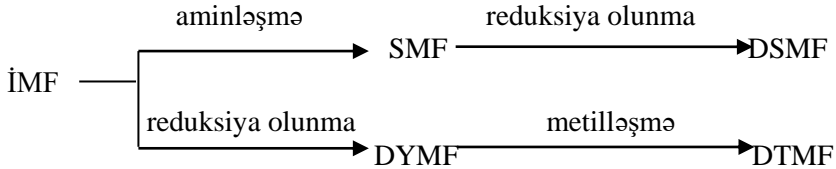
Digər tərəfdən riboza-5-fosfatdan bir çox çevrilmələrdən sonra uridin-5<sup>1</sup>-fosfat (UMF) bu maddədən də pirimidin nukleotidləri sintez olunur.



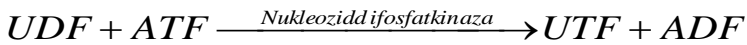
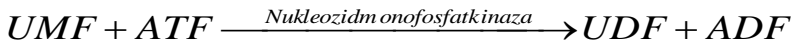
Uridin-5-monofosfat

Uridin-5<sup>1</sup>-monofosfat (UMF) aminləşmə yolu ilə sitidin-5`-

minofosfata (SMF) bu da reduksiya olunmaqla – dezoksi sitidin monofosfata (DSMF). Eynilə UNF-at reduksiya yolu ilə dezoksi-uridin-5<sup>1</sup>-monofosfata (DUMF) bu da metilləşmə yolu ilə dezoksi-timidin-5<sup>1</sup>-monofosfata (DTMF) çevrilir.



Nukleotidlərin fosforlaşması prosesi ATF-in və fosfotransferaza fermentinin iştirakı ilə baş verir.



Bu ardıcillıq dezoksiribonukleotidlərin fosforlaşmasında da baş verir.

Beləki, nukleozid difosfatların reduksiyasından dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-monofosfat, onun ATF ilə qarşılıqlı təsirindən dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfat əmələ gəlir.

Hüceyrələrdə dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfatların və ribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfatların biosintezi baş beyin tərəfindən nizamlanır və onların bir-birinə nisbəti həmişə sabit qalır.

**DNT-nin biosintezi (replikasiya),** Müasir elmi təsəvvürlərə görə, irsiyyətin nəsildən-nəsilə verilməsi DNT molekullarında olan nukleotidlərin yerləşmə ardıcillığı ilə əlaqədardır. Buna görə də, hüceyrələrdə DNT-nin sintezinin öyrənilməsi bioloji kimyanın mühüm problemlərindən biri hesab olunur.

Hüceyrələrin biokimyəvi xüsusiyyətlərini özündə cəmləşdirən genetik informasiyanı dəyişikliyə uğramadan valideynden

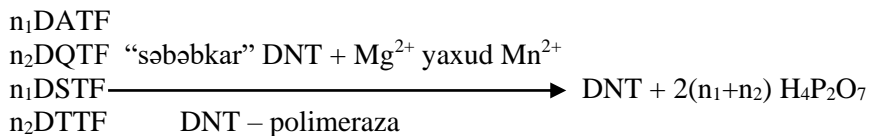
övlada verilməsindən aydın olur ki, bu informasiyanı daşıyan DNT molekulları dəqiq sürətdə öz-özünü yaratmaq xüsusiyyətinə malikdir. DNT molekulunun ikiqat polinukleotid spiralının quruluşunda təsadüf etdiyimiz komplementarlıq prinsipi, onun öz-özünü yaratma (ikiləşdirmə) funksiyasının mexanizmini izah etməyə imkan verir. Hüceyrədə olan DNT-nin yeni DNT spirallarını sintez olunmasında rolu oynadığını əsas tutan iki nəzəriyyə irəli sürülmüşdür. Uotson və Krik tərəfindən irəli sürülən yarımkonservativ replikasiya nəzəriyyəsinə göstərilir ki, DNT molekulunun ikizəncirli spiralında olan hər bir polinukleotid zənciri öz komplementini sintez edir. Bu zaman yeni əmələ gəlmiş iki DNT molekulunun hərəsinin polinukleotid zəncirlərindən biri əvvəlki spiraldan ayrılmış olur. Konservativ replikasiya adlanan ikinci nəzəriyyəyə görə, əvvəlcə DNT molekulunda olan polinukleotid zəncirindən biri ikiləşir, sonra isə yeni əmələ gəlmiş zəncir öz komplementinin sintezi üçün matrisə rolunu oynayır.

1958-ci ildə Mezelson və Stal E. Coli bakteriyalarını azot mənbəyi yalnız radioaktiv  $N^{15}$  atomları ilə nişanlanmış ammonium-xloriddən  $\left( N^{15}H_4Cl \right)$  ibarət olan qidalı mühidə təcrübələr



apararaq, sübut etdilər ki, hüceyrə daxilində DNT-nin sintezi yarımkonservativ replikasiya prinsipi üzrə gedir. Replikasiya edən DNT-nin ikili spiralında olan hər 10 cüt nukleotidin bir-birindən açılması üçün molekul öz oxu ətrafında bir dəfə fırlanmalıdır. Aydındır ki, əgər çoxlu miqdarda mononukleotidlərdən təşkil olunmuş DNT zəncirləri bir-birindən tam açıldıqdan sonra öz komplementlərinin sintezinə başlasaydılar, onda biosintezin normal sürətini təmin etmək üçün hüceyrədə olan DNT öz oxu ətrafında çox böyük tezliklə fırlanmalı olardı (təxminən 10000 dövr/dəq.). Hüceyrələrin daxilində uzunluğu 1 mm-ə qədər olan DNT molekullarının belə böyük sürətlə fırlanması mümkün deyil. Buna görə də, belə güman edilir ki, DNT spiralının açılması və yeni DNT molekulunun formalaşması eyni vaxtda gedən prosesdir.

DNT molekulları DNT-polimeraza fermentinin (bu fermentə DNT-nukleotidiltransferaza da deyilir) iştirakı ilə sintez olunur. Dezoksinukleozidtrifosfatlar DNT-nin sintezi üçün ilkin material vəzifəsi daşıyırlar. DNT molekullarının sintezi üçün mühitdə  $Mg^{2+}$  və ya  $Mn^{2+}$  ionlarının olması vacib şərtidir. Hüceyrədən xaric sistemlərdə (in vitro) DNT sintezinin bir sıra mühüm xüsusiyyətləri vardır. Onun əsas xüsusiyyətlərindən biri mühitdə dezoksinukleozidtrifosfatların (DATF, DQTF, DSTF, DTF) bütün növlərinin olmasının vacibliyidir. Onlardan yalnız birinin olmaması DNT sintezinin dayanması ilə nəticələnir. Bundan əlavə, DNT-polimerazanın fəaliyyəti üçün mühitdə mütləq “səbəbkar” DNT molekulları olmalıdır. Burada “səbəbkar” DNT sintez olunan DNT molekulları üçün matrisa vəzifəsini daşıyır. Sintez olunan DNT-nin xüsusiyyətləri ilk götürülmüş “səbəbkar” DNT molekulunda nukleotidlərin yerləşmə ardıcılığı ilə əlaqədardır. DNT-nin sintezi zamanı gedən reaksiya sxematik olaraq aşağıdakı tənliklə ifadə edilir:



Bu reaksiya zamanı dezoksinukleozidtrifosfatlar matrisa vəzifəsini daşıyan DNT zənciri üzərindəki azot əsasları ilə komplementarlıq prinsipi üzrə qarşı-qarşıya yerləşir, bir-birinin qonşuluğunda yerləşən dezoksinukleozidtrifosfatların tərkibində olan dezoksiriboza qalıqları arasında 3,5-fosfodiefir rabitələri əmələ gəlir və iki fosfat turşusu qalığı – pirofosfat turşusu şəklində ayrılır. Tənlidən aydın olur ki, DNT molekullarının sintezinə sərf olunan DATF və DQTF-in miqdarı müvafiq olaraq, DQTF və DSTF-in miqdarına bərabərdir. Bu fakt DNT molekullarının komplementar quruluşu (A – T; Q – S) haqqında Uotson və Krik tərəfindən irəli sürülən müddəaları bir daha təsdiq edir.

Dezoksinukleozidtrifosfatdan pirofosfat turşusunun ayrılması zamanı alınan enerji biosintez proseslərinə sərf olunur.

Şəkil 64-də DNT-in biosintezi prosesində nukleotidiltransferaza fermentinin iştirakı ilə gedən reaksiyadan bir hissə verilmişdir. Prosesdən göründüyü kimi ilk mərhələdə pirofosfat turşusu ayrılır. Bu da öz növbəsində digər proseslərə qoşulur.

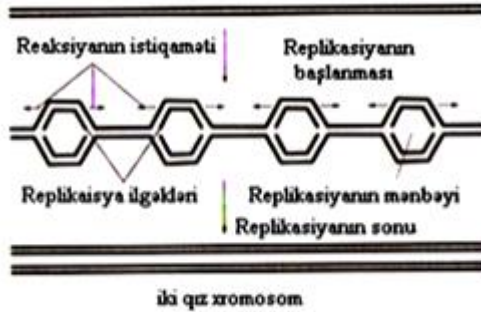
Canlı orqanizmdən xaricdə molekul zənciri nəzərdə tutulan ardıcılıqla yerləşmiş nukleotid qalıqlarından ibarət olan DNT molekulunun sintez edilməsi çox çətin problemdir. Son vaxtlarda aslimlər alanin aminturşusunun nəqliyyat RNT-nin genin (Q. Xorana) və E. Coli bakteriyalarını yoluxdurmaq qabiliyyətinə malik olan faqların bir növünü (Kornberq) sintez etməyə müvəffəq olmuşlar. Hemoqlobin molekulundakı aminturşu qalıqlarının yerləşmə aedıcılığı haqqında informasiyaya malik olan genin sintez edilməsi bioloji kimyanın ən yeni nailiyyətlərindən biridir.



Zülalların, RNT-nin və DNT-nin biosintezini şərti olaraq, 3 mərhələyə bölürlər: i n i s i a s i y a (təşəbbüs, biosintez prosesinin başlanması üçün verilən göstəriş), e l o n q a s i y a (sintez olunan polinukleotid zəncirlərinin uzunluğunun artması) və t e r m i n a s i y a (biosintez prosesinin sona çatması) mərhələləri.

**9.2.1. DNT biosintezinin inisiyasiya** nukleotid zənciri əsasında yeni zəncirləri sintez edilməsi prosesinin başlanğıcıdır. Bundan ötrü, əvvəlcə əsas DNT molekulunun bir hissəsində komplementarlıq prinsipi üzrə oliqoribonukleotid sintez edilir. Praymer adlanan oliqoribonukleotidin tərkibindəki riboza qalığının 3-cü karbon atomu sərbəst hidrosil qrupuna malik olur. Oliqoribonukleotidin tərkibinə 50-yə yaxın nukleotid qalığı daxildir. Onun sintezi RNT-polimeraza fermentinin təsiri altında baş verir. İnisiyasiya prosesində DNT molekulu əvvəlcə DNT-birləşdirici, sonra isə DNT-açııcı zülallarla birləşir. DNT-açııcı zülalın təsiri altında DNT molekulunun ikiqat spiraldan ibarət olan hörüyü müəyyən nahiyədə açılır. Sonra açılmış spirala DNT-polimeraza və RNT-polimeraza fermentləri birləşir. RNT-polimerazanın təsiri ilə praymer sintez olunur. Belə güman edilir ki, DNT molekulu məhz praymerin sonuncu riboza qalığının 3-hidrosil qrupu ilə birləşmiş şəkildə sintez edilir. Sonra molekul zəncirinin həmin hissəsi nukleaza fermentinin təsiri ilə yeni yaranmış oliqodezoksiribonukleotid molekulundan ayrılır.

**9.2.2. DNT sintezinin elonqasiya** mərhələsində əsas DNT molekulu replikasiyaya uğrayır və onun polinukleotid zəncirlərinin iştirakı ilə komplementarlıq prinsipi üzrə yaranan yeni DNT zəncirlərinin hər biri əsas zəncirlərdən biri ilə birləşib, ikiqat spiral əmələ gətirir. Eukariot xromosomda iki istiqamətdə replikasiya ilgəklərinin əmələ gəlməsi şəkil 63-də verilmişdir.



Şəkil 65. Eukariot xromosomda iki istiqamətdə replikasiya ilgəklərinin əmələ gəlmə sxemi

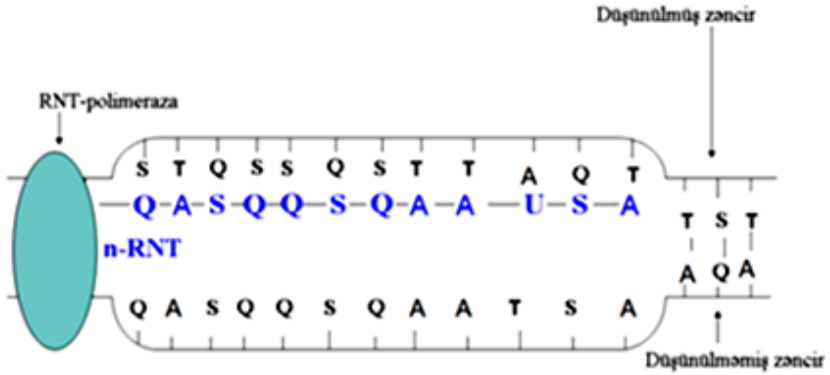
Yeni DNT zəncirləri DNT-polimeraza fermentinin iştirakı ilə sintez edilir. Zəncirlərin bir-birinə hörülərək, spiral əmələ gətirməsi isə DNT-liqaza fermentinin iştirakı ilə həyata keçir. Belə güman edilir ki, DNT sintezinin **terminasiyası** (sona çatması) əsas DNT molekulunun replikasiyasının sona çatması ilə əlaqədar olaraq baş verir.

**9.2.3. RNT-nin biosintezi (transkripsiya).** Hüceyrədə RNT-nin miqdarı sabit deyil. Hüceyrə və toxumanın növündən, yaşından və fizioloji funksiyasından asılı olaraq, onun tərkibindəki RNT-nin miqdarı müxtəlif hədudda dəyişir. Böyümə və çoxalma dövründə hüceyrələrdə RNT artır. Bundan əlavə, hüceyrələrdə olan RNT-nin tərkib və funksiyasına görə bir-birindən fərqlənən müxtəlif növləri vardır (m-RNT, n-RNT, p-RNT). Müxtəlif tərkib və quruluşa malik olan RNT molekulaları hüceyrənin nüvəsində olan DNT-nin təsiri ilə sintez edilir. RNT molekulunun DNT matrisasında biosintezi-*transkripsiya* adlanır. RNT-nin digər növlərinin də transkripsiya yolu ilə əmələ gəldiyi güman edilir.

Transkripsiya prosesinin normal gedişi üçün bu prosesin baş verdiyi mühitdə bütün nukleozidtrifosfatların (ATF, QTF, STF, UTF), matrisa vəzifəsini daşıyan DNT-nin və  $Mg^{2+}$ , yaxud



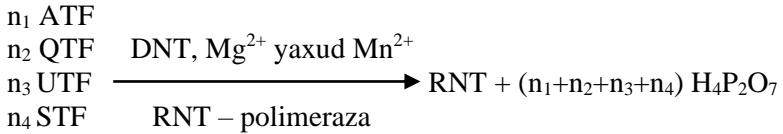
$Mn^{2+}$  ionlarının olması zəruri şərtidir.



Şəkil 66. Transkripsiya

Nukleozidtrifosfatlardan RNT molekullarının sintez olunması prosesini kataliz edən ferment RNT-polimeraza (yaxud transkriptaza) adlanır.

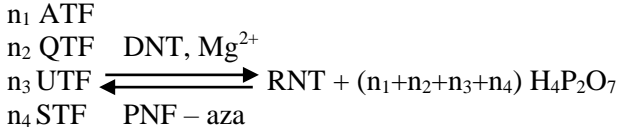
RNT-polimerazanın təsiri ilə nukleozidtrifosfatlar polimerləşərək, monomerlərin arasında 3,5-fosfodiefir rabitələri olan polinukleotid zəncirləri əmələ gətirir; bu zaman nukleozidtrifosfatlardan pirofosfat turşusu ayrılır.



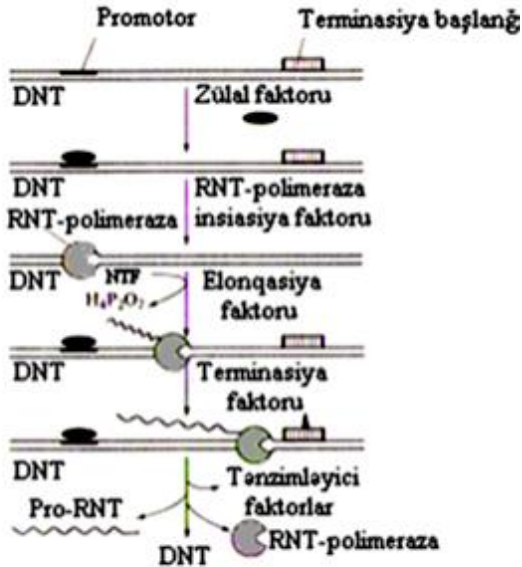
Müxtəlif canlıların toxuma və hüceyrələrində təsir xüsusiyyətinə görə RNT polimerazanı xatırladan bir neçə fermentə təsadüf edilmişdir. Bunlardan ən mühümü polinukleotidfosforilaza və RNT-sintetazadır.

Polinukleotidfosforilaza (PNF-aza) Qrunberq-Monaqa və Oçoa tərəfindən 1955-ci ildə *Azotobacter vinelandii* ekstaktında aşkar edilmişdir. Sonralar bu fermentə müxtəlif bitki və heyvan

hüceyrələrində də təsadüf olunmuşdur. PNF-aza-ribonukleoziddi-fosfat molekullarından RNT-nin əmələ gəlməsi prosesini kataliz edən fermentdir:



RNT-polimeraza matrisa ilə birlikdə-promotor adlanır. RNT-polimeraza fermenti bir neçə zülal tənzimləyici faktor (TATA) mərkəzi olan substratdan əmələ gəlmişdir. İnisiasiya prosesində (biosintez prosesinin başlanması) promotorun aktivləşməsi xüsusi nukleotid düzülüşünə malik olan TATA-faktorun köməyi ilə baş verir.



Şəkil 67. Eukariot hüceyrədə transkripsiya prosesinin çoxmərhələli sxemi.

PNF-azanın bioloji funksyası hələ tam aydınlaşdırılmamışdır. Bu fermentin hüceyrələrdə müxtəlif tipli RNT molekullarının sintezində iştirak etməsi haqqında olan nəzəri mülahizə özünü doğrultmur, çünki ribonukleoziddifosfatların və fosfat turşusunun hüceyrədaxili mühit üçün səciyyəvi hesab olunan konsentrasiyasında bu dönər reaksiyanın tarazlığı əks tərəfə yönəlir, yəni göstərilən şəraitdə reaksiya PNF-azanın təsiri ilə ribonukleoziddifosfatların polikondensasiyası istiqamətində deyil, RNT-nin fosforolizi istiqamətində gedir. Bundan əlavə, PNF-azanın iştirakı ilə sintez edilən RNT-nin birincili quruluşu “səbəb-kar” DNT-yə müvafiq gəlmir. Bunları nəzərə alaraq, güman etmək olar ki, PNF-azanın əsas bioloji funksyası hüceyrələrdə lazım gəlməyən RNT molekullarını fosfat turşusu iştirakı ilə ribonukleoziddifosfatlara çevirməkdən ibarətdir.

RNT-sintetaza fermenti tərkibində RNT olan faqlarla yoluxmuş mikroorqanizmlərdə, həmçinin belə viruslarla yoluxmuş bitki və heyvan hüceyrələrində tapılmışdır. Bu fermentin təsiri ilə nukleozidtrifosfatlardan RNT molekulları sintez edilir. Lakin RNT-sintetazanın RNT-polimerazadan əsas fərqi bundan ibarətdir ki, onun fəaliyyəti üçün mühitdə DNT molekullarının olması vacib deyil. Bu fermentin təsiri ilə hüceyrələrdə, onların yoluxduğu virus və faqlar üçün xarakterik olan RNT molekulları sintez edilir. Bu zaman virus və faqların spesifik RNT-si yeni sintez olunan RNT üçün matrisa vəzifəsini daşıyır.

RNT-polimerazadan ən yaxşı öyrənilən bağırısaq şöplərində rast gəlinən molekul kütləsi 487000 Da olan, beş substratdan təşkil olunmuş fermentdir (prokariot). Bu fermentin “-in vivo-” köməyi ilə hüceyrə nüvəsində müxtəlif m RNT, n RNT və r RNT-si sintez olunur.

1970-ci illərdə xərçəng hüceyrələrinin onkogen virusların-

da RNT matrisasında DNT-in sintezini kataliz edən ferment müəyyən olunmuşdur. Bu ferment RNT-dən asılı olan (bağlı olan) DNT-polimeraza adlandırıldı. Onu həmçinin tərsinə (geridönən) transkripsiya–refertaza prosesi adlandırırlar. Refertaza gen mühəndisliyində geniş istifadə edilir. Bu fermentin köməyi ilə m RNT-si bir sıra gen və zülalların sintezini təşkil edir. Refertaza reaksiyaları vasitəsilə normal sağlam hüceyrənin xərçəng hüceyrəsinə necə çevrilməsi öyrənilir.

DNT-in və RNT-in sintezi artıq sonuncu 40 ildə daha da dərindən öyrənilməyə başlanmışdır. Artıq bu çoxmərhələli sintez proseslərinin bir çox fermentləri məlumdur. Bu mərhələlərin mexanizminin detallarının açılması gələcəkdə bir çox xəstəliklərin əmələ gəlməsi səbəblərini müəyyən edəcəkdir və insanların orqanizminin qocalmasının qarşısı alınacaqdır.

### **9.3 Nuklein turşuları mübadiləsinin pozğunluqları**

İnsan və heyvanlarda rast gəlinən bir sıra xəstəliklər nuklein turşularının və nukleoproteidlərin mübadiləsinin pozulmaları ilə müşayiət olunur. Hazırda xromosomların sayının (Daun, Şereşevski-Terner, Kleynfelter xəstəlikləri və s.) və bəzi fermentlərin aktivliyinin (katalaza, oksidazalar, fosfatazalar və s.) dəyişməsi nəticəsində əmələ gələn müxtəlif irsi xəstəliklər məlumdur. Bu xəstəliklərin hamısı nukleoproteidlərin zülal mübadiləsinə rəhbərlik edən ayrı-ayrı şöbələrində (genlərdə) baş vermiş dəyişikliklərin nəticəsi kimi meydana çıxır.

Purin və pirmidin mübadiləsinin irsi pozulmaları nəticəsin-

də podaqra, ksantinuriya və orot turşusunun sidiklə ifraz edilməsi ilə müşayiət olunan xəstəlik halları təzahür edə bilər. Ksantinuriya xəstəliyində sidiyin tərkibində çoxlu miqdarda ksantin olur; sidik turşusunun miqdarı isə normaya nisbətən azalır. Nadir təsadüf edilən bu xəstəliyin səbəbi, orqanizmdə ksantini oksidləşdirərək, sidik turşusuna çevirən ksantinoksidaza fermentinin çatışmamasıdır. Toxumalarda orotidilpirofosforilaza və ya orotidilkarboksilaza fermenti çatışmadıqda orot turşusunun orotidil, yaxud uridil turşusuna çevrilməsi prosesi ləngiyir. Bunun nəticəsində sidiklə çoxlu miqdarda orot turşusu ifraz edilir. Bu xəstəlik anemiya ilə müşayiət olunur.

**P o d a q r a** (yunanca podus – ayaq və agrios – sərt) nuklein turşularının mübadilə pozulmaları ilə xarakterizə olunan xəstəliklərin ən geniş yayılmış növüdür. Podaqra xəstəliyinə tutulmuş şəxslərin qanında sidik turşusunun miqdarı artır (hiperurikemiya). Sağlam şəxslərin qanında 2 – 4 mq%-ə qədər sidik turşusu olduğu halda, podaqra zamanı onun miqdarı 6 mq% və daha artıq ola bilər. Sidik turşusu və onun duzları (uratlar) pis həll olan maddələrdir. Buna görə də, qanda belə maddələrin artması, onların toxumalar çökməsi ilə müşayiət olunur. Podaqra xəstəliyi zamanı qığırdaqlarda, vətər yataqlarına, oynaq kisələrinə, bəzən isə böyrəklərə, dəriyə və əzələlərə sidik turşusu kristalları yığılır. Sidik turşusunun ayaq və əl barmaqlarının (xüsusən, ayağın baş barmağının) oynaq qığırdaqlarına və qulaq sırğalığına yığılması podaqra üçün səciyyəvi haldır. Sidik turşusunun yığılması və onun yığıldığı nahiyənin iltihablaşması nəticəsində xəstələrin oynaqlarında podaqra düyünləri əmələ gəlir. Bu oynaqların quruluşunun və funksiyasının pozulmasına səbəb olur. Podaqra xəstəliyi üçün oynaqlarda vaxtaşırı baş verən kəskin ağrı tutmaları xarakterikdir. Adətən, bu ağrılar bədən temperaturunun yüksəlməsi ilə müşayiət

olunur və 3 günə qədər davam edir. Podaqra zamanı daxili üzvlər arasında ən çox böyrəklər, damarlar və ürək (skleroz şəklində) zədələnir.

Podaqra xəstəliyinin əmələ gəlməsində irsi amillərin rolu olduğu güman edilir. Orqanizmdə sidik turşusunun sintezinin sürətlənməsinə və onun böyrəklərlə xaric olmasının azalmasına səbəb olan irsi amillər podaqra xəstəliyinin əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Podaqra zamanı orqanizmdə sidik turşusunun sintezinin sürətlənməsi təcrübələrlə isbat olunmuşdur. Xəstəliyin tutmaları zamanı sidik turşusunun böyrəklərlə xaric edilməsi azalır və tutmadan sonrakı dövrdə böyrəklərin bu funksiyası yenidən bərpa edilir. Podaqranın əmələ gəlməsində qəbul edilən qidanın keyfiyyətinin də rolu vardır. Purin nukleotidləri ilə zəngin olan qida maddələrinin (məsələn, ətli qıad məhsullarının) həddindən artıq qəbul edilməsi orqanizmdə çoxlu miqdarda sidik turşusunun yığılması üçün əlverişli şərait yaradır.

## **Mövzuya aid suallar**

1. NT-in parçalanmasının əsas mərhələlərini və bu prosesdə iştirak edən əsas fermentlərin fəaliyyətini xarakterizə edin.
2. Nukleozidfosfatların biosintezini aydınlaşdırın və əsas fermentlərini göstərin.
3. Komplementarlıq prinsipi əsasında DNT və RNT-in hüceyrədə biosintezini aydınlaşdırın.
4. Purin və pirimidin əsaslarının parçalanma məhsullarını sadalayın.

5. DNT-in sintezi prosesində (replikasiya) iştirak edən fermentləri və zülal faktorlarını göstərin.

6. RNT-in sintezi prosesini (transkripsiya) – xarakterizə edin.

7. Purin və pirimidin əsaslarının biosintezində karbon və azot atomları hansı maddələrdən keçir? Onları göstərin.

8. NT-in orqanizmdə parçalanmasının son məhsullarını sadalayın.

9. Transkripsiya təsiri transkripsiya prosesindən nə ilə fərqlənir?

10. Refertaza reaksiyalarının gen mühəndisliyində və biotexnologiyada rolunu aydınlaşdırın.

## X FƏSİL

### 10 ZÜLALLARIN MÜBADİLƏSİ

Zülal mübadiləsi canlı orqanizm ilə ətraf mühit arasında maddələr mübadiləsinin ən aparıcı və mürəkkəb prosesidir. Zülali maddələr fiziki-kimyəvi və bioloji xassələrinə görə canlının əsas həyat amilidir. Hüceyrə, toxuma və orqanların əsas struktur elementidir. Canlı orqanizmlərdə gedən bütün kimyəvi proseslər zülal-ferment komplekslərinin köməyi ilə başa çatır. Buna görə bütün canlı aləmdə baş verən maddələr mübadiləsi zülali maddələrin varlığına bağlıdır.

Zülallar insan və heyvan orqanizminə müxtəlif zülal tərkibi ilə fərqlənən qida vasitəsi ilə daxil olur. Orqanizmə daxil olan qidaların tərkibində zülallarla zəngin olan (ət, balıq, şor, pendir, yumurta, noxud, lobyə, soya və s.) və az olan (meyvə, tərəvəz) ərzaqlar olur.

#### 10.1 Zülal və aminturşuların parçalanması

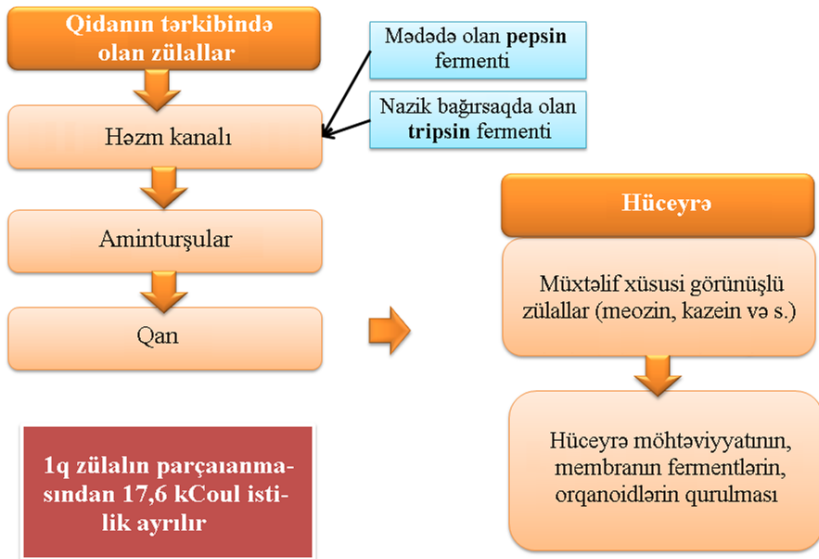
İnsan və heyvan orqanizmində zülallar da daimi katabolizmi (dissimlyasiyası) həzmlə başlayır. Həzm prosesində zülallar fermentlərin (hidrolazaların) təsiri ilə parçalanır. Zülalların mədədə turş mühitdə mədə şirəsinin təsiri ilə natamam hidrolizə uğrayır. Mədədə turş mühitdə zülallar əsasən pepsinin təsirindən albumoz və peptonlara parçalanır. Bu prosesdə bir neçə peptid rabitəsi qırılır. Bağırsaqlarda isə albumoz və peptonlar tripsin, ximotripsin, pepsin, karboksilpeptidaza, dipeptidazanın iştirakı ilə aminturşularına ayrılır. Adları çəkilən fermentlər bağırsağ möhtəviyyatın



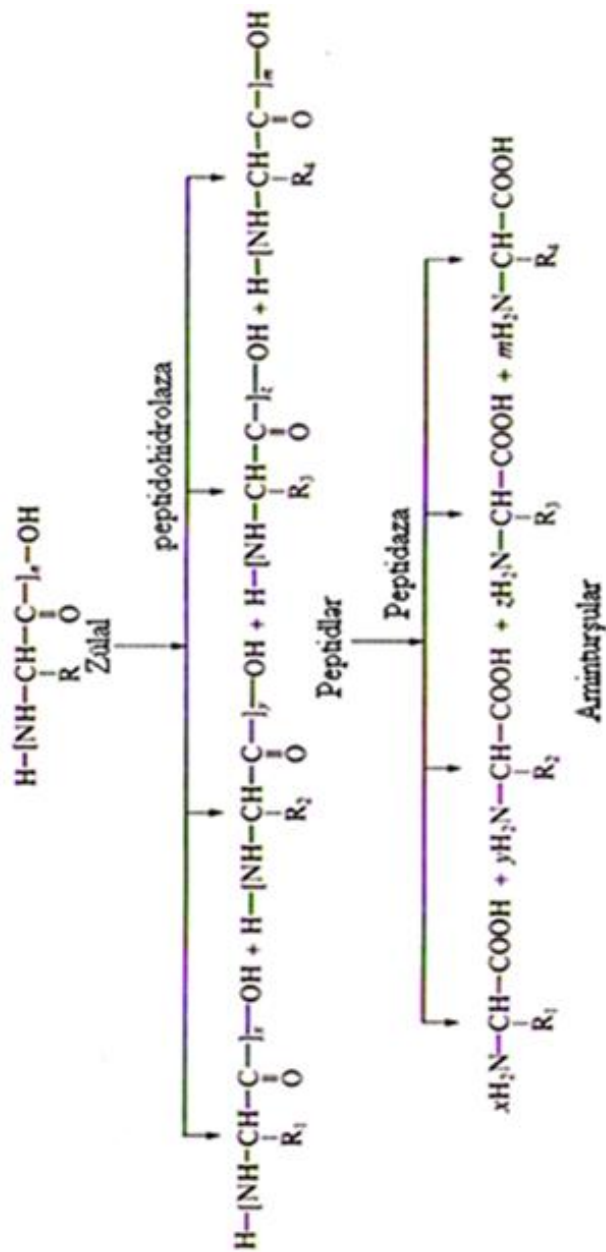
da aktiv formada olurlar. Ancaq mədə şirəsindən gələn xlorid turşusunun həmçinin bağırsaq divarlarında olan xüsusi ferment – prefermentin təsirindən aktiv formaya keçirlər.

Zülalların tam parçalanma məhsulları olan aminturşuları qana sorulur, bədənin bütün üzv və toxumalarına aparılır. Orqan və toxumalarda aminturşularından spesifik zülallar, fermentlər, hormonlar, vitaminlər və s. birləşmələr sintez olunur. Aminturşuların bir hissəsi isə hüceyrələrdə parçalanaraq bəsit birləşmələrə çevrilir və enerji verir. Bunun hesabına orqanizmin enerjiyə olan tələbatının 14%-i ödənilir. 1q zülalın parçalanmasından 4,1 kkal enerji ayrılır.

Zülalların mübadiləsi aşağıdakı sxemdə daha aydın görünür:



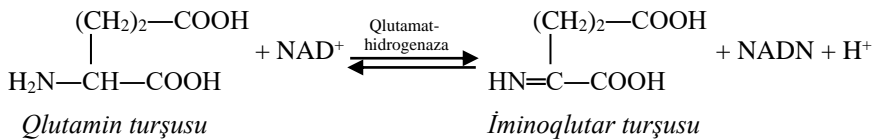
Orqanizmdə zülalların hidrolizinin ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



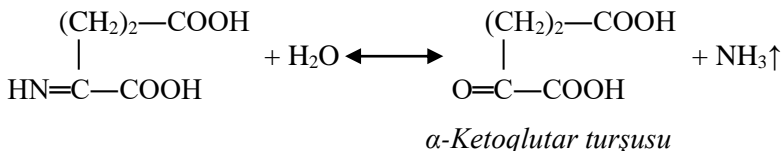
Şəkil 68. Orqanizmdə zülalların hidrolizi sxemi.

Qlükoza və üzvi turşulardan fərqli olaraq aminturşular orqanizmdə uzun müddət sərbəst şəkildə qala bilmir. Onlar müxtəlif çevrilmələrə məruz qalır. Orqanizmdə aminturşuları üç cür çevrilməyə uğrayırlar:  $\alpha$  – amin qrupuna görə, karboksil qrupuna görə və radikal çevrilmələrinə görə.

Aminsizləşmə reaksiyalarına əsas–dezaminləşmə və transaminləşmə (yenidən aminləşmə) prosesləri aiddir. Dezaminləşmə reaksiyalar müxtəlif yollarla (reduksiya olunmaqla, hidrolitik, oksidləşməklə, molekul daxili) baş verə bilər. Onlardan başlıcası oksidləşməklə aminləşmədir. Bu da iki mərhələdə gedir. Əvvəlcə aminturşu spesifik dehidrogenaza fermentlərinin təsiri ilə (koferment tərkibli –  $\text{NAD}^+$  və ya  $\text{NADP}^+$ ) oksidləşərək iminturşulara çevrilir.



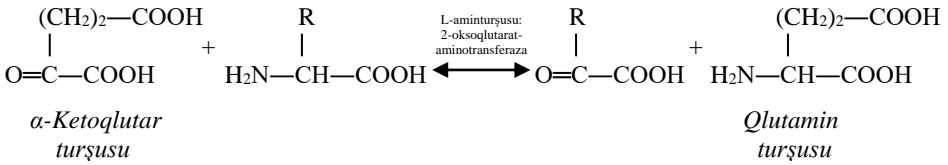
Prosesin ikinci mərhələsində iminturşu molekulu su ilə reaksiyaya girərək ammonyaka və ketoturşuya çevrilir.



Oksidləşmə aminsizləşmədə iştirak edən fermentlərin aktivliyi zəif olduğuna görə onlar insan və heyvan toxumalarında gedən aminturşu mübadiləsində mühüm rol oynaya bilmir. Amin-turşuların tərkibindəki amin qrupları başlıca olaraq, yenidən aminləşmə (transaminləşmə) yolu ilə mübadilə edilir.

Yenidənaminləşmə  $\alpha$  – ketoqlutar turşusunun keto qrupu

ilə aminturşuların  $\alpha$ -amin qrupu arasında yerdəyişmə reaksiyası nəticəsində baş verir.



Bu proses dönərdir, əmələ gələn qlütamin turşusu yenidən oksidləşməklə - aminsizləşmə prosesinə uğrayır. Nəticədə əmələ gələn  $\alpha$ -ketoqlütat turşusu *L*-aminturşularının təkrar aminləşməsi prosesinə qoşulur. Əvəzolunan aminturşuların hamısı transaminləşmə prosesində aktiv iştirak edir. Əvəzolunmayan aminturşulardan bəziləri (triptofan, metionin və s.) yenidən aminləşmə prosesində iştirak edir.

Cədvəl 13.

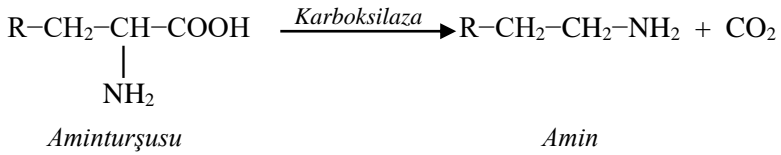
### Zülal aminturşuları

Əvəzolunmayanlar	Qismən (şerti) əvəzolunmayanlar	Əvəzolunanlar	Qismən (şerti) əvəzolunanlar
Valin	Arginin	Alanin	Tirozin
İzoleysin	Histidin	Asparagin	Sistein
Leysin		Asparagin turşusu	
Lizin		Qlisin	
Metionin		Qlutamin	
Treonin		Qlutamin turşusu	
Triptofan		Prolin	
Fenilalanin		Serin	

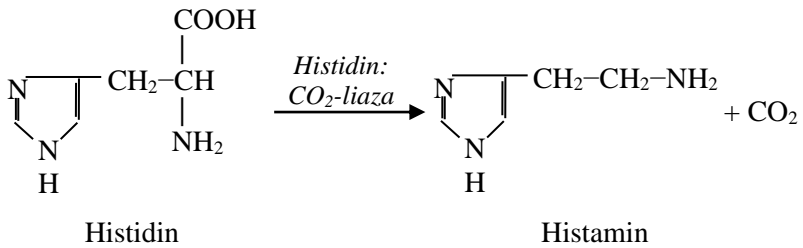
Yenidən aminləşmə reaksiyalarını kataliz edən fermentlərə transaminazalar və ya aminotransferazalar deyilir. Onların prostetik qruplarına fosfopiridoksal ( $B_6$ -vitamininin 5- fosfat efiri) daxil-

dir.

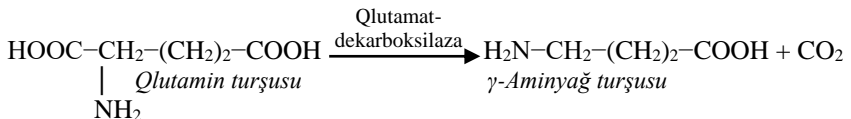
Aminturşuların toxumadaxili çevrilmələrinin müxtəlif formalarından biri də molekulun tərkibindən karboksil qrupunun ayrılması və müvafiq aminlərin əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunan *karboksilsizləşmə* reaksiyasıdır. Ümumi şəkildə bu reaksiya aşağıdakı kimi ifadə olunur.



Çox zaman aminturşuların dekarboksizləşməsindən aminlər alınır. Alınan aminlər orqanizmdə yüksək bioloji aktivliyə malik olurlar. Onları biogen aminlər adlandırırlar. Histamin daxili sekresiya vəzlərinin fəaliyyətini gücləndirir, qan təzyiqini aşağı salır.

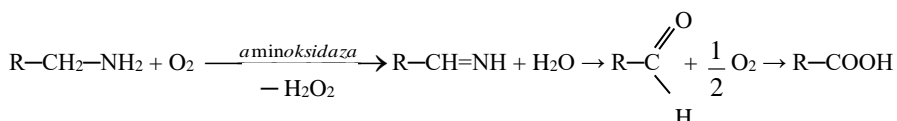


Bəzi hallarda dekarboksizləşmə prosesində başqa maddə alınır. Məsələn, qlutamin turşusunun dekarboksizləşmə məhsulu olan  $\gamma$ -aminyaq turşusu əmələ gəlir. Bu maddə sinir hüceyrələrinin təbii ləngicici amili hesab olunur.



Anoloji olaraq bu ardıcılıqla asparagin turşusunda  $\beta$ -alanin alınır. Həmçinin sistindən-sistaamin, histidindən-histamin, lizindən-kadaverin, ornitindən-putressin, serindən-etanolamin və s. alınır.

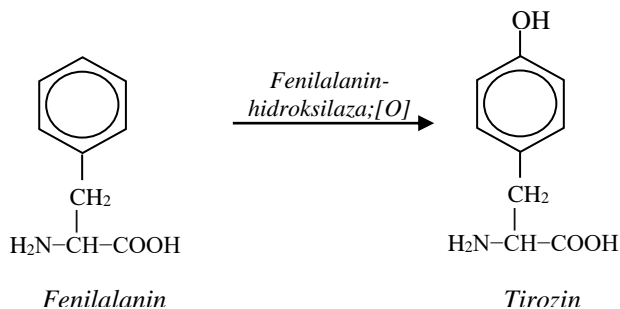
Biogen aminlərin yüksək dozaları orqanizm üçün ciddi təhlükə törədir. Buna görə də normal şəraitdə toxumalarda biogen aminlər aminoksidazaların təsiri ilə oksidləşərək müvafiq aldehidlərə və nəhayət üzvi turşulara qədər oksidləşərək orqanizmdən sidiklə xaric edilir.



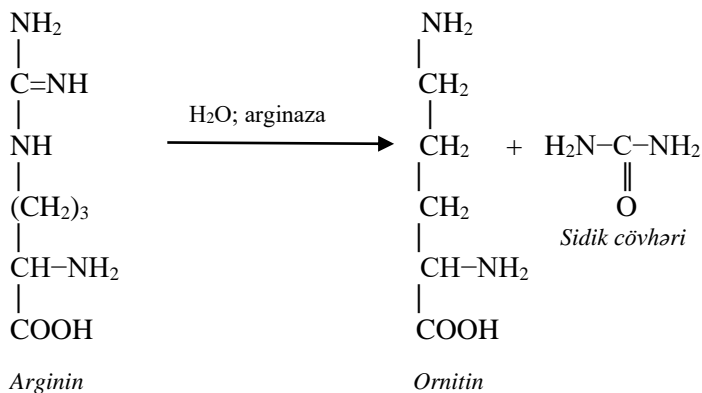
Qaraciyər, bağırsaqlarda və böyrəklərdə aminoksidazaların miqdarı daha çoxdur. Onlar da təsir etdiyi aminin mənşəyinə görə mono və diaminoksidazalara bölünürlər.

Aminturşuların karboksil qrupunun digər vacib reaksiyasından biridə onların aminoasiladenilata çevrilməsidir. Bu barədə zülalların biosintezində ətraflı məlumat veriləcəkdir.

Aminturşularının çevrilmələrindən biri də radikal yerdəyişməsidir. Bu zaman üzvi radikal görünüşünü dəyişir bir aminturşudan digərinə keçir, nəticədə yeni aminturşusu sintez olunur. Məsələn fenilalanın oksidləşməsindən tirozin alınır.

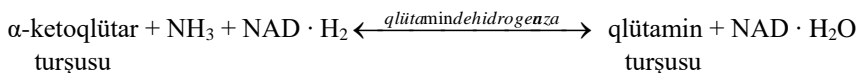


Arginin hidrolizindən ornitin və karbamid (zülal mübadiləsinin son məhsulu) alınır. Bu reaksiya arginaza fermentinin iştirakı ilə baş verir. Su molekulasındakı oksigen atomu karbamidin sintezinə sərf olunur.



Yenidən zülalların sintezində və digər maddələrin (hormonların, vitaminlərin, fermentlərin) əmələ gəlməsinə sərf olunmayan aminturşular son məhsullara: ammoniyaka, karbamidə, karbon qazına və suya parçalanır. Su orqanizmdə müxtəlif mübadilə proseslərinə qoşulur və artıq hissəsi orqanizmdən xaric edilir. Karbon qazın da həmçinin orqanizmdən xaric edilir. İnsan və heyvanların mərkəzi sinir sistemi ammoniyaka qarşı həssasdır. Orqanizmdə ammoniyakın artıq toplanması (qidanın tərkibində zülal çox olduqda) sinir oyanıqlığı və qıcolma ilə nəticələnir.

Canlı orqanizmlərin əksəriyyəti biosintez prosesində ammoniyakdan istifadə edə bilir. Ammoniyak qlütamatdehidrogenaza fermentinin katalizatorluğu şəraitində  $\alpha$ -kefoqlütar turşusu ilə birləşir:

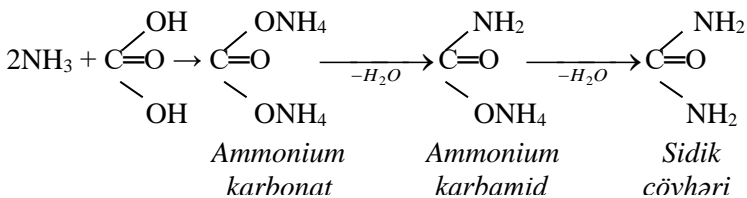


Lakin orqanizmdə əmələ gələn ammonyakın bir hissəsi istifadə edilmir və orqanizmdən ya sidik cövhəri ya da sidik turşusu şəklində xaric edilir. Quruda yaşayan onurğalılının əksəriyyəti amin azotunu sidik cövhəri şəklində xaric edilir. Bunlara urotelik orqanizmlər deyilir. Suda yaşayan heyvanların əksəriyyəti (xüsusən balıqlar) amin azotunu ammonyak şəklində xaric edilir. Bunlara ammoniotelik orqanizmlər deyilir.

Orqanizmdə qida rasionunda zülallar çox olduqda aminturşuların toxumadaxili parçalanması yüksəlir. Orqanizmdən sidik vasitəsilə xaric olunur. Azotun 6%-ə qədərini ammonium duzları, 90%-ə yaxını isə sidik cövhəri təşkil edir. Ammonyakın sidik cövhərinə çevrilməsi onu orqanizm üçün zərərsiz hala salır və asanlıqla ifraz edilir.

Əvəllər elə güman edilirdi ki, sidik cövhəri böyrəklərdə əmələ gəlir. Sonralar aydınlaşdırıldı ki, normal halda qaraciyər toxumasında sidik cövhərinin miqdarı qandakına nisbətən çox olur.

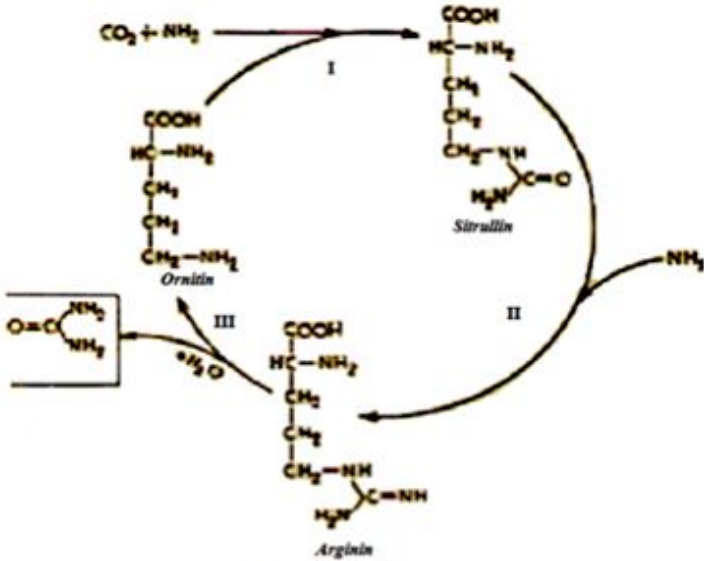
Sidik cövhərinin əmələ gəlməsi haqqında ilk nəzəriyyəni M. V. Nenski irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyəyə görə heyvan orqanizmində sidik cövhəri karbon qazı və ammonyakdan əmələ gəlir.



XX əsrin əvvəllərində bu nəzəriyyə öz əhəmiyyətini itirdi. 1932-ci ildə Krebsin qaraciyərdə apardığı təcrübələrdən aydın oldu ki, arginin, ornitin və sitrulin sidik cövhərinin sintezini sürətləndirir. Ornitin əvvəlcə CO<sub>2</sub> və NH<sub>3</sub> ilə birləşərək sitrulinə



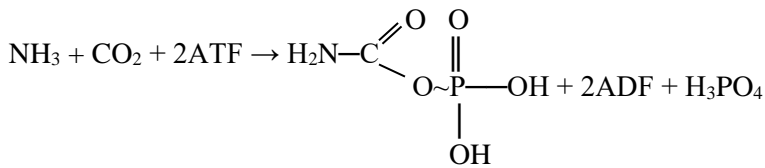
çevrilir. Alınan sitrullin yenidən bir molekul ammoniyakla reduksiya girib argininin əmələ gətirir. Arginin isə arginaza fermentinin təsiri ilə parçalanıb sidik cövhəri və ornitinə çevrilir. Ornitin karbon qazı və ammoniyakla reaksiyaya girməklə sidik cövhərinin sintezində iştirakını davam etdirir. Beləliklə sikl davam edir, bu proses “ornitin dövrünü” adlanır.



Şəkil 69. Ornitin dövrünün sxemi

Sidik cövhərinin sintezi yalnız aerob şəraitdə baş verir, onun sintezinə sərf olunan enerji ATF molekullarından alınır. Sidik cövhərinin aralıq mərhələlərini Krebs sikli tam aydınlaşdırmır. Kogen və Ratver tərəfindən yaradılan müsir nəzəriyyə ornitin dövrünün aralıq mərhələlərini aşağıdakı kimi izah edir.

Birinci mərhələdə ammoniyak və karbon qazı karbomilfosfat-sintetaza (karbamatkinaza) fermentinin iştirakı ilə ATF ilə reaksiyaya girərək, karbomilfosfat əmələ gətirir.

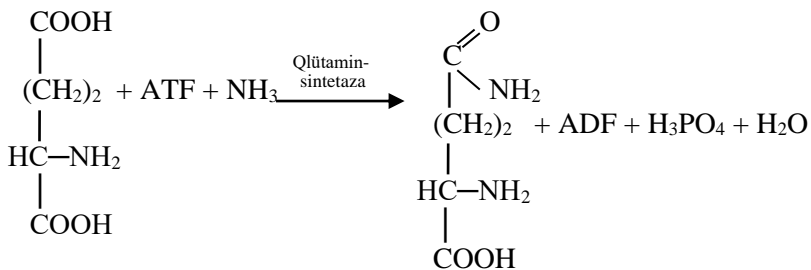


*Karbamilfosfat*

Karbamilfosfat, ornitin-karbamid-transferaza fermentinin təsiri altında ornitinlə reaksiyaya girir və yeni aminturşu sitrullin əmələ gəlir.

İkinci mərhələdə əvvəlcə sitrullin asparagin turşusu ilə kondensasiya olunaraq ATF və arginin-suksinat-sintetaza fermentinin iştirakı ilə arginin kəhrəba turşusuna çevrilir. Sonuncu isə arginin-suksinatliaza fermentinin təsiri altında argininə və fumar turşusuna parçalanır. Arginin isə arginaza fermentinin təsiri ilə hidroliz olunaraq sidik cövhərinə və ornitinə çevrilir.

Toxumalarda əmələ gələn ammoniyakın əsas hissəsi sidik cövhərinin sintezinə sərf edilməklə zərərsiz hala düşür. Lakin ammoniyakın zərərsizləşdirilməsinin başqa yolları da məlumdur. Ammoniyakın bir hissəsi asparagin və qlütamin turşularının karboksil qrupunun biri ilə birləşərək qlütamin və asparagin turşularının amidlərini (qlütamin və asparagin) əmələ gətirərək zərərsiz hala keçir.



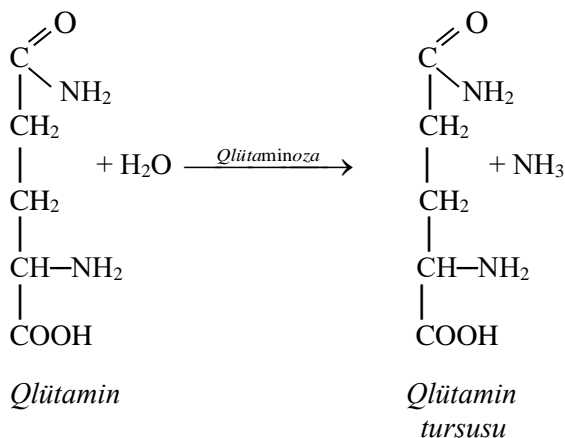
*Qlütamin turşusu*

*Qlütamin*

Asparagin də bu yolla əmələ gəlir.

Ammonyakın zərərsizləşdirilməsinin bu üsuluna müxtəlif toxumalarda (beyin, gözün torlu qişası, böyrəklər, qaraciyər, əzələlər) təsadüf olunur.

Əmələ gələn qlütamin və asparagin azot mübadiləsinin son məhsulu deyildir. Onların əmələ gəlməsinə ammonyakın müvəqqəti olaraq birləşdirilməsi və zərərsizləşdirilməsi kimi baxmaq olar. Bu maddələrin orqanizm üçün böyük əhəmiyyəti vardır. Yenidən qlütamin və asparagin qlütaminaza və asparaginaza fermentlərinin (əsasən beyində, qaraciyərdə, böyrəklərdə olur) təsiri ilə hidroliz olunaraq qlütamin turşusuna, asparagin turşusuna və ammonyaka çevrilirlər.

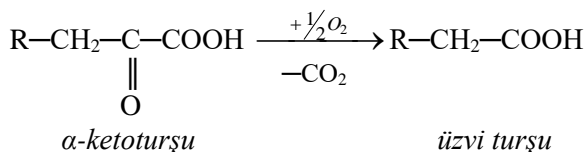


Qlütaminoza və asparaginaza fermentlərinin aktivliyi böyrəklərdə nisbətən yüksək olur. Bu fermentlərin təsiri ilə sonuncu reaksiyadan əmələ gələn ammonyak orqanizmdə mübadilə proseslərində əmələ gələn turş xassəli məhsullarda birləşərək həll olan ammonium duzları şəklində böyrəklər vasitəsilə sidiklə xaric olur. Bu bəzi kationların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) sidiklə ifrazının azalma-

sına və orqanzimin qələvi ehtiyatının mühafizə olunmasına imkan verir.

Qlütamın və asparagin isə zülallarla nuklein turşularının mübadiləsi arasında əlaqə yaradır.

Orqanizmdə müxtəlif aminturşuların aminləşməsi və ya transaminləşməsi məhsulları olan  $\alpha$  ketoturşular ya oksidləşmə yolu ilə  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$ -ya çevrilir ya da müxtəlif biosintez proseslərinə sərf edilir.  $\alpha$ -ketoturşular oksidləşdirici karboksilsizləşmə yolu ilə üzvi turşulara çevrilir.



Əmələ gələn üzvi turşular  $\beta$  oksidləşmə yolu ilə parçalanaraq sirkə turşusuna o da öz növbəsində  $\text{CO}_2$  və suya parçalanır. Aminturşu molekullarının azotsuz hissələri karbohidrat və yağların biosintezində də iştirak edə bilər. Aclıq halı keçirən bəzi heyvanlar üzərində (diabet xəstəliyi olan heyvanlar) aparılan təcrübələr nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, bəzi aminturşular qlikonegenezi (aminturşulardan karbohidratların sintezini) sürətləndirir və qaraciyərdə qlikogenin miqdarını artırır. Aminturşuların digər qrupu isə orqanizmdə keton cisimlərin əmələ gəlməsini sürətləndirir. Bu xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq aminturşular iki qrupa bölünür. Birincilər qlikonegenezi sürətləndirir-qlikoplastik, ketogenezi sürətləndirənlər isə-ketoplastik aminturşular adlanır. Aminturşulardan qlisin, alanin, serin, treonin, valin qlütamin və asparagin turşuları, histidin, arginin, prolin-qlikoplastik, leysin tirozin və fenilalanin isə-lipoplastik xassəyə malikdir. İzoleysin və hidroksiprolin zəif şəkildə hər iki xassə göstərir.

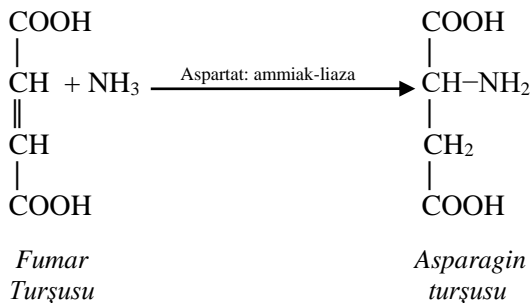
Aminturşuların qlükoplastik və ketoplastik xassələr göstər-məsi, onların tərkibində olan funksional qruplardan və onların miqdarından asılı olaraq dəyişir.

## 10.2 Aminturşuların biosintezi

Aminturşular əvvəlcə bitkilərdə qeyri-üzvi maddələrdən sintez olunur. Bitki hüceyrələrində aminturşuların sintezi üçün ilkin material kimi ammonyakdan nitrat turşusunun duzlarından və xloroplastlarda fotosintez yolu ilə sintez edilən karbohidratlar-dan istifadə edilir. Heyvani toxumalarda aminturşuların bir qismi sintez olunur (əvəzedilən aminturşular). Bir hissəsi isə orqaniz-mdə sintez olunmur (əvəzedilməyən aminturşular).

Aminturşuların ilk sintezi ketoturşuların reduksiya olun-maqla aminləşmə yolu ilə və doymamış turşuların birbaşa amin-ləşməsi ilə baş verir.

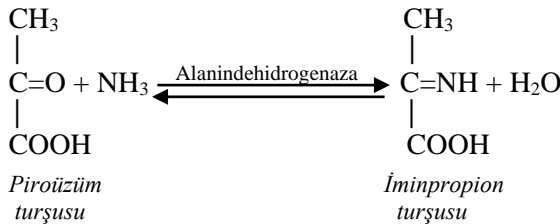
Doymamış turşuların birbaşa aminləşməsi – bitkilər və bakteriyalar üçün xarakterikdir.



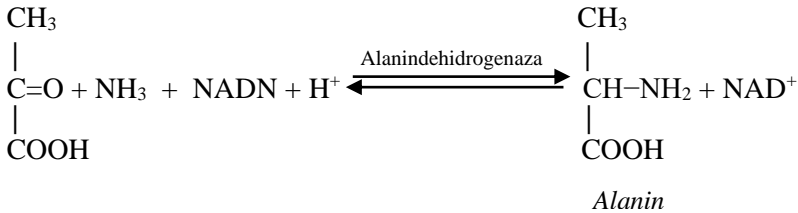
Reduksiya olunmaqla aminləşmə və oksidləşməklə amin-sizləşmə proseslərində aminturşuların sintez proseslərinin başlıca yollarıdır. Bunlar aşağıdakı reaksiyalarla baş verir.

1) Ketoturşulara ammonyakın birbaşa birləşməsi nəticəsində iminturşuların alınması.

Piroüzüm turşusunun alanindehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə ammonyakın birləşməsi aşağıdakı reaksiya vasitəsilə baş verir və nəticədə iminpropion turşusu alınır.

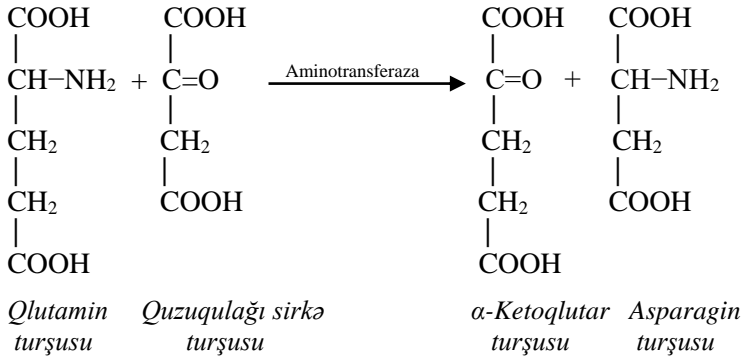


2) İminturşuların reduksiya olunmaqla aminturşulara çevrilməsi.



Aminturşularını sintez etmə səviyyələrinə görə bitki və heyvan orqanizmi bir-birindən fərqlənilir. Bitki orqanizmində 100-dən çox aminturşu molekulu sintez olunur. Onların bir hissəsi təbii zülalların tərkibində rast gəlinir. Çox hissəsi isə nadir halda rast gəlinir və özlərinə məxsus quruluşdadırlar ya sərbəst halda, ya da digər bioüzvi maddələrin tərkibində olurlar.

Bitki orqanizmində ketoturşuların reduksiya olunmaqla və birbaşa aminləşmə reaksiyası geniş yer tutur və bitkilər üçün xarakterikdir. Heyvan orqanizmində isə müvafiq ketoturşuların birbaşa aminləşmə reaksiyası üstünlük təşkil edir. Məsələn, qlütamin turşusundan asparagin turşusunun sintezi aşağıdakı kimidir.



Bitki orqanizmindən fərqli olaraq insan və heyvan orqanizmində zülal aminturşularının təxminən yarısı sintez olunur (əvəzolunanlar). Yerdə qalan zülal aminturşularının təxminən yarısı insan və heyvan orqanizmində sintez olunmur (əvəzolunmayanlar), ancaq qida vasitəsi ilə orqanizmə daxil olur. Bu bölgü şərtidir. Heyvanın növündən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, ev quşları üçün arginin əvəzedilməyən aminturşudur.

Əvəzedilməyən aminturşularının insan qidasında və heyvani yemlərdə çatışmamasından maddələr mübadiləsində pozğunluqlar baş verir. Beləki, böyümə və inkişafda ləngimələr baş verir. Bitki zülallarında bəzi əvəzolunmaz (lizin, metionin, triptofan) aminturşuları hiss olunan dərəcədə az rast gəlinir. Onları qida rasionuna daxil edirlər.

Heyvanların sağlam inkişafı üçün qidada əvəzedilməyən aminturşuları müəyyən nisbətdə olmalıdır. Bu nisbət siçovullar, toyuqlar, böyüyən donuzlar üçün təxminən müəyyən edilmişdir. İri donuzların yem payında lizin-2,5%, leysin-0,8%, arginin-0,25%, valin-1,42%, izoleysin-1,0%, fenilalanin-0,9%, treonin-1,0%, metionin-0,6%, histidin-0,5% və triptofan-0,2% olmalıdır.

Ümumdünya sağlamlıq təşkilatının məlumatına görə dörd əsas aminturşusunun illik tələbatı aşağıdakı miqdarda təşkil edir:

lizin-5 mln.t, metionin-4 mln.t, treonin-3,7 mln.t, triptofan isə-2 mln.t. İndiki zamanda bu istehsal insan orqanizminə əvəzolunmaz aminturşulara olan tələbatı tam ödəmir. İnsanın sutkalıq tələbatını ödəmək üçün əvəzedilməyən aminturşulardan triptofan-1,02q; treonin-2,0-3,02q; lizin-3,5q; metionin-2,4q; fenilalanin-2,0-4,0q; valin-4,0q; leysin-4,6q və izoleysin-3,0-4,0q olmalıdır.

Tərkibində əvəzedilməyən aminturşularını saxlayan zülallar bioloji (qidalı) dəyərli sayılır. Əvəzedilməyən aminturşuları olmayan zülallar isə bioloji (qidalı) dəyərsiz zülallar adlanır. Heyvan zülalları bioloji dəyərli, bitki zülalları (zein, qordein, qliadin, lequmin və s.) isə bioloji az dəyərlidir. Çünki sonuncular da əvəzedilməyən aminturşularının bəziləri olmur.

Zülalların bioloji (qidalı) dəyərliliyi onun tərkibindəki əvəzolunmayan aminturşularının olması ilə bərabər, həm də zülalın orqanizm tərəfindən mənimsənilmə dərəcəsi (səviyyəsi) ilə də ölçülür. Bu göstərilən mənimsəmə nə qədər çox olarsa zülalın keyfiyyəti bir o qədər yüksək olur. Bu cəhətdən yumurta və südün zülalları bioloji (qidalı) dəyərli sayılır və zülal tərkibli qidalar üçün etalon hesab edilir.

İnsanların zülala olan tələbini bioloji (qidalı) dəyərli zülallar (kazein, süd albumini, yumurta albumini və s.) tam ödəyir. Heyvanların rasionundakı zülalların tam dəyərli olması məsələsi əsas iki yolla həll edilir. Birincisi mikrobioloji yolla-bu məqsədlə mikroorqanizmlərdən istifadə edilir. Digəri isə yem bitkilərindən geniş istifadə etməkdir. Bu məqsədlə əvəzolunmaz aminturşularla zəngin olan yem bitkilərindən (amarant, raps, pax-lahlılar və s.) qarışıq halda heyvanların yem rasionuna əlavə etmək-lə onlarda ət və süd məhsuldarlığının artırılmasına nail olunur.



### 10.3 Zülalların biosintezi

Müasir mikrobiologiyanın ən əsas məsələlərindən biri təbii biopolimer olan zülal sintezi problemidir. Canlıların toxumalarına daxil olan zülallar daim parçalanır və yeniləşir. Zülalların yeniləşməsi prosesinin əsasını onların parçalanmış hissəsinin hüceyrələrdə sintez edilmiş yeni zülallarla əvəz olunması təşkil edir. Müxtəlif orqan və toxumalarda zülalların biosintezi eyni sürətlə getmir. Nişanlanmış atomlar sayəsində müəyyən olunmuşdur ki, insan qaraciyərində zülalların yarımparçalanma dövrü 9 gün, əzələ zülallarınkı 120 gündür. Gün ərzində insan toxumasında 1,3 q zülal sintez olunur (1 kq canlı kütləyə görə). Məlumdur ki, eritrositlər 110 gündən artıq yaşamır: ölmüş eritrositlərdə olan hemoglobin isə öz əvvəlki funksiyasını itirir. Bu qanyaradıcı hüceyrələrdə fasiləsiz olaraq hemoglobinin sintez edilməsi zərurətini qarşıya çıxarır. Zülal sintezinin əsas xüsusiyyətlərindən biri onun dəqiqliyidir: Zülalların molekulyar quruluşunun genetik proqramı orqanizm tərəfindən mühafizə olunur və nəsil-dən-nəsilə verilir. Bunun nəticəsində orqanizmdə eyni bir zülal molekulyarının dəfələrlə sintez olunmasına baxmayaraq, onlarda aminturşu qalıqlarının yerləşmə ardıcılığı bir-birindən nəzərə çarpacaq dərəcədə fərqlənmir.

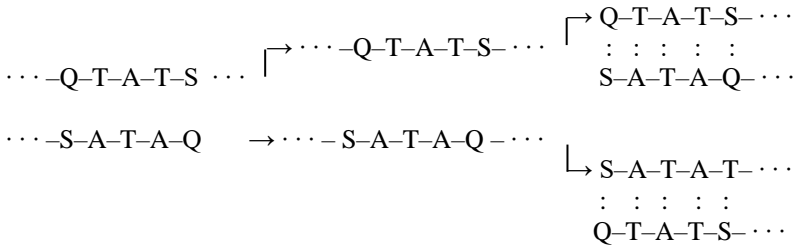
Zülalların hüceyrədaxili biosintezi mexanizminin bir çox detalları hələ tam açıqlanmayıbdır. Bu sahədə hələ bir çox işlər görülməlidir. Ancaq zülal biosintezi bəzi məqamları öyrənilmişdir. Bu məsələlərin həllində A. M. Belozerskonun, O. S. Spirinin, A. A. Baevin, F. Krikin, S. Oçoanın, M. Nirenberqin, E. Uebbanın və başqalarının xidmətləri olmuşdur.

Zülallar sitoplazmada yerləşən kiçik hüceyrə orqanoidlərində-ribosomlarda sintez olunur. Hüceyrə nüvəsində olan DNT bu prosesə rəhbərlik edir. DNT molekulyarında monomer vahidləri-

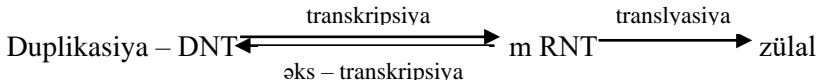
nin (mononukleotidlərin) yerləşmə ardıcılığı ribosomda sintez olunan zülalların aminturşu tərkibini müəyyənləşdirir. İkiqat spirala malik olan DNT molekulunun müxtəlif hissələri bir-birindən fərqlənən müxtəlif zülalların sintezinə rəhbərlik edir. DNT molekulunun hər bir zülalın sintezi üçün müvafiq gələn hissəsi *sistron* (struktur gen) adlanır. Molekul kütləsi 50 000 *Da* yaxın olan zülalın sintezini idarə edən sistronun (genin) tərkibində təxminən 1500 nukleotid olur.

Zülalların biosintezi aşağıdakı ardıcılıqla baş verir.

Zülalların sintezində nuklein turşuları: dezoksiribonuklein turşusu və ribonuklein turşusu (DNT və RNT) əsas rol oynayır. DNT molekulaları ikiləşmək yolu ilə çoxalır. Buna *replikasiya* deyilir. Bu proses sxematik belə göstərilir:



Zülalın sintezi haqda genetik məlumat DNT-də saxlanır. Bu da məlumat RNT-sinə DNT-dən RNT-nin sintezi zamanı verilir. Bu proses *transkripsiya* və *translyasiya* prosesləri sxematik belə göstərilir.



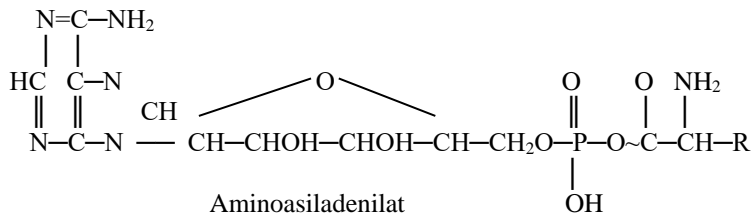
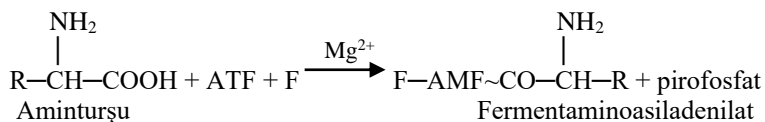
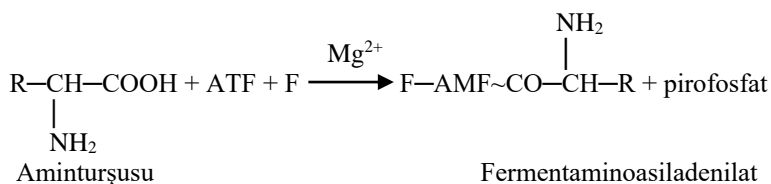
Reduplikasiya və transkripsiya prosesləri hüceyrənin nüvəsində törənir.

Transkripsiya transkripaza və ya replikaza ilə kataliz olu-

nur. Nüvədə əmələ gəlmiş mRNT sonra ribosoma gətirilir və orada onun göstərişi ilə lazım olan tərkibdə və quruluşda zülal sintez edilir. Bu prosesə, yəni mRNT-dəki məlumata görə zülalın sintezinə *t r a n s l y a s i y a* deyilir. Translyasiyanın 4 hərfli əlifba yazısından 20 hərfli əlifba yazısına keçmək kimi də adlandırmaq olar. Burada 4 hərf nuklein turşularındakı nukleotidlər, 20 hərf isə zülallardakı aminturşuları hesab olunur. Beləliklə, zülalın sintezi barədə məlumat DNT-dən ribosomlara məlumat RNT-si ilə gətirilir və orada yerinə yetirilir.

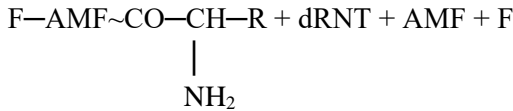
Məlumat RNT-də polipeptid zəncirinin sintezini icra edən sahəyə *g e n* və ya *s i s t r o n* deyilir. Sistronlar birlikdə *g e n q r u p u*, yaxud *o p e r o n* adlanır.

Zülalın sintezində sitoplazmada əvvəlcə aminturşuları, onların karboksil qrupu fəallaşdırılır. Bu da xüsusi fermentlərin – aminoasil – dRNT sintetazaların (F), ATF-in, maqnezium ionlarının iştirakı ilə gedir.

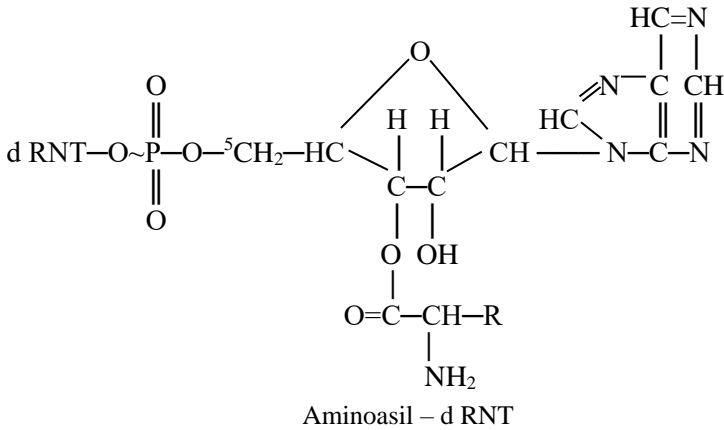


Aminturşularının fəallaşmasında iştirak edən fermentlər spesifikdir. Bunlara misal tirozin – dRNT – sintetazanı, leysil rRNT – sintetazanı, qlisil – dRNT – sintetazanı və qeyrilərini göstərmək olar.

İkinci mərhələdə fəallaşmış aminturşuları (-at) daşıyıcı ribonuklein turşuları (dRNT) ilə ribosomlara aparılır.



Fəallaşmış aminturşusu dRNT nukleotidinin ribozası hesabına (3-cü karbonla) mürəkkəb efir tipli rabitə ilə birləşir:

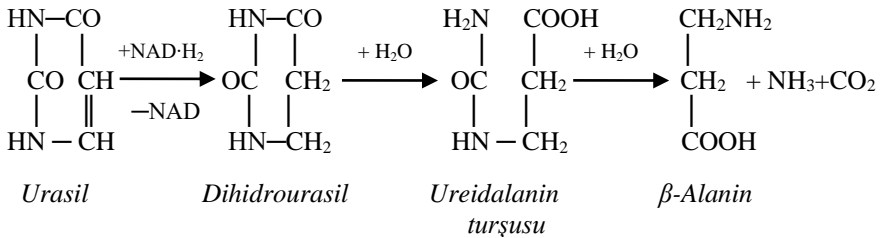


Daşıyıcı RNT-lər də spesifikdir. Hər aminturşusunun özünün daşıyıcı RNT-si (dRNT) vardır. Bunların çoxunun quruluşu müəyyən edilmişdir. Valinin daşıyıcı RNT-nin birinci quruluşu akad. A. A. Bayevin rəhbərliyi ilə öyrənilmişdir.

Daşıyıcı RNT-nin yeni növü – kvadruplet dRNT-də müəyyən edilmişdir (D. Ridll və C. Kerbon). Bu növ dRNT mutasiya nəticəsində genetik mətnədə pozğunluq baş verdikdə əmələ gəlir və yaranan səhvliliyi düzəldir. DNT-də baş vermiş pozulma prosesinin

düzəlməsi r e p a r a s i y a adlanır.

Ribosomlarda məlumat RNT-nin (mRNT) göstərişi ilə dRNT-lərlə gətirilmiş fəallaşmış aminturşuları müəyyən ardıcılıqla peptid rabitəsi ilə birləşməklə polipeptid zənciri əmələ gətirir. Peptid rabitəsinin əmələgəlmə prosesi t r a n s p e p t i d a s i y a adlanır. Polipeptid zəncirinin sintezi aminturşularında azotdan karbona tərəf istiqamətində aparılır.



Ribosomlarda aminturşularının birləşmə prosesinin başlanmasına i n i s i a s i y a, polipeptid zəncirinin uzanmasına isə p r o l o n q a s i y a (və ya e l o n q a s i y a) deyilir.

Ribosom iki: iri və xırda subvahiddən ibarətdir. İri subvahiddə (50S) iki rRNT (5S və 23S rRNT) və 34 müxtəlif zülal, kiçik subvahiddə (30S) isə bir rRNT (16S rRNT) və 21 fərdi zülal vardır. Məlumat RNT-si xırda subvahidlə birləşir, polipeptid zənciri isə iri subvahiddə əmələ gəlir. Sonuncuda iki sahə: peptidil (R-sahəsi) və aminoasil sahəsi (A-sahəsi) vardır. Peptidil sahəsində d o n o r s a h ə s i və aminoasil sahəsinə a k s e p t o r s a h ə s i d ə deyilir. Aminoasil-dRNT əvvəlcə A sahəsi və sonra keçib R sahəsi ilə birləşir. Bu prosesə, yəni aminoasil-dRNT-nin A sahəsindən R sahəsinə keçməsinə t r a n s l o k a s i y a deyilir. Aminturşuları translokasiya zamanı bir-birilə birləşir, polipeptid zənciri əmələ gətirir. Bu prosesə prolonqasiya zamanı quanozintrifosfatın (QTF) iştirakı ilə xüsusi zülallar (U-amili) kataliz olunur.

Polipeptid zəncirlərində aminturşularının düzülmə ardıcılığı məlumat RNT-sindəki və daşıyıcı RNT-lərdəki tripletlərlə Çarqaf qaydası ilə kodon və antikodonlarla nizamlanır. Bu tripletlər (və ya kodlar) DNT və RNT-lərdə ardıcıl birləşmiş üç nukleotiddir. Nukleotidlərdə azotlu əsaslardan əsasən adenin (A), quanin (Q), sitozin (S), timin (T) və urasil (U) iştirak edir.

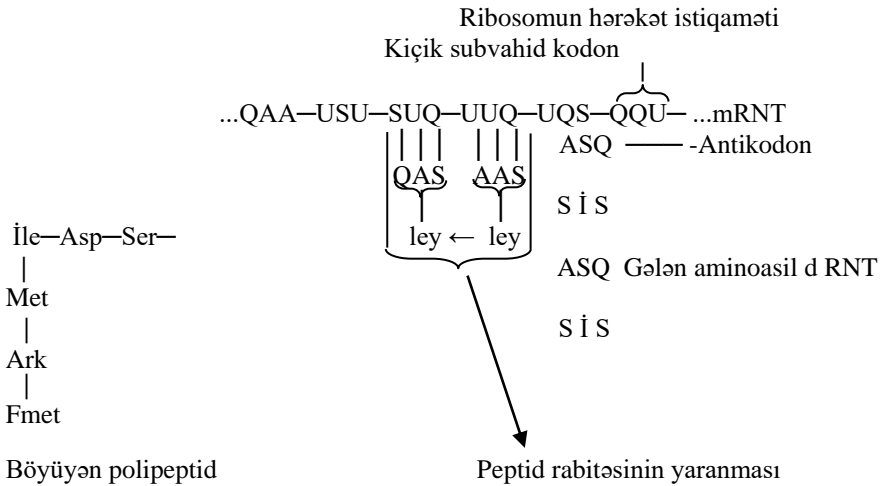
Cədvəl 14.

Aminturşuların kodonları	
Aminturşular	Kodonlar
Alanin	QSU, QSS, QSA, QSQ
Arginin	SQU, SQS, SQA, SQQ, AQA, AQQ
Asparagin	AAU, AAS
Asparagin turşusu	QAU, QAS
Sistein	UQU, UQS
Qlütamin turşusu	QAA, QAQ
Qlütamin	SAA, SAQ, QQA, QQQ
Qlisin	QQU, QQS
Histidin	SAU, SAS
İzoleysin	AUU, AUS, AUA
Leysin	SUU, SUS, SUA, SUQ, UUA, UUQ
Lizin	AAA, AAQ
Metionin	AUQ
Fenilalanin	UUU, UUS
Prolin	SSU, SSS, SSA, SSQ
Serin	USU, USS, USA, USQ, AQU, AQS
Treonin	ASU, ASS, ASA, ASQ
Triptofan	UQQ
Tirozin	UAU, UAS
Valin	QUU, QUS, QUA, QUQ

Burada A-adenil, Q-quanil, S-sitidil, U-uridil nukleotidləridir.

Məlumat RNT-sindəki tripletlərə k o d o n l a r və daşıyıcı,

RNT-lərdəki tripletlərə isə a n i k o d o n l a r deyilir. Fenilalanin tripletində nukleotidlər SSU, alanininkində SSQ, triptofaninkında SQT, valininkində UUQ ardıcılığında düzölmüşlər və s. Bunlar elə ardıcılıqla düzölmüşdür ki, bir-biri ilə, yəni dRNT-nin tripleti mRNT-nin tripleti ilə birləşir. Buna k o d o n - a n t i k o d o n t a n ı m a s ı deyilir. Bununla da aminturşularının ardıcıl birləşməsi nəticəsində polipeptid zəncirinin sintezi təmin olunur. Bunu sxematik olaraq belə göstərmək olar:



Polipeptid zəncirinin uzanma prosesinin qurtarmasına prolonqasiyasının dayanmasına t e r m i n a s i y a deyilir. Terminasiya boş kodların-terminasiya kodlarının (UAQ, UAA, UQA) iştirakı ilə dRNT ilə həyata keçirilir. Lakin onda aminturşusu olmur.

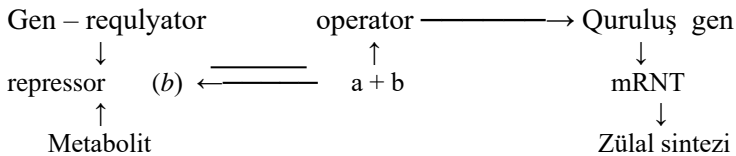
Polipeptid zəncirinin əmələ gəlməsi tamamlandıqdan sonra onda formalaşma gedir, qıvrılıraq müəyyən forma alır. Bu isə hidrogen, disulfid tipli rabitələrin və s. yaranması ilə əlaqədardır. Bu rabitələr polipeptid zəncirinə xüsusi forma verməklə, zülal molekulunun ikinci və üçüncü quruluşunu yaradır. Yuxarıda gös-

tərilən rabiə növləri iki və çox polipeptid zəncirlərindən əmələ gəlmiş zülal molekullarının formalaşmasında dördüncü quruluşun yaranmasında da iştirak edir. İnsulun, hemoqlobin, laktodehidrogenaza və qeyri-zülalların fəza quruluşu belə yaranır.

Müəyyən edilmişdir ki, adadovşanın retikulositlərində hemoqlobinin alfa-zənciri təxminən 3 dəqiqəyə sintez olunur (Dinsis və s.). Polipeptid zəncirləri xüsusi fermentlərin iştirakı ilə formalaşaraq spesifik zülallara çevrilir. Onların fiziki, kimyəvi və bioloji xüsusiyyətləri də bununla müəyyənləşdirilir.

Zülalların biosintezi kimi nizamlanma mexanizmi də mürəkkəbdir.

Zülalların sintezinin tənziyi Jakob və Mono nəzəriyyəsinə verilmişdir. Bunların fikrincə gen-requlyator repressorla metaboliti (maddəni) birləşdirir. Repressorla birləşmiş metabolit operatora təsir edib, quruluş genini fəallaşdırır. Sonuncudan isə metabolitin məlumat RNT-si əmələ gəlir və zülallar sintez edir. Bu prosesi sxematik belə göstərmək olar:



Jakob və Mononun nəzəriyyəsi molekulyar biologiyanın əsas nailiyyətlərindən sayılır. Bu nəzəriyyə hələ də öz əhəmiyyətini itirməmiş zülalların sintezinin tənзимində aparıcı yer tutur.



## Mövzuya aid suallar

1. Nə üçün zülal mübadiləsi orqanizmdə başlıca yer tutur.
2. Aminturşuların orqanizmdə parçalanma mərhələlərini xarakterizə edin və bu mərhələlərdə iştirak edən əsas fermentləri sadalayın.
3. Maddələr mübadiləsində aminturşuların üç cür çevrilməsinin əsas mahiyyətini aydınlaşdırın.
4. Zülal mübadiləsinin son məhsullarını göstərin.
5. Aminturşuların bitki və heyvan orqanizmində biosintezi bir-birindən nə ilə fərqlənir?
6. Ribosomların bioloji rolunu izah edin.
7. nRNT-in quruluşunu zülal sintezi prosesində rolunu izah edin.
8. Kodonlar və antikodonlar barədə məlumat verin.
9. Transkripsiya, translyasiya proseslərini xarakterizə edin.
10. Zülal sintezində m RNT-in, n RNT-in və r RNT-in bioloji rolunu aydınlaşdırın.

## XI FƏSİL

### 11. KARBOHİDRATLARIN MÜBADİLƏSİ

Karbohidrat mübadiləsi maddələr mübadiləsində aparıcı yerlərdən birini tutur. Karbohidratların parçalanmasından və oksidləşməsindən orqanizmdə əmələ gələn enerjinin rolu əvəzsizdir. İnsan orqanizminin həyat fəaliyyəti ərzində sərf etdiyi enerjinin 70%-ə qədəri karbohidratların parçalanması və oksidləşməsi nəticəsində yaranır. Bu enerjinin istifadə olunmayan hissəsi makroergik rabitələrdə ATF molekulunda ehtiyat şəklində toplanır. Otyeyən heyvanların enerji balansı karbohidratların mübadiləsi hesabına qurulur.

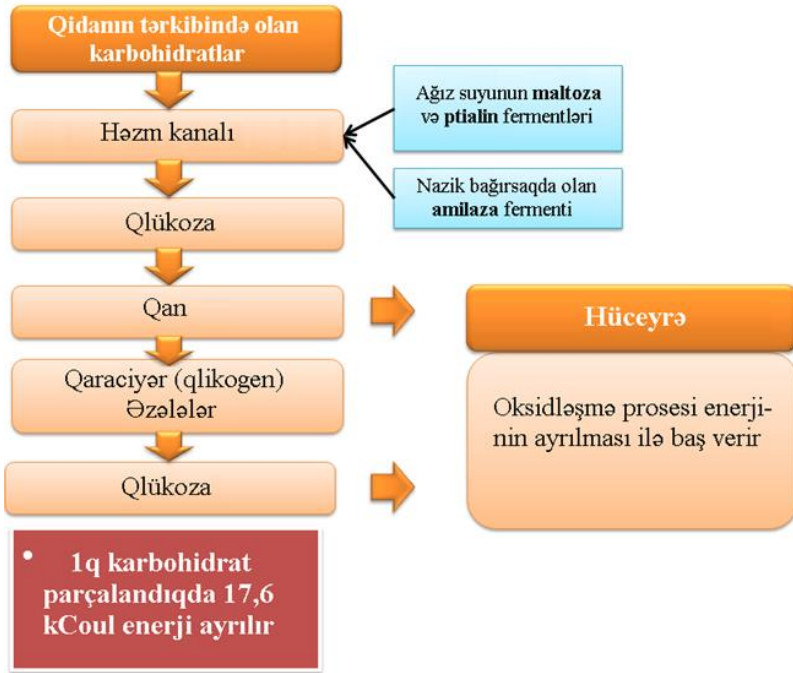
Karbohidratlar energetik materialdan başqa, onların parçalanma məhsulları yağların, piylərin, aminturşuların və qeyri-birləşmələrin sintezində, bəzi nümayəndələrindən tikinti materialı kimi (nukleotidlər və s.), müdafiə məqsədilədə (əks cisimlərin əmələ gəlməsində) istifadə olunur.

Karbohidrat mübadiləsi bir-birilə üzvi sürətdə əlaqəli olan ardıcıl proseslərdən ibarətdir. Bunlara aşağıdakılar aiddir: 1) karbohidratların qida vasitəsilə qəbulu; 2) mürəkkəb karbohidratların həzm sistemində parçalanması; 3) monosaxaridlərin bağırsaqlardan sorulması; 4) sorulmuş monosaxaridlərin toxuma və orqanlara daşınması; 5) toxumalarda karbohidratların parçalanması və onlardan digər maddələrin sintezi; 6) karbohidratların parçalanmasının son məhsullarının orqanizmdən xaric edilməsi.

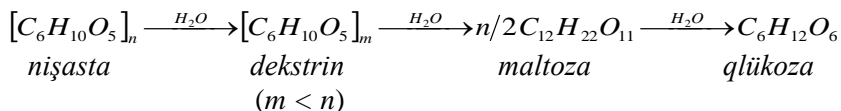
## 11.1 Karbohidratların həzm sistemində çevrilməsi

Heyvan və bitki mənşəli qidanın tərkibində olan karbohidratlar ağızda mexaniki, fiziki və qismən biokimyəvi təsirə uğrayır.

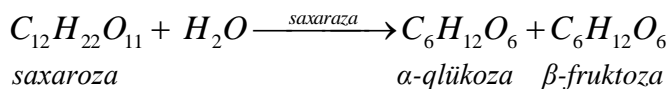
Karbohidrat mübadiləsinin sxemi aşağıdakı kimidir:



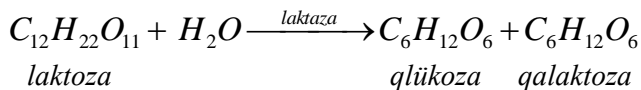
Bunlar ağız boşluğunda az saxlandığından ağız suyunda olan  $\alpha$ -amilaza və  $\alpha$ -qlükozidaza (maltaza) fermentlərinin təsirindən qismən hidrolitik parçalanma prosesinə məruz qalırlar. Amilaza nişasta və qlikogeni maltozaya qədər,  $\alpha$ -qlükozidaza (maltaza) fermenti isə disaxarid maltozanı qlükozaya qədər parçalayır. Aralıq məhsul isə dekstrinlər alınır. Bu prosesi aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



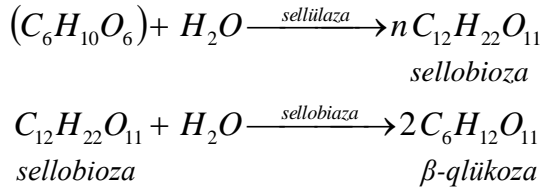
Mədədə karbohidratları parçalayan ferment yoxdur. Ağız suyunun amilazası mədənin turş mühitində (pH=1,5 – 1,8) fəallığı itir. Mədə möhtəviyyatından sonra karbohidratlar onikibarmaq bağırsağa keçir. Burada mədəaltı vəzin ifraz etdiyi pankreatik  $\alpha$ -amilaza fermentlərin təsiri ilə maltoza, laktoza, saxarozanı və s. monosaxaridlərə (qlükoza, fruktoza, qalaktoza və s.) qədər parçalayır. Karbohidratların parçalanması nazik bağırsaqda zəif qələvi mühitdə (pH=7,3 – 8,7) davam edir. Ancaq son məlumatlara görə karbohidratların hidrolizi hüceyrə membranında da gedir. Epiteli hüceyrəsinin nazik divarlarında bir sıra fermentlər: maltaza, saxaraza,  $\beta$ -qalaktozidaza (laktaza) və s. mövcuddur ki, onlar da disaxaridləri monosaxaridlərə parçalayırlar. Maltaza fermenti maltozanı 2 molekul  $\alpha$ -qlükozaya, saxaraza fermenti saxarozanı qlükozaya və  $\beta$ -fruktozaya parçalayır.



$\beta$ -qalaktozidazanın (laktaza) təsirindən laktoza qlükozaya və qalaktozaya parçalanır.



İnsan və heyvanların həzm şirələrində sellüloza -1,4 qlükon-4-qlükonohidolaza K·F·3.2.1.4 fermenti sellülozanı sellübiozaya qədər parçalayır. İnsanlarda bu proses yoğun bağırsaqlarda mikrofloranın təsiri ilə az miqdarda baş verir.



Monosaxaridlər müxtəlif sürətlə qana sorularaq qaraciyər və başqa orqanlara aparılır. Qlükozanın bağırsaqdan qana sorulma sürətini şərti olaraq 100 götürsək, qalaktozanınkı 110, fruktozanınkı 43 və mannozanınkı 19-dur. Pentozaların sorulma sürəti daha zəifdir.

Qaraciyərdə, əzələlərdə və başqa orqanlarda qlükozanın müəyyən hissəsi qaraciyərdə qlikogenə çevrilir və ehtiyat maddə kimi toplanır. Qalan hissəsi isə qanla orqanlara aparılaraq, hüceyrələrdə oksidləşmə prosesinə uğrayır.

Orqan və toxumalarda karbohidratların: əsasən qlikogenin və qlükozanın miqdarı nisbətən sabit olur. Qanda qlükozanın miqdarı insanda 80–120 mq%, atda 90–110 mq%, kövşəyən heyvanlarda 40–100 mq%, inəkdə 60–100 q%, camışda 70–90 mq%, qoyunda 60–90 mq%, donuzda 40–250 mq%, itdə 70–100 mq% arasında dəyişir. Qlükozanın və başqa karbohidratların miqdarının qanda və s. orqanlarda nizamlanması sinir sistemi və daxili sekresiya vəziəri ilə aparılır. Onlardan adrenalinin, insulinin, kortikosteronu, qlükaqonu və s. hormonları göstərmək olar.

İnsulin və adrenalin bir-birinin antiqonistidir. İnsulin hormonu qaraciyərdə, əzələlərdə və s. orqanlarda qlükozanın qlikogenə çevrilməsini sürətləndirir, qlükozanın bir hissəsini (30%) isə yağa çevirir, aminturşuların karbohidratlara çevrilməsini dayandırır, qlikoneogenezi ləngidir. Adrenalin isə bunun əksinə təsir göstərir, yəni qlikogenin qlükozaya çevrilməsində iştirak edir, qanda süd turşusunu artırır.

Tiroksin və hipofizin hormonları əzələlərdə olan qlikogeni qlükozaya çevirir. Ona görə də diabetogen hormonlar sayılır. Bunun əvəzində azotsuz üzvi birləşmələrdən karbohidratların sintezini sürətləndirir. Kortikoidlər (kortizon, kortikosteron və s.) insulinin əksinə təsir edir, qaraciyərdə qlikoneogenezi sürətləndirir, qlükozanın mübadiləsini zəiflədir.

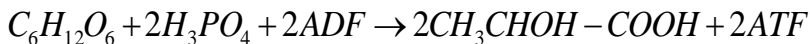
Qanda qlükozanın miqdarının nizamlanması uzunsov beyində şəkər mərkəzinin iştirakı ilə həyata keçirilir.

Qanda qlükozanın miqdarının sabitliyi pozulduqda – yəni hipoqlikemiya zamanı qanda qlükozanın miqdarı azaldıqda (istifadə artdıqda, qəbulu azaldıqda və s.) heksokinazanın fəallığı azalır, toxumalar, xüsusilə mərkəzi sinir sistemi qlükoza ilə təmin olunmur, bihuşluq baş verir. Hiperqlikemiya (qanda qlükozanın miqdarının çoxalması) heksokinazanın fəallığı artır, qlükozadan tam istifadə olunmur, sidiklə 8–10% qlükoza ifraz edilir. Hiperqlikemiya diabet zamanı, hipofizin, qalxanvari və böyrəküstü vəzilərin hiperfunksiyası nəticəsində baş verir.

## **11.2 Karbohidratların aralıq mübadiləsi**

Karbohidratların həzm aparatında qlükozaya qədər parçalanması aralıq mübadilənin başlanğıcı hesab olunur. Aralıq mübadilə iki mərhələdə gedir. Onlardan biri anaerob, digəri aerob mübadilə adlanır. Anaerob mübadilənin son məhsulu süd turşusu, aerob mübadilənin isə karbon qazı və sudur.

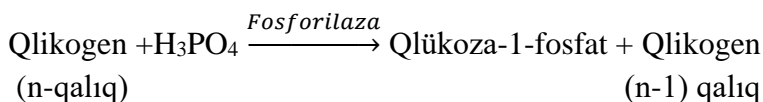
Anaerob mübadilə qlikogendən başlayırsa qlikogenoliz, qlükozadan başladıqda Embden – Meyerhof – Parnas (EMP) yolu və ya qlikoliz adlanır. Qlikolizin ümumi tənliyinin sxemi belə yazılır:



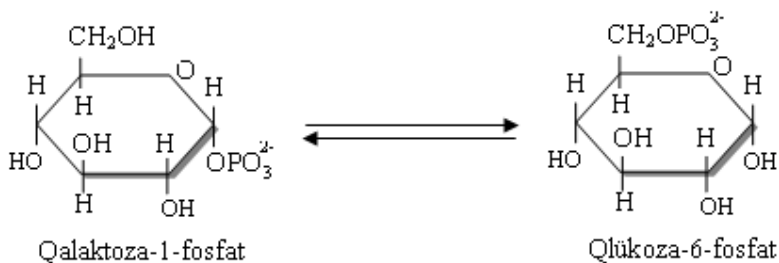
Burada 50 kkal enerji ayrılır. Onun 20 kkalorisi (2 molekul) ATF-də toplanır və 30 kkalorisi isə istilik enerjisi şəklində çıxır. Beləliklə, qlikolizin energetik faydalılığı təxminən 35% təşkil edir.

Qlikogenolizdə qlikolizdən fərqli olaraq 3 molekul ATF əmələ gəlir. Çünki qlikogenolizdə qlükoza-6-fofatın əmələ gəlməsinə ATF istifadə olunmur.

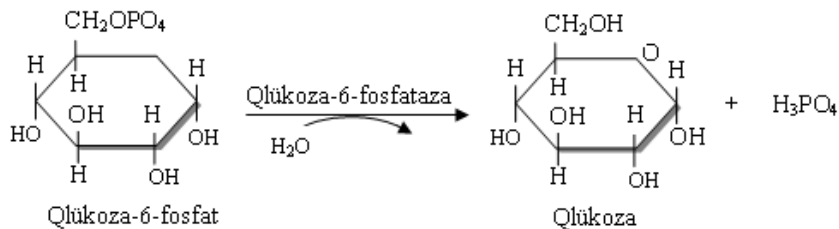
Toxumalarda qlikogen ilk mərhələdə fosforoliz yolu ilə parçalanaraq qlükoza-1-fofata ayrılır.



Qlükoza -1-fofat qlükoza-1,6 difosfat kofermentinin iştirakı ilə fosfoqlükomutaza fermentinin təsirindən qlükoza-6-fofata çevrilir.



Bu qarışıq birləşmədə 95% qlükoza-6-fofat olur. Bu reaksiya qaraciyərin fosfoqlükomutaza reaksiyasının məhsulu adlanır. Qlükoza 6-fofat qaraciyərdə qlükoza-6-fofataza fermentinin iştirakı ilə sərbəst qlükozaya və fosfat turşusuna parçalana bilər.



Həmçinin qlükoza-6-fosfat qlikoliz prosesinə qoşula bilər.

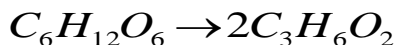
Esterləşmə (efirləşmə) reaksiyasına daxil olmamış qlükoza qana daxil olur qan vasitəsilə toxumalara daşınaraq energetik material kimi istifadə olunur. Qlükoza-6-fosfat isə bir çox toxumalarda (əzələ və beyin toxumasından başqa) ATF-in regenerasiyasına və enerjinin çıxarılmasına (ayrılmasına) sərf olunur.

Qlükoza-6-fosfatın orqanizmdə parçalanması iki istiqamətdə: 1) Dixotomik istiqamət (anaerob çevrilmə) bu istiqamətdə molekula tən yarıya bölünür.

2) Apotomik parçalanma – molekula birinci karbon atomunu itirir.

### 11.3 Dixotomik yolla (anaerob) qlükoza-6-fosfatın parçalanması

Bu üsulla parçalanmada qlükoza iki molekul süd turşusuna parçalanır.



$$\Delta G^0 = -196,9 \text{ K Coul/mol}$$

Spirtdə qıvcırmada isə qlükoza etil spirtinə və karbon qazına parçalanır.



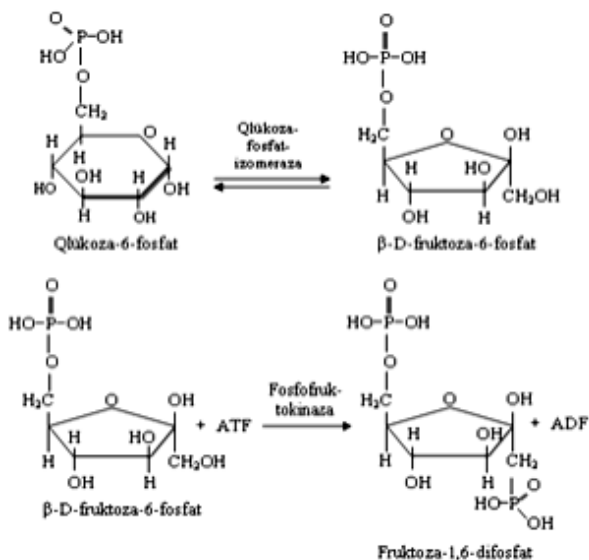


$$\Delta G^0 = -156,9 \text{ K Coul/mol}$$

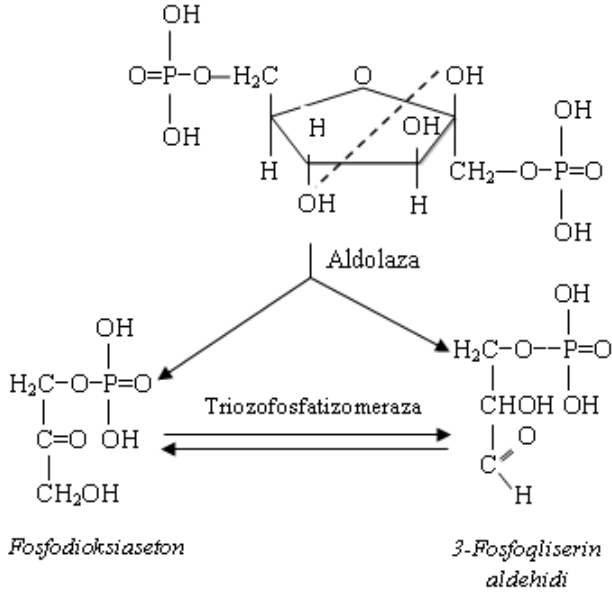
Anaerob parçalanma eberjinin azad olunması ilə gedir ki, bu enerji ATF-in makroergik rabitələrində toplanır.

Qlükoza-6-fosfatın dixotomik parçalanması aşağıdakı mərhələlərdə baş verir.

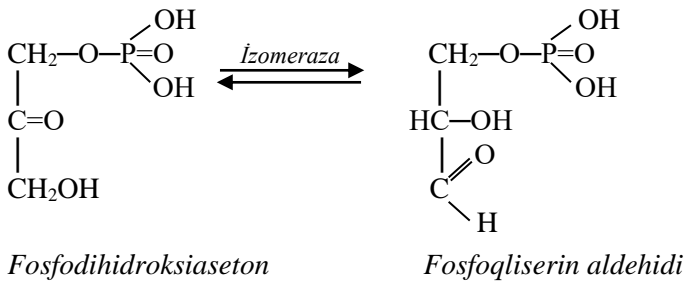
Birinci mərhələdə qlükoza-6-fosfat molekulu qlükozafosfatizomeraza fermentinin təsiri ilə izomerləşməyə məruz qalır və β-D-fruktoza-6-fosfata çevrilir. O, da öz növbəsində fosfofruktokinaza fermentinin təsirindən fruktoza 1,6 difosfata çevrilir.

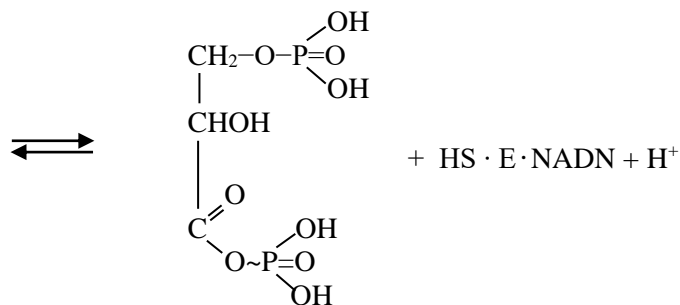
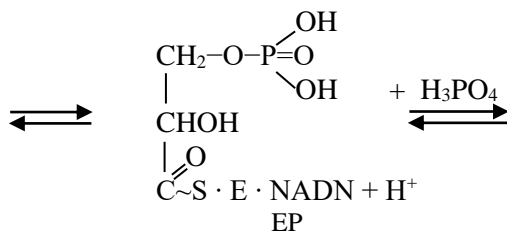
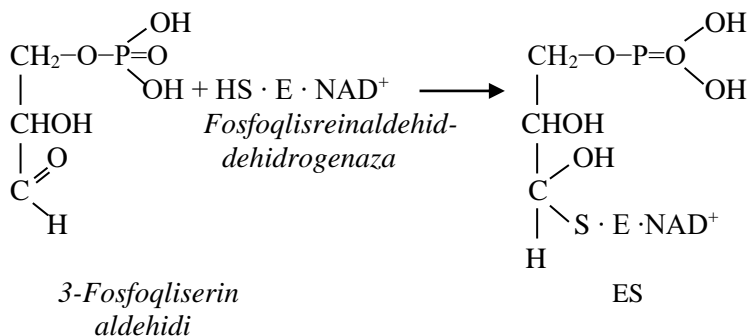


Fruktoza-1,6-difosfat molekulu sonraki prosesdə dixotomik yolla bir-birinə çevrilə bilən iki molekul fosfotriozaya parçalanır. Fruktoza-1,6-difosfat molekulu aldolaza fermentinin təsiri ilə bir-birinə çevrilə bilən fosfodioksiaseton və 3-fosfoqliserin aldehydinə parçalanır.



Sonrakı mübadilə prosesində yalnız 3-fosfoqliserin aldehidi iştirak edir. Fosfodioksiasetonda yenidən izomerazanın iştirakı ilə izomerləşərək fosfoqliserin aldehidinə keçir. Beləliklə bir molekul qlükozadan iki molekul fosfoqliserin aldehidi alınır. Bu da fosfoqliserinaldehiddehidrogenaza fermentinin təsirindən asilfermentə sonuncu isə H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> molekulunu birləşdirərək 1,3 difosfoqliserin turşusuna çevrilir.

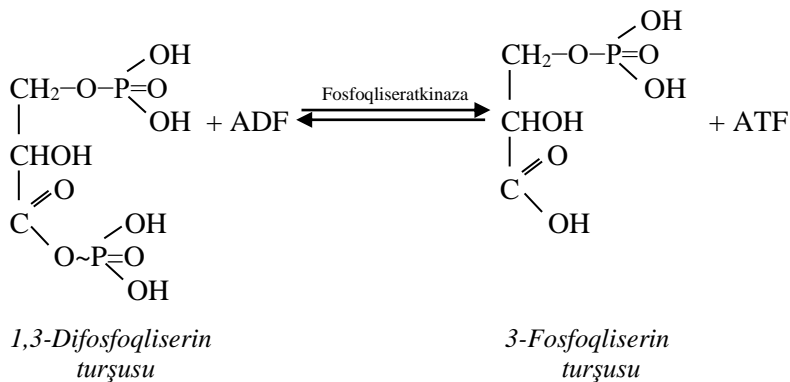




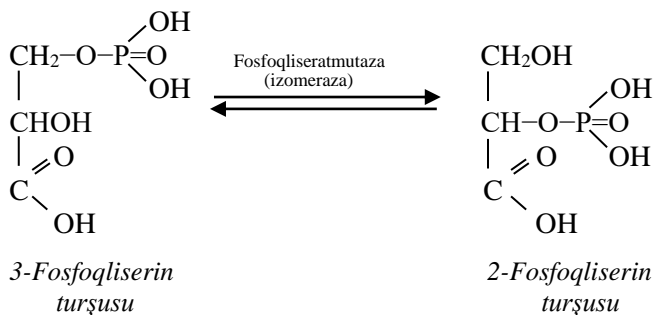
### 1,3-Difosfoqliserin turşusu

1,3 Difosfoqliserin turşusu fosfoqliseratkinaza fermentinin təsiri ilə ADF molekuluna bir mol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  verərək 3-fosfoqliserin turşusuna çevrilir.

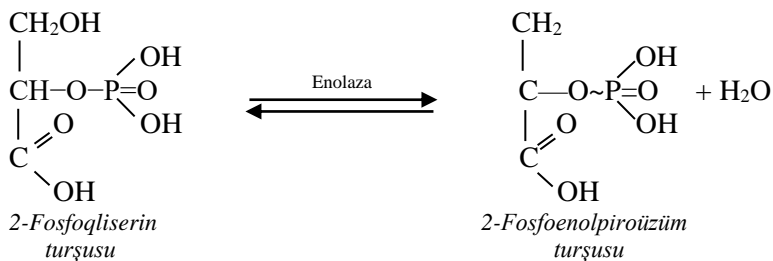
1,3 difosfoqliserin turşusu molekulunda fosfat turşusu molekulundakı makroergik rabitələrdə olan enerji ATF molekulunun əmələ gəlməsinə sərf olunur. Belə sintez prosesi çoxlu miqdarda ehtiyat ATF molekulunun əmələ gəlməsinə səbəb olur.



3-fosfoqliserin turşusu fosfoqliseratmutaza (izomeraza sinifinə aiddir) fermentinin təsiri ilə izomerləşərək 2-fosfoqliserin turşusuna çevrilir.

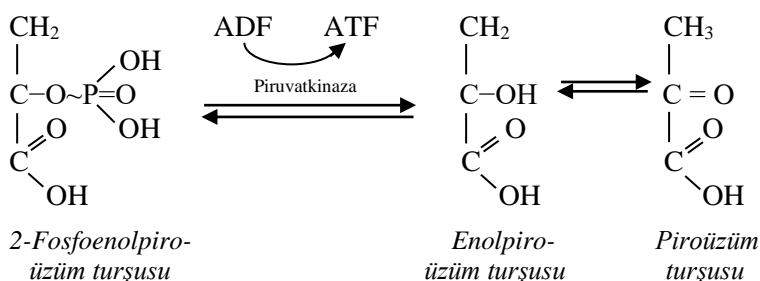


Sonra 2-fosfoqliserin turşusu enolaza fermentinin təsiri ilə bir su molekulu itirərək yüksək eberjili maddəyə enol formaya 2-fosfoenolpirotüzüm tursusuna cevrilir.

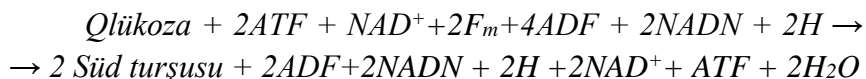


Bu reaksiyanın nəticəsində əmələ gələn enerjinin molekuldaxili paylanması (bölünməsi) baş verir. Enerjinin çox hissəsi 2-fosfoenolpiroüzüm turşusunun makroergik rabitəsində toplanır. Hansı ki, bu birləşmə hüceyrədə ən çox enerjiyə malik olan (enerjini özündə toplayan) fosfatdır.

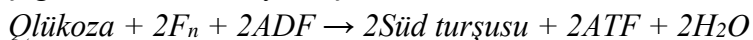
Sonrakı mərhələdə bu birləşmə piruvatkinaza fermentinin təsiri ilə 1 molekul fosfat turşusu itirməklə enolpiroüzüm turşusuna, o, da öz növbəsində piroüzüm turşusuna çevrilir.



Bu mərhələdə də ehtiyat enerji ATF-də toplanır. Qlükolizin ümumi balansına nəzər salsaq görərik ki, bir molekul qlükozanın parçalanmasından iki molekula süd turşusu və iki molekula ATF sintez olunur. Qliseraldehid-3-fosfatdan piroüzüm turşusuna  $2\text{NADN} + 2\text{H}^+$  şəklində dörd elektron keçir. Ümumi şəkildə bu proses aşağıdakı kimidir.

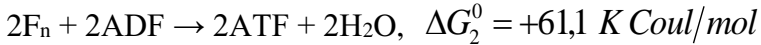


Sağ və sol tərəfdə olan eyni molekulları ixtisar etdikdə tənlik aşağıdakı sadə formaya keçir.



Termokimyəvi proses nöqtəyi nəzərinə görə bu ümumi tənlik iki yerə ayrılır. Birincisi qlükozanın süd turşusuna çevrilməsi-ekaotermik proses  $\Delta G_1^0 = -196,9 \text{ K Coul/mol}$ , ikincisi ATF-in

biosintezi – endotermik proses



$\Delta G_{ATF}^0 = -30,6 \text{ K Coul/mol}$  qəbul etsək, onda aşağıdakı kimi alarıq.

$$\Delta G_{\Sigma}^0 = \Delta G_1^0 + \Delta G_2^0 = -196,9 + 61,6 = -138,5 \text{ K Coul/mol}$$

Standart enerjinin ( $\Delta G^0$ ) dəyişməsinin analizi göstərir ki, qlükozanın süd turşusuna çevrilməsi prosesində ayrılan enerji ( $\Delta G^0 = -196,9 \text{ K Coul/mol}$ ) 2 mol ATF-in sintezini tam təmin edir. Ancaq qlikogenelisdə bir molekul qlükozadan üç molekul ATF sintez olunur.

Qlikoliz və qlikogenoliz prosesində enerjinin istifadə effektivliyi (hansıki ATF molekulunda toplanır) 35-40% təşkil edir. Enerjinin qalan istifadə olunmayan 60-65%-i isə istilik şəklində ayrılır.

Qlikoliz prosesi enerji nöqtəyi nəzərinə az effektivdir, çünki orqanizm üçün lazım olan enerjinin alınmasına çoxlu miqdarda karbohidrat istifadə edilir (sərf edilir). Ancaq fizioloji nöqtəyi nəzərinə qlikoliz sərfəlidir. Orqanizm öz funksiyalarını oksigen çatışmazlığı şəraitində də yerinə yetirməlidir. Həmçinin qlikoliz prosesinin aralıq məhsulları orqanizmdə digər maddələrin biosintezi üçün lazımlı materialdır.

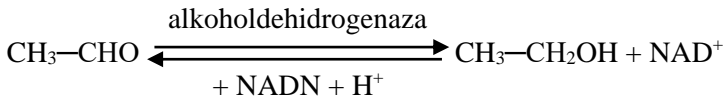
## 11.4 Spirtə qızcırma

Bir çox maya və mikroorqanizmlər üçün şəkərləri spirtə qızcırma xarakterikdir. Bu prosesdə qlükoza son məhsul olaraq etil spirtinə və karbon qazına parçalanır. Qlikozanın spirtə qızcırma prosesi qlikoliz prosesinin mərhələlərinə çox oxşardır. Ancaq

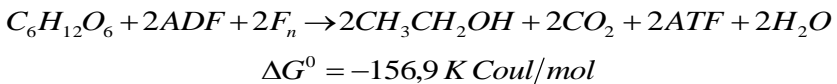
son mərhələlərdə bəzi fərqli cəhətlər ayrılır. Belə ki, piroüzüm turşusu ilk mərhələdə piruvatdekarboksilaza fermentinin təsiri ilə dekarboksilləşərək asetaldehidə və CO<sub>2</sub>-yə parçalanır. Bu prosesdə piruvatdekarboksilaza fermenti onun koferment hissəsi tiamin-pirofosfat (karboksilaza) və Mg<sup>2+</sup> ionu fəallaşır.



Bu reaksiya tam dönər olmaması ilə xarakterikdir. İkinci mərhələdə asetaldehid alkonoldehidrogenazanın təsiri ilə reduksiya olunaraq etanola çevrilir. Bu prosesdə qliseralaldehyd-3-fosfatın oksidləşməsindən alınan NADN + H<sup>+</sup> reduksiyaedici kimi təsir edir.



Nəticədə spirtə qıvcırmanın son məhsulu etil spirti və karbon qazı molekuludur. Bu prosesi ümumi şəkildə aşağıdakı kimi-  
dir.



Qlikoliz prosesində olduğu kimi o qədər çox enerji alınmır.

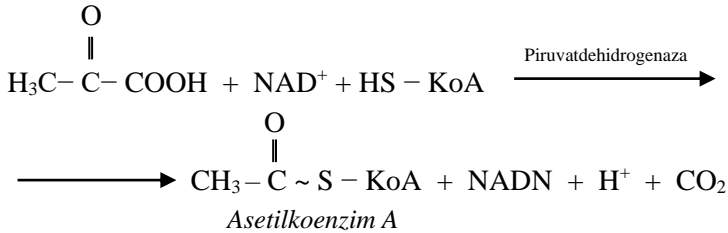
## **11.5 Karbohidratların aerob parçalanması (piroüzüm turşusunun mübadiləsi)**

Aerob (oksigenli şəraitdə) parçalanmada qlükozadan əmə-

lə gələn süd turşusu iki istiqamətdə çevrilməyə məruz qalır.

Birinci istiqamətdə süd turşusunun  $\frac{1}{5}$  hissəsi  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$  oksidləşir, ikinci istiqamətdə süd turşusunun qalan hissəsi qlikogenə çevrilir. Həm anaerob, həm də aerob parçalanmanın müəyyən mərhələləri eyni fermentlərin (kinazalar, mutazalar, dehidrogenazalar və s.) təsiri ilə baş verir. Anaerob və aerob oksidləşmə yolları arasında sıx əlaqə vardır.

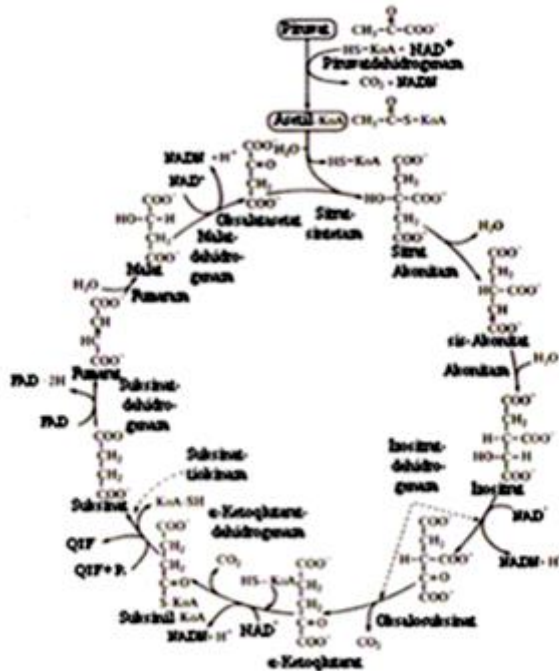
Aerob prosesdə (tənəffüs prosesində) süd turşusu birinci mərhələdə oksidləşməklə dekarboksizləşməyə məruz qalır. Bu reaksiyanı molekul kütləsi  $4,5 \cdot 10^6$  Da olan kompleks ferment-piruvatdehidrogenaza kataliz edir. Oksidləşməklə dekarboksizləşmə reaksiyasının mexanizmi demək olar çox mürəkkəbdir. Ancaq ümumi şəkildə onu aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



Oksidləşmə reaksiyası nəticəsində asetilkoenzim A molekulunda enerji mənbəyi olan makroergik rabitə yaranır. Bu rabitə hesabına enerji hesabına asetilkoenzim adi və trikarbon turşuları siklinə qoşulur.

Asetilkoenzim A həmişə toxumalrada olan oksalat sirkə turşusu ilə kondensləşir və limon turşusu əmələ gəlir, nəticədə asetil-koenzim A azad olur. Əmələ gəlmiş limon turşusu bir sıra çevrilmələrə məruz qalır. Bu çevrilmələrdə 4 reaksiya dehidrogenləşmə, 2 reaksiya isə dekarboksizləşmə yolu ilə baş verir.

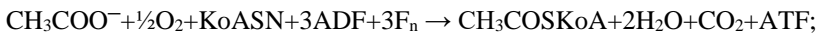




Şəkil 70 . Krebs Sikli (6i və üçkarbonlu turşuların dövrəsi).

Həmçinin bir sıra dehidratlaşma və hidratlaşma reaksiyaları bu spesifik fermentlərin katalitik təsiri baş verir. Bu çevrilmələrin nəticəsində limon turşusunun mərhələli şəkildə oksidləşərək oksalat sirkə turşusuna çevrilir. Deməli toxumalarda limon turşusunun əmələ gəlməsi və oksidləşməsi “dövri” xarakter daşıyır. Limon turşusunun toxumadaxili dövrəsi alınır. Bu haqda ilk fikir söyləyən alman alimi Q. A. Krebsin şərəfinə Krebs sikli adlanır.

Krebs sikli aerob şəraitdə toxumadaxili tənəffüsdə mümkündür. Piroüzüm turşusunun oksidləşməklə dekarboksizləşməsini ümumi şəkildə aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



$$\Delta G = -163,1 \text{ K Coul/mol}$$

Əmələ gəlmiş piroüzümasetil-KoA trikarbonturşuları siklinə sitoxrom sisteminin köməyi ilə qoşulur, ən sonda isə CO<sub>2</sub> və H<sub>2</sub>O parçalanır.

Di- və trikarbon turşuları qoşulan bütün mürəkkəb ferment sistemi mitoxondriyalara elektron və protonların daşıyıcısı rolunu oynayır.

## **11.6 Karbohidratların oksidləşməsinin pentozofosfat yolu (apotomik oksidləşmə)**

Karbohidratların apotomik oksidləşməsinin (parçalanmasının) öyrənilməsində O. Varburqun, F. Lipmanın, F. Dikkensin, B. Xareneyrinin və B. Engelhardın böyük rolu olmuşdur. Bu prosesi təşkil reaksiyaları hüceyrələrin sitoplazmasında baş verir.

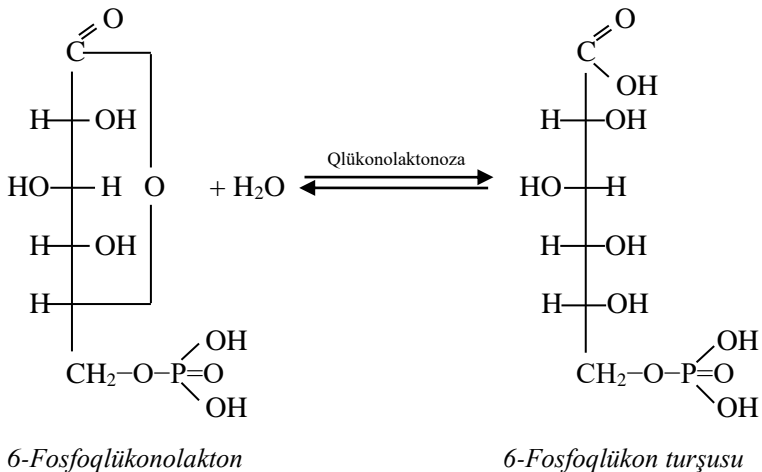
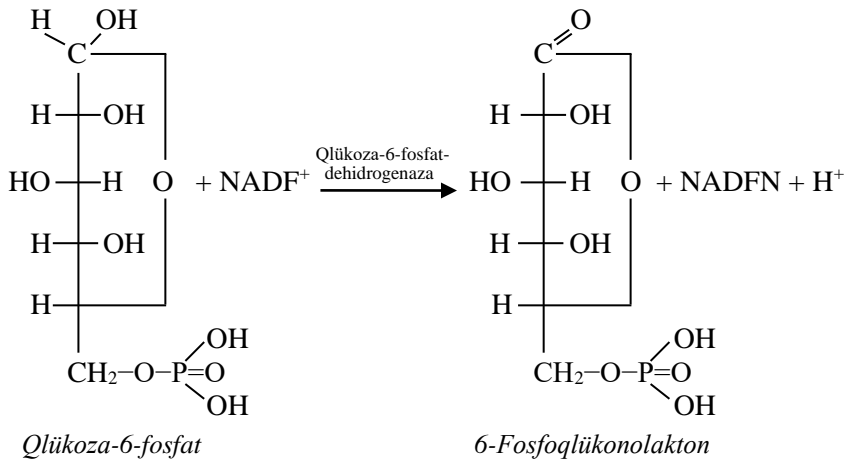
Apotomik oksidləşmə prosesinin əvvəlində qlükolitik parçalanmada olduğu kimi qlükozanın (və ya qlikogenin) fosforlaşması nəticəsində qlükoza-6-monofosfat efiri əmələ gəlir. Bu mərhələdən sonra qlükolitik və apotomik parçalanma bir-birindən ayrılır. Bu prosədə qlükoza-6-fosfat ikinci dəfə fosforlaşma prosesinə uğramır. Karbohidratların oksidləşməsinin pentozofosfat yolu ilə qlükoza-6-fosfatın oksidləşməsi ilə başlayır. Bu prosədə qlükoza-6-monofosfat efinin birbaşa oksidləşməsi nəticəsində ribuloza-5-fosfat və CO<sub>2</sub> əmələ gəlir.

Qlükoza-6-fosfatın ribuloza-5-fosfata çevrilməsi bir neçə mərhələdən ibarət olan fermentativ prosedir.

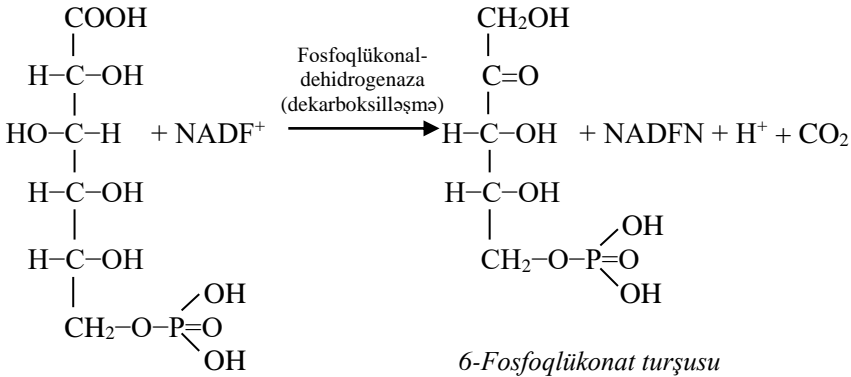
İlk mərhələdə qlükoza-6-fosfat dehidrogenaza fermentinin təsiri ilə hidrogensizləşərək 6-fosfoqlükonolakton əmələ gətirir. NADF isə qlükoza-6-fosfatdan ayrılan hidrogen atomlarını qəbul

edib, NADP H<sub>2</sub>-yə çevrilir. Bundan sonra reaksiya mühitində olan qlükon – laktoza fermentinin təsiri ilə 6-fosfoqlükonlaktondan eyni adlı turşu əmələ gəlir.

İlk mərhələdə qlükoza-6-fosfat molekulu qlükoza-6-fosfatdehidrogenaza və NADP<sup>+</sup> iştirakı ilə 6-fosfoqlükonolaktana çevrilir. Bu proseslər aşağıdakı kimidir:

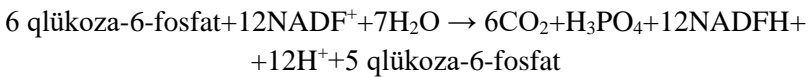


Sonrakı prosesdə 6-fosfoqlükon turşusu NADF (dehidrogenazanın kofermentidir) təsiri ilə dehidrogenləşməyə və dekarboksizləşməyə məruz qalır və nəticədə bir molekula CO<sub>2</sub> ayrılmaqla ribuloza-5-fosfata çevrilir.



*Ribuloza-5-fosfat*

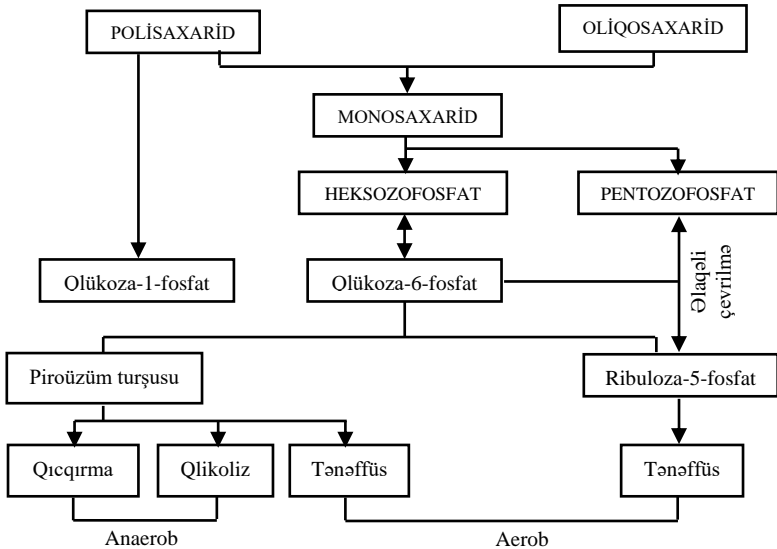
Əmələ gəlmiş ribuloza-5-fosfat karbohidrat mübadiləsinə qoşulur. Bu proseslər mürəkkəb biokimyəvi reaksiyalarla baş verir. Riboza-5-fosfat çoxlu sayda qısa izomerləşmələrə məruz qalaraq ksiloza-5-fosfata, həmçinin transaldolaza və transketolaza fermentlərinin təsiri ilə iki, üç, dördkarbonlu fosfatın nümayəndələrinə keçir. Son mərhələdə yenidən riboza-5-fosfat yenidən qlükoza-6-fosfata çevrilir. Hesablamalar göstərir ki, 6 molekullu qlükoza-6-fosfatdan 5 molekullu qlükoza-6-fosfat alınır. Bir molekullu tamamilə parçalanmaya məruz qalır. Bu prosesin bütün reaksiyalarının cəmini ümumi şəkildə belə ifadə etmək olar.



Karbohidratların pentoza fosfat yolu ilə parçalanması za-

manı azad olan hidrogen atomlarının NADF-lə birləşməsi fizioloji cəhətdən yüksək əhəmiyyətə malikdir.

Pentozafosfat yolu ilə parçalanmaya insan və heyvan toxumalarının hamısında təsadüf olunur. Ən çox qaraciyər, böyrəküstü vəzilər, piy toxuması, limfa düyünləri, eritrositlər və s. toxumalarda apotomik oksidləşmə prosesi baş verir. Bitkilərin yaşıl hissələrində və mikroorqanizmlərdə təsadüf olunan fotosintez prosesində apotomik oksidləşməni kataliz edən fermentlərin mühüm rolu vardır. Bu və ya digər orqanizmin ayrı-ayrı orqan və toxumalarında oliqosaxaridlərin və polisaxaridlərin anaerob və aerob istiqamətləri arasında əlaqə mövcuddur. Bu əlaqəni şəkildəki sxem əsasında müəyyən etmək olar.



Şəkil 71 . Polisaxarid və oliqosaxaridlərin parçalanması sxemi.

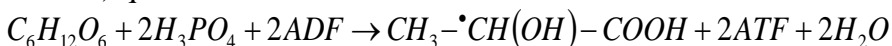
Karbohidratların natamam və oksidləşmə reaksiyalarının ümumi tənliyini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar.

1) Natamam oksidləşmə:

a) qıvcırma

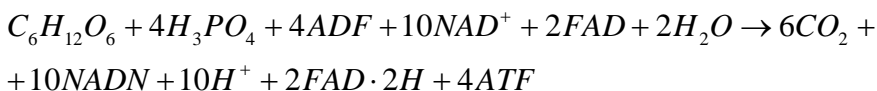


b) qlikoliz

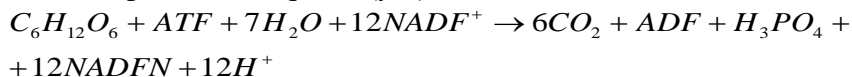


2) Tam oksidləşmə

a) qlikotomik istiqamət (yol), üsul



b) apotomik istiqamət (yol) üsul



Hər prosesdə əmələ gələn ATF molekulasının miqdarı aşağıdakı kimidir.

Cədvəl 15.

Karbohidratların parçalanma yolu	Sintez olunan ATF molekullarının sayı
Qıvcırma	2
Qlikoliz	2
Tənəffüs prosesində:	
Dixotomik yol (istiqamət)	38
Apotomik yol (istiqamət)	35

Beləliklə karbohidrat mübadiləsi enerji cəhətdən sərfəli olanı dixotomik və apotomik yolla baş verən oksidləşmədir. Bu zaman maksimum sayda ATF molekulu əmələ gəlir.

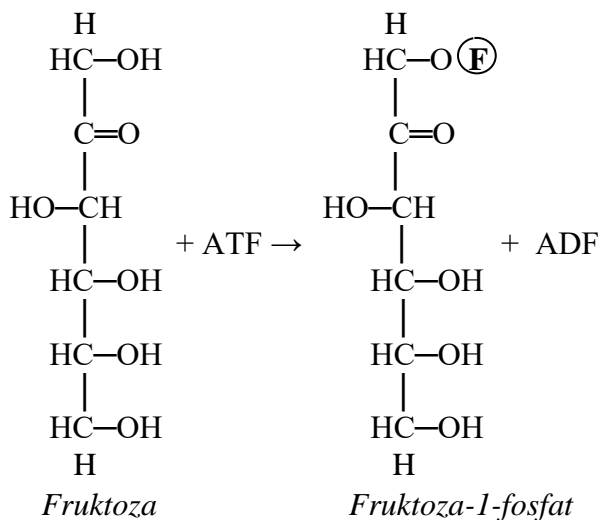
Bir molekula qlükozanın parçalanması nəticəsində ATF molekulu makroergik rabitələrində dixotomik yolla parçalanmada 1140 Kcoul (30 KC·38 mol ATF), apotomik yolla parçalan-

mada isə 1050 Kcoul (30 KC·35 mol ATF) ehtiyat enerji şəklində toplanır. Qıvcırma və qlikoloiz proseslərində az miqdarda ATF molekulu olduğundan enerji ehtiyatı minimum toplanır.

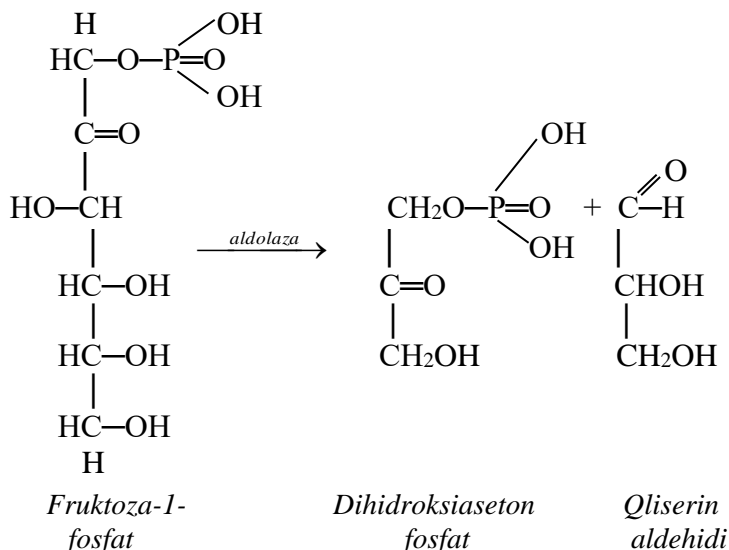
## **11.7 Fruktoza və qalaktozanın mübadilə xüsusiyyətləri**

Bağırsaqlardan sorulmuş fruktoza və qalaktoza qapı venası ilə qaraciyərə gətirilir. Onların bir hissəsi qaraciyərdə kimyəvi çevrilmələrə məruz qalır, digəri isə qan vasitəsilə müxtəlif orqan və toxumalara gedib, orada mübadilə prosesinə qoşulur. Fruktoza və qalaktozanın mübadiləsi qlikolitik parçalanma kimi gedir. Lakin onların parçalanmasının bir sıra fərqləndirici xüsusiyyətləri də vardır.

Fruktoza ya qeyri-spesifik heksokinazanın, ya da spesifik təsirli fruktokinaza fermentinin təsiri ilə qlikolitik parçalanmaya bilər. Heksokinaza fermenti fruktozanı fosfat qalıqlarının donoru vəzifəsini daşıyan ATF-in iştirakı ilə, qlikolitik parçalanmanın aralıq məhsullarından biri olan fruktoza-6-fosfata çevirir. Onun növbəti çevrilmələri isə adi qlikolitik yol ilə davam edir. Əzələlərdə fruktoza əsasən, bu yolla qlikolitik parçalanma prosesinə qoşulur. Qaraciyərdə fruktozaya təsir göstərən spesifik fruktokinaza fermenti tapılmışdır. Əzələlərdə bu fermentin olub-olmaması hələlik mübahisəlidir. Orqanizmə daxil olmuş fruktozanın 20%-ə qədəri bu fermentin təsiri ilə katalizə uğrayır. Qaraciyər fruktokinazasının təsiri heksokinazanın təsirindən fərqlənir. Onun təsiri altında fruktoza əvvəlcə fosfat turşusu qalığı ilə birləşib, fruktoza-1-fosfata çevrilir. Bu reaksiyada da ATF iştirak edir:

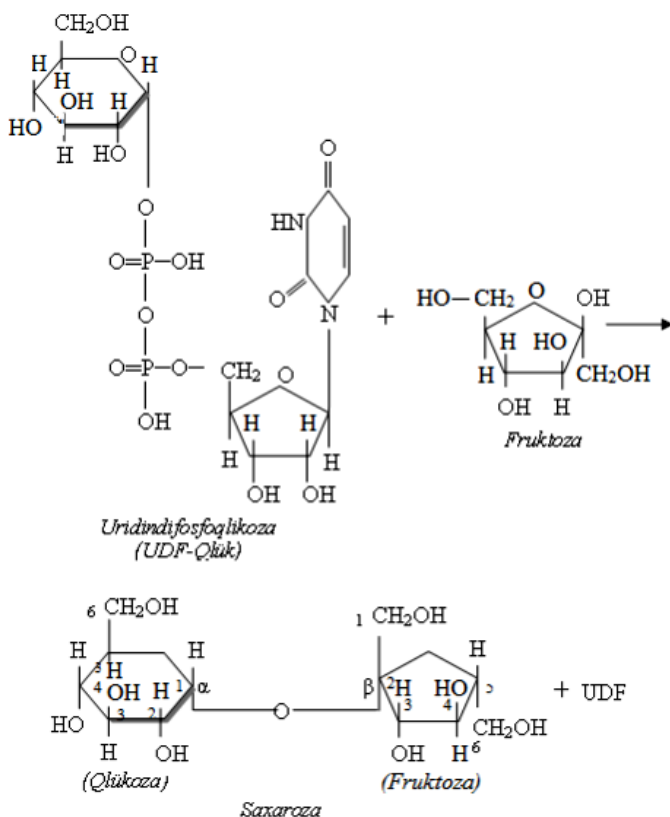


İkinci mərhələdə fruktoza-1-fosfat fruktoza-1-fosfataldolaza fermentinin təsiri ilə dihidroksiasetonfosfata və qliserin aldehidinə parçalanır:





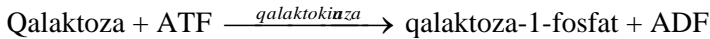
Üçüncü mərhələdə qliserin aldehidi triozokinazanın təsiri ilə fosforlaşaraq, fosfoqliserin aldehidinə çevrilir. Bundan sonra əmələ gəlmiş dihidroksiasetonfosfat və fosfoqliserin aldehidinin mübadiləsi qlikolitik oksidləşmə-reduksiya prosesində təsvir ediləyi kimi davam edir. Sərbəst fruktozadan bitki toxumlarında saxarozanın sintezi üçün istifadə oluna bilər. Saxarozanın sintezinin əsas yollarından biri uridindifosfatqlükoza ilə fruktozanın qarşılıqlı təsirindən ibarətdir:



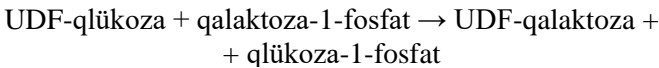
Burada təsadüf edilən UDF-qlükoza monosaxaridlərin “aktiv” formalarından biridir. O, müvafiq fermentlərin təsiri altın-

da asanlıqla bir sıra maddələrlə reaksiyaya bilir. Məsələn, süd vəzilərində laktozanın əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu reaksiya fruktoza ilə UDF-qlükoza arasında gedən reaksiyaya oxşardır.

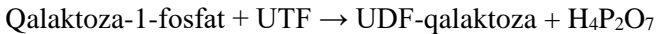
Qalaktozanın qlikolitik yolla parçalanmasında da UDF-qlükozanın rolu vardır. Toxumalarda olan qalaktoza mübadilə prosesinin ilk mərhələsində qalaktokinaza fermentinin təsiri ilə qalakto-1-fosfata çevrilir.



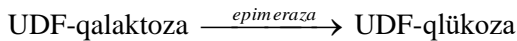
Burada əmələ gələn qalaktoza-1-fosfat UDF-qlükoza ilə reaksiyaya girərək, onun tərkibindəki qlükozanı qlükoza-1-fosfat efirinə çevirir, özü isə UDF-lə birləşir. Bu reaksiyanı kataliz edən ferment heksoza-1-fosfat-uridil-transferaza adlanır:



Toxumalarda UDF-qalaktoza qalaktoza-1-fosfatın bilavasitə UTF-lə qarşılıqlı təsiri nəticəsində də əmələ gələ bilər. Bu reaksiya qaraciyərdə qalaktoza-1-fosfat-uridiltransferaza fermentinin katalizatorluğu şəraitində baş verir:



Əmələ gəlmiş UDF-qalaktoza uridin-difosfatqlükoz-izomeraza (epimeraza) fermentinin təsiri ilə dönər reaksiya üzrə UDF-qlükozaya çevrilir:



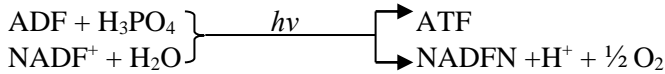
Beləliklə, toxumalarda olan qalaktoza yalnız uridindifosfatqalaktoza şəklinə düşdükdən sonra qlükozaya çevrilə bilər. Heksozafosfat-uridiltransferaza və uridindifosfatqlükoz-izomeraza fermentləri eyni bir zülal funksiyasının tərkibinə daxildir. Onları bir-birindən ayırmaq hələlik mümkün olmamışdır. Bu ferment sisteminin anadangəlmə pozğunluğu qalaktozemiya və qalaktozu-

riya ilə müşayiət olunan irsi xəstəliyin əsasını təşkil edir.

## 11.8 Karbohidratların biosintezi

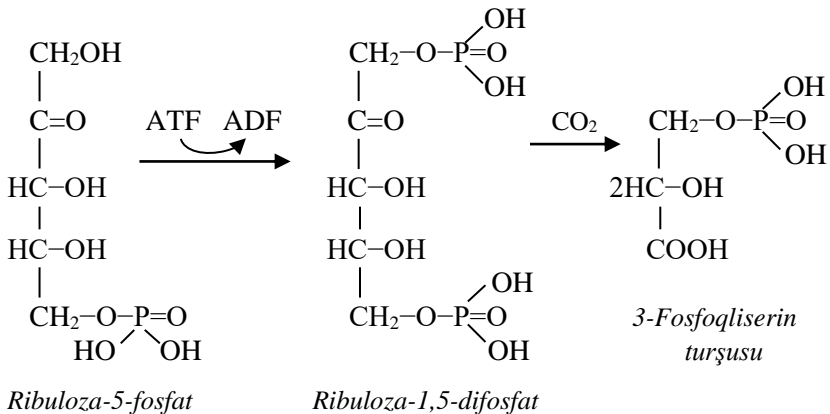
Canlı orqanizmdə karbohidratların parçalanması ilə yanaşı biosintezi də gedir. Sadə karbohidratlar əsasən bitkilərdə, xemosintez və fotosintezdəci bakteriyalarda (avtotrof orqanizmlər) atmosferin karbon qazının, günəşin ultrabənövşəyi şüalarının və su molekullarının hesabına ilk üzvi maddələr sintez olunur. Aşağıdakı sxemdə avtotrof orqanizmlərdə işıqda və qaranlıqda fotosintez reaksiyalarının gedişi verilmişdir.

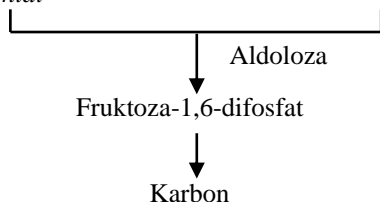
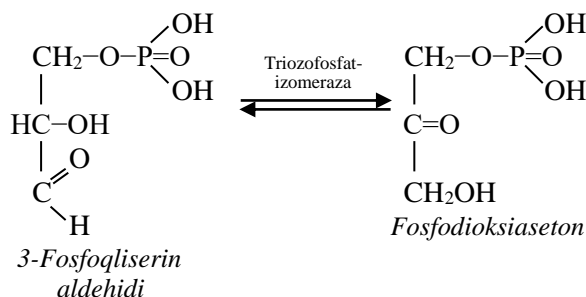
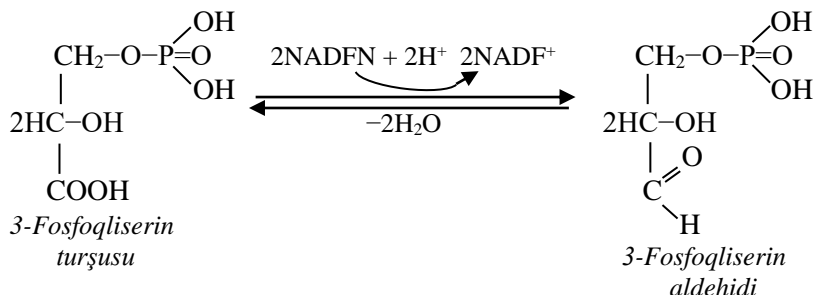
1) fotosintezin işıqda gedən reaksiyaları



2) fotosintezin qaranlıqda gedən reaksiyaları

Prosesin ilk mərhələsində ribuloza-5-fosfat özünə ATF-dən bir molekul fosfat turşusu birləşdirərək ribuloza-1,5-difosfata çevrilir.

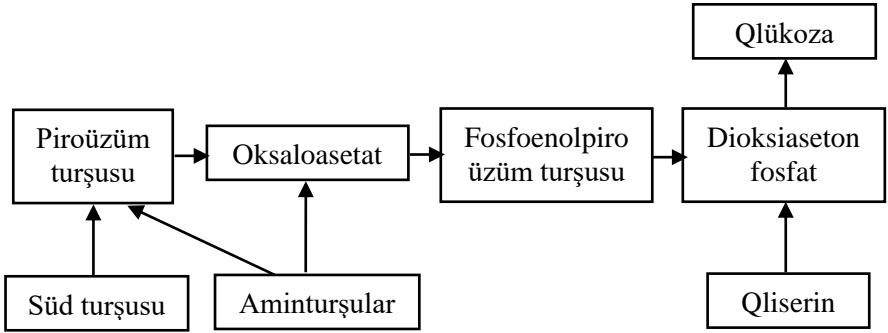




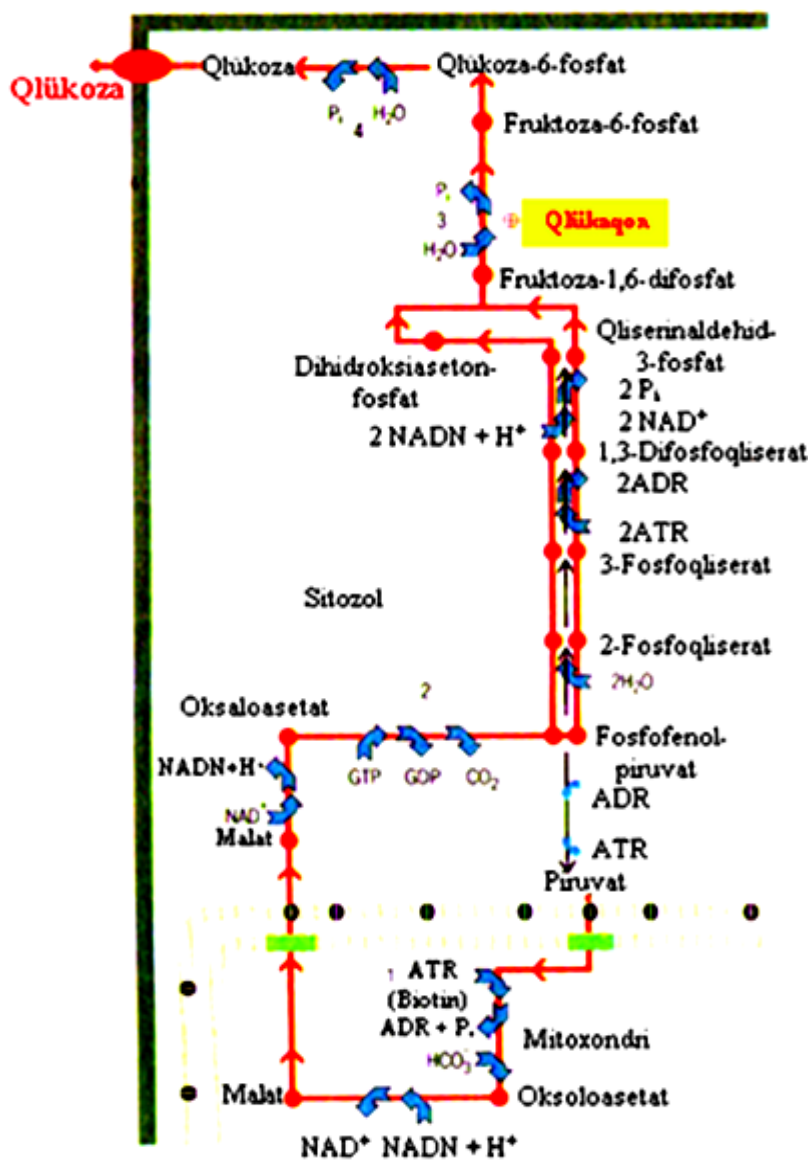
Heterotrof (insan və heyvan) orqanizmlərində sadə karbohidratların biosintezi, lipidlərin, zülalların və digər üzvi birləşmələrin parçalanmasından alınan məhsullar hesabına baş verir.

Orqanizmdə karbohidrat qrupuna mənsub olmayan üzvi maddələrdən qlükoza və qlükogenin sintez edilməsi *qlükoneogenez* adlanır. Bu proses əsasən qaraciyərdə və bəzi hallarda böyrəklərdə gedir. Qlükogen aminturşularından qliserindən habelə gövsəyən heyvanların mədə önlüklərində əmələ gələn süd, piroüzüm, propion turşularından və s. birləşmələrdən sintez oluna bilər. Qlükoneoz orqanizm üçün çox əhəmiyyətlidir. Çünki əsasən

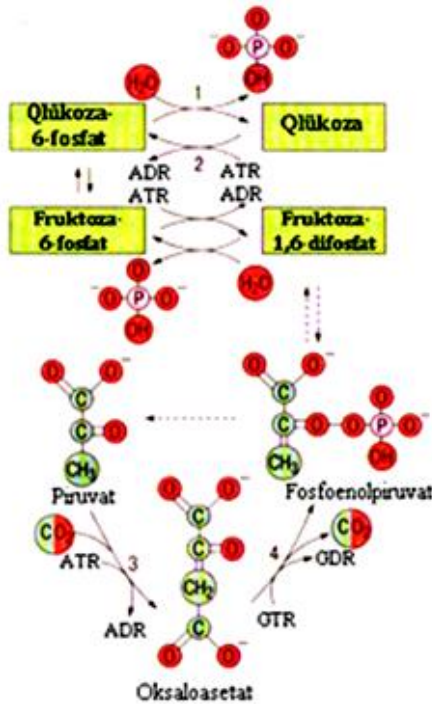
beyin enerji məqsədilə yalnız qlükozadan istifadə edir. Bir gün ərzində 160 q-a yaxın qlükozanın 120 q-ı beyində istifadə edilir. Bədəndə olan qlikogenin ehtiyatı isə 190 q-dır. Uzunmüddətli aclıq zamanı isə orqanizm öz həyat fəaliyyətini başqa üzvi maddələrdən sintez olunan qlükoza sayəsində mühafizə edir. Bu proses aşağıdakı sxemdə göstərilmişdir:



Sxemdən görüldüyü kimi qlükoza piroüzüm və süd turşularından Krebs dövrəsinin aralıq məhsullarından, lipidlərin parçalanması nəticəsində yaranan qliserindən və qlikontörədici amin-turşularından (qlisin, alanin, serin, alanin, treonin, valin, qlutamin və asparagin turşuları, arginin, histidin, prolin, oksiprolin) sintez oluna bilər. Orqanizmin tələbatından asılı olaraq qlikoneogenez prosesi ya qlikogenin sintez olunduğu mərhələyə qədər davam edir, ya da bu prosesdə əmələ gələn qlükoza-6-fosfat hidrolitik yolla qlükozaya və fosfat turşusuna parçalanaraq qan vasitəsilə toxumalara daşınır. Bunlara qlikogen əmələ gətirən aminturşuları da deyilir. Çünki göstərilən aminturşuları orqanizmdə ketobirləşmələrin miqdarının azalmasına şərait yaradır.



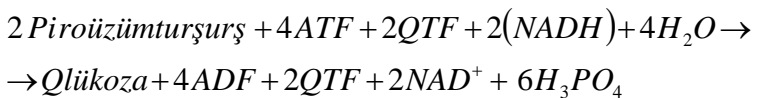
Şəkil 72. Qlikoliz prosesi



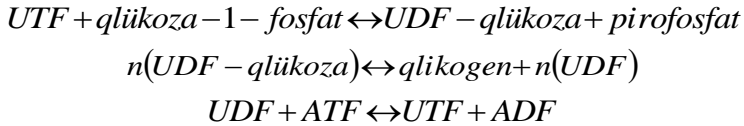
Şəkil 73. Qlikonez, dönməyən reaksiya  
 Ferment: 1-qlükəza-6-fosfatə; 2-heksokinəzə; 3-piruvatkarboksiləzə;  
 4-fosfoenolpiruvatkarboksikinəzə

Qlikoneozin əsas reaksiyaları qlikoliz reaksiyalarının geriyə dönməsi hesabına həyata keçir.

Qlikoneozin ümumi tənliyi aşağıdakı kimidir:



Qlikogenin qlükəzadan sintezinə *qlikonez* deyilir. Həmin məqsədlə qlükəza-6-fosfatdan istifadə edilir. Bu iki yolla: uridinofosqlükəzid və fosforiləzə reaksiyası yolu ilə gedir. Uridinofosqlükəzid yolu sxematik belə yazılır:



Qlikogenin fosforilaza yolu ilə sintezi az əhəmiyyətlidir.

Qaraciyərdə sintez olunan qlikogenin miqdarı onun 5%-ni təşkil edir. Bundan da orqanizmdə ehtiyat qida maddəsi kimi istifadə olunur.

## **11.9 Şəkər mübadiləsinin neyro-humoral tənzi**

Mərkəzi sinir sisteminin karbohidrat mübadiləsinə təsirini ilk dəfə keçən əsrin ortalarında Klod Bernar müşahidə etmişdir. O, müəyyən etmişdir ki, IV mədəciyin dibini iynə ilə qıcıqlandırdıqda heyvanlarda hiperqlikemiya və qlükozuriya (sidiklə şəkər ifraz edilməsi) halları meydana çıxır. Eyni zamanda qaraciyərdə qlikogen azalır. Qlükozuriya təcrübədən 1–2 saat sonra başlayır və 5–6 saat davam edir. Sonrakı təcrübələr göstərir ki, hipotalamus nahiyəsinin də qıcıqlandırılması IV mədəciyə iynə vurulduqda müşahidə olunan dəyişikliklərə oxşar hallarla nəticələnir. Baş beyin yarımkürələrinin qabığının da karbohidrat mübadiləsinə təsiri vardır.

Qorxu və həyəcan kimi emosional halların hiperqlikemiya və qlükozuriya ilə müşayiət olunması buna sübutdur.

Müəyyən edilmişdir ki, qanda şəkərin miqdarının 3,59–4,44 m mol/l-dən (70–80 mq%) aşağı düşməsi karbohidrat mübadiləsi mərkəzinin reflektor oyanmasına səbəb olur. Bu proses “qlikogenin səfərbərliyi” adlanır.



Mərkəzi sinir sistemi karbohidrat mübadiləsinə həm bilavasitə, həm də daxili sekresiya vəziləri vasitəsilə təsir edə bilər. Böyrəküstü vəzinin beyin maddəsinin və mədəaltı vəzinin Langerhans adacıqlarının hormonlarının qanda şəkərin miqdarının müəyyən səviyyədə saxlanılmasında çox mühüm rolu vardır. Mərkəzi sinir sistemindən gələn impulslar böyrəküstü vəzinin beyin maddəsinin ifraz etdiyi adrenalinin miqdarını artırır. Adrenalin qan dövrəni vasitəsilə qaraciyərə gedib, orada qlikogenin parçalanmasını sürətləndirir. Adrenalinin qlikogenolitik təsiri, onun fosforilaza fermentinin aktivliyini artırması ilə əlaqədardır. Sinir sistemini həddindən artıq oyanması böyrəküstü vəzilərdə adrenalin ifrazının artması ilə müşayiət olunur; bu da öz növbəsində hiperqlikemiya ilə nəticələnir. Mədəaltı vəzinin Langerhans adacıqlarındakı  $\alpha$ -hüceyrələrin hazırladığı qlükaqon da şəkər mübadiləsinə adrenalin kimi təsir edir. Bununla əlaqədar olaraq, göstərilən hormonu hiperqlikemik, yaxud qlikogenolitik amil adlandırırlar.

Langerhans adacıqlarının  $\beta$ -hüceyrələrinin hormonu olan insulin, karbohidrat mübadiləsinə göstərdiyi təsirə görə, adrenalin və qlükaqonun antaqonistidir. Onun təsiri ilə qaraciyərdə qlikogenin sintezi sürətlənir və qanda şəkərin miqdarı azalır. İnsulin hüceyrə membranının qlükozanı keçirmə qabiliyyətini artırır; bunun nəticəsində toxumalar qlükozanı asanlıqla mənimsəyərək, energetik material kimi istifadə edirlər. Bundan əlavə, insulin qaraciyərdə bəzi aminturşulardan qlikogenin sintezini (qlikoneogenez) ləngidir və bağırsaqlardan sorulmuş monosaxaridlərin müəyyən hissəsinin yağların sintezi üçün istifadə olunmasını artırır.

Yuxarıda göstərilən hormonlardan başqa böyrəküstü vəzilərin qabıq maddəsinin, qalxanabənzər vəzinin və hipofizin ön payının hormonlarının da karbohidrat mübadiləsinə təsiri vardır.

Bu hormonların təsiri nəticəsində qanda şəkərin miqdarı artır.

Kortikosteroidlər (kortikosteron, kortizon, hidrokortizon) və qalxanabənzər vəzinin hormonu olan tiroksin toxumalarda qlikoneogenezi sürətləndirirlər. Hipofizin ön payı isə şəkər mübadiləsinə bilavasitə deyil, dolay yolla təsir göstərir. Burada hazırlanan adrenokortikotrop hormon böyrəküstü vəzinin qabıq maddəsinin, tireotrop hormon isə qalxanabənzər vəzinin fəaliyyətini artırır, nəticədə həm böyrəküstü, həm də qalxanabənzər vəzilərin hormonları artıq miqdarda ifraz olunur və şəkər mübadiləsində müvafiq dəyişikliklər baş verir (qanda şəkərin miqdarı artır). Somatotrop hormon mədəaltı vəzinin Lahgerhans adacıqlarında olan  $\alpha$ -hüceyrələrin fəaliyyətini artırır. Bunun nəticəsində artıq miqdarda qlükaqon ifraz edilir. Qlikogenin qaraciyərdə səfərbər edilməsi sürətlənir və qanda şəkərin miqdarı artır.

## **11.10 Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları**

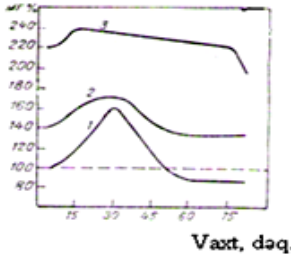
Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları ilk növbədə qanda şəkərin miqdarının dəyişməsi ilə təzahür edir. Qanda şəkərin miqdarının 6,66 m mol/l-dən (120 mq%) yüksək olması–hiperqlikemiya, 3,59 m mol/l-dən (70 mq%) aşağı olması isə hipopqlikemiya adlanır. Normal halda sidiyin tərkibində şəkər olmur. Lakin qanda qlükozanın miqdarı 9,44–9,99 m mol/l-dən (170–180 mq%) yuxarı olduqda sidiklə şəkər ifraz edilir (qlükozuriya).

Hiperqlikemiya və qlükozuriya əsasən, patoloji hallarda müşahidə edilir, lakin onlara sağlam şəxslərdə də təsadüf etmək olar. Əsəbi şəxslərdə şiddətli psixi oyanıqlıq nəticəsində fizioloji hiperqlikemiya və qlükozuriya meydana çıxıb bilər. Qida ilə çoxlu miqdarda şəkər qəbul edilməsi sağlam və xəstə şəxslərin qanında

şəkərin miqdarına müxtəlif dərəcədə təsir göstərir. Bir dəfədə 50–100 q qlükoza qəbul edən sağlam şəxslərin qanında tezliklə keçib gedən aşağı səviyyəli hiperqlikemiya müşahidə olunduğu halda eyni miqdar qlükozanın qəbul edilməsi nəticəsində şəkərli diabet xəstəliyinin gizli formasını keçirən şəxslərin qanında şəkərin miqdarı həddindən artıq yüksəlir və uzun müddət yüksək səviyyədə qalır. Klinik laboratoriyalarda şəkərli diabetin gizli formasını aşkar etmək üçün aparılan təcrübələrdən biri (“şəkər yükü” sınağı) bu hadisəyə əsaslanır. Bu təcrübəni aparmaq üçün xəstəyə səhər tezdən ac qarına 100 və ya 50 q qlükoza verilir (adətən 50 q qlükozanın qəbulu kifayət edir). Bəzən bu məqsədlə qlükoza əvəzinə qalaktozadan istifadə olunur, çünki bu monosaxaridin qəbulunu xəstələr daha yüngül keçirir və təcrübəni aparmaq üçün nisbətən az miqdarda (40 q-a qədər) şəkər tələb olunur. Adətən, klinikalarda “şəkər yükü” sınağı aparılarkən 2 saat müddətində hər 15 dəqiqədən bir (60–70 dəqiqə müddətində) qanda şəkərin miqdarını təyin edir və alınan rəqəmlərə əsasən şəkər əyrisini qururlar. Bu məqsədlə absis oxu üzərində vaxtı, ordinat oxu üzərində isə şəkərin miqdarını qeyd edirlər (şəkil 74).

Şəkildən göründüyü kimi, “şəkər yükü” sınağı aparılan sağlam şəxslərin qanında şəkərin miqdarı kəskin sürətdə yüksəlir və tezliklə normal səviyyəyə qədər enir; şəkərli diabetin gizli formasını keçirən şəxslərin qanında isə şəkərin miqdarı tədricən artır və nisbətən zəif sürətlə əvvəlki səviyyəyə çatır. Məlumdur ki, şəkər sağlam şəxslərin bağırsaqlarından asanlıqla sorulur; onların qanında şəkərin artması Langerhans adacıqlarındakı  $\beta$ -hüceyrələrin fəaliyyətinin reflektor yolla yüksəlməsi (insulin hasilatının artması) ilə müşayiət edilir. İnsulin şəkərin bioloji zarlardan keçməsinə sürətləndirdiyinə görə, onun çatışmazlığı şəraitində bağırsaq xovlarının şəkərə qarşı keçiriciliyi də pozulur. Bununla əlaqə-

dar olaraq, şəkərli diabet xəstəliyi zamanı monosaxaridlər bağırsağ xovlarından zəif sürətlə sorulur. Beləliklə, “şəkər yükü” sınağı zamanı şəkərli diabetin “gizli” formasını keçirən xəstələrin



Şəkil 74. "Şəkər yükü" sınağını qrafik təsviri:  
1-sağlam şəxs, 2-şəkərli diabetin "gizli" forması, 3-şəkərli diabetin "aşkar" forması

qanında şəkərin miqdarının həm zəif sürətlə artması, həm də tədricən azalması insulinin çatışmazlığı ilə əldardır. “Şəkər yükü” şəkərli diabetin “aşkar” formasına tutulmuş şəxslərin qanında şəkərin miqdarının daha yüksək rəqəmlərə çatmasına səbəb olur. Belə xəstələrdə “şəkər yükü” sınağı aparılması, bəzi hallarda hətta hiperqlikemik koma ilə də nəticələnə bilər.

Hiperqlikemiya halında böyrək kanalcıqlarının şəkəri reabsorbsiya etmək qabiliyyəti kompensator olaraq yüksəlir. Lakin qanda şəkərin miqdarı 9,44–9,99 m mol/l-dən yuxarı qalxdıqda kanalcıqların reabsorbsiya qabiliyyəti ilkin sidiyin tərkibində olan şəkərin hamısının reabsorbsiya olunmasına kifayət etmir və bunun nəticəsində sidikdə şəkər ifraz olunmağa başlayır. Bütün şəkərlər üçün böyrəyin keçiricilik qabiliyyəti eyni deyil. Sağlam insanlarda 30–40 q qalaktozanın birdəfəlik qəbulu qlikozuriya ilə nəticələn-diyi halda, saxarozanın yalnız 150–200 qramının, qlükozanın 170–180 qramının, fruktozanın isə 120–150 qramının qəbulu sidikdə şəkər ifrazına səbəb olur.

Hiperqlikemiya mədəaltı vəzinin Langerhans adacıqlarının hipofunksiyası, qalxanabənzər vəzinin, hipofizin və böyrəküstü vəzilərin hiperfunksiyası hallarında da rast gəlmək olar.

**11.10.1. Şəkərli diabet.** Şəkər mübadiləsinin pozğunluqlarının ən geniş yayılmış formalarından biri – şəkərli diabetdir. Bu xəstəlik mədəaltı vəzinin Langerhans adacıqlarının ifraz etdiyi

insulinin tam və ya nisbi çatışmazlığı ilə əlaqədar olaraq inkişaf edir. Müasir təsəvvürlərə görə, şəkərli diabetin əmələ gəlməsində mədəaltı vəzinin funksiyasının azalmasından əlavə, digər endokrin vəzilərin funksional pozğunluqlarının da rolu vardır. Hipofizin və böyrəküstü vəzilərin hiperfunksiyası nəticəsində əmələ gələn bəzi xəstəliklər (akromeqaliya, gıqantizm və s.) əksər hallarda şəkərli diabetlə müşayiət olunur. Qadınlarda bu xəstəlik çox zaman endokrin sistemin kəskin dəyişiklikləri ilə xarakterizə olunan klimaks dövründən sonra aşkar edilir. Bu faktlara əsaslanaraq, şəkərli diabetin təkcə mədəaltı vəzinin deyil, eyni zamanda bütün endokrin sistemin xəstəliyi hesab etmək olar.

Şəkərli diabet xəstəliyinin ən mühüm əlamətləri hiperqlikemiya və qlükozuridir. Xəstəlik zamanı qanda şəkərin miqdarı 11,10–16,65 m mol/l (200–300 mq%), ağır hallarda isə daha yüksək ola bilər. Bəzi hallarda xəstələrin sidiyində 10–15%-ə qədər şəkər olur. Hiperqlikemiya–insulinin çatışmazlığı nəticəsində meydana çıxır. Orqanizmdə insulin çatışmadıqda hüceyrə membranlarının qlükozanı keçirmə qabiliyyəti azalır. Bunun nəticəsində orqan və toxumalarda baş verən oksidləşmə-reduksiya prosesləri pozulur. Qanda qlükozanın miqdarının çox olmasına baxmayaraq, toxumalar ondan istifadə edə bilmir. Bundan əlavə, insulin çatışmazlığı diabetogen hormonların (adrenalin, qlükokortikoidlər, hipofizin ön payının hormonları) hasilatının yüksəlməsinə səbəb olur və bunun nəticəsində qaraciyərdə qlikogenin qlükoza parçalanması sürətlənir. Beləliklə, şəkərli diabet xəstələrində müşahidə edilən hiperqlikemiya eyni zamanda həm qaraciyərdən qana çoxlu miqdarda qlükoza keçməsi, həm də onun toxumalar tərəfindən az mənimsənilməsi nəticəsində meydana çıxır. Diabet zamanı qidalanması pozulmuş toxumalardan xemoreseptorlar vasitəsilə mərkəzi sinir sisteminə gedən qıcıqların da qanda

şəkərin miqdarının artmasında rolu vardır.

Şəkərli diabet zamanı qaraciyərdə qlikogenin sintezi azalır, zülal və yağlardan qlükozanın sintez olunması (qlikoneogenez) və qlikogenin parçalanması sürətlənir. Xəstələrin qaraciyərində yağlar keton cisimciklərinə - asetona, aset-sirkə və  $\beta$ -hidroksiyağ turşularına qədər parçalanır. Buna görə də, şəkərli diabet xəstəliyinin ağır forması olan şəxslərdə hiperketonemiya (qanda keton cisimciklərinin artması) müşahidə edilir.

Şəkərli diabeti müalicə etmək üçün insulindən istifadə edilir. Onun orqanizmə yeridilməsi diabet nəticəsində meydana çıxan pozğunluqları müvəqqəti olaraq aradan qaldırır. Bu zaman qlikogenin sintezi və qlükozanın toxumalarda daşınması qaydaya düşür, qlikoneogenez zəifləyir, yağ turşularının sintezi sürətlənir, onların oksidləşməsi isə azalır; qanda şəkərin və aseton cisimciklərinin miqdarı normal səviyyəyə enir. Diabetli xəstələrin qanında osmos təzyiqi çox yüksək olduğuna görə, onlarda güclü susuzluq hissi meydana çıxır (osmos təzyiqinin artması qanda şəkərin miqdarının yüksəkliyi ilə əlaqədardır). İnsulinin yeridilməsi bu halı da aradan qaldırır.

Xəstələrə insulinin çox yüksək dozada yeridilməsi həyat üçün təhlükəli olan hipopqlikemiya törədə bilər. Hipopqlikemiya aclıq, ümumi zəiflik və əllərin əsməsi ilə müşayiət olunur. Şəkərin miqdarı 1,94–2,22 m mol/l-ə (35–40 mq%) endikdə isə qıclıq və huşun itməsi kimi hallar meydana çıxır. Bu hal hipopqlikemik koma və ya insulin şoku adlanır. Hipopqlikemiya qanın osmos təzyiqinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Buna görə də, hiperqlikemiya zamanı xəstələrin ağzında quruluq müşahidə edildiyi halda, hipopqlikemiya zamanı ağız suyunun ifraz olunması sürətlənir və güclü tərləmə müşahidə edilir; hiperqlikemik koma ilə hipopqlikemik komanı klinik təzahürlərinə əsasən bir-birindən fərqləndirmək

üçün bu əlamətə diqqət yetirmək lazımdır. Xəstənin venasına qlükoza yeritməklə, onu hipoqlikemik koma vəziyyətindən çıxarmaq olar. Koma uzun müddət davam etdikdə mərkəzi sinir sistemində baş verən pozğunluqlar xəstənin ölmünə səbəb ola bilər.

Hiperqlikemiya nisbətən, hipoqlikemiya nadir hallarda rast gəlinir. Gərgin fiziki iş zamanı orqanizmin karbohidrat ehtiyatı tükəndiyinə görə, ötəri hipoqlikemiya halı baş verə bilər. Hipofizin ön payının, qalxanabənzər və böyrəküstü vəzilərin hipofunksiyası nəticəsində meydana çıxan xəstəliklər də hipoqlikemiya ilə müşayiət olunur.

Orqanizmdə karbohidrat mübadiləsində iştirak edən bəzi fermentlərin çatışmazlığı ilə əlaqədar olan bir sıra irsi xəstəliklər məlumdur. Bunlardan eritrositlərdə qlükoza-6-fosfatdehidrogenazın çatışmazlığı haqqında artıq məlumat verilmişdir. Aşağıda karbohidrat mübadiləsinin bəzi irsi pozğunluqları haqqında qısa məlumat veririk.

**11.10.2. Fruktozuriya** – qaraciyər hüceyrələrində fruktokinaza fermentinin olmaması nəticəsində meydana çıxan irsi mübadilə pozğunluğudur. Bu xəstəlikdə fruktoza-1-fosfatın əmələ gəlməsi pozulur. Nəticədə fruktoza orqanizm tərəfindən yalnız fruktoza-6-fosfata çevrildikdən sonra istifadə edilə bilər. Lakin, heksokinaza fermentinin iştirakı ilə baş verən bu reaksiya qlükozanın təsiri ilə zəifləyir. Nəticədə xəstənin qanında fruktozanın miqdarı kəskin sürətdə artır. Normal halda qanda fruktozanın miqdarı 0,1–0,5 mq%-dən artıq olmur. Fruktozanın miqdarının 1,5 mq%-dən (0,75 m mol/l) yüksəyə qalxması fruktozuriyanın (sidikdə fruktoza ifraz edilməsi) inkişafına səbəb olur.

Fruktoza mübadiləsinin irsi pozğunluğu ilə əlaqədar olan xəstəliklərdən biri də fruktozaya qarşı dözülməzlikdir. Bu xəstəlik zamanı orqanizmdə fruktoza-1-fosfataldolaza fermenti çatışmır və

fruktoza-1-fosfatın parçalanaraq dihidroksiasetonfosfata və qliserin aldehidinə çevrilməsi ilə nəticələnən reaksiya blokada alınır. Adətən, bu xəstəliyin ilk əlamətləri südəmər körpələrin adi qida maddələri ilə qidalandırılmağa başladığı dövrdə təzahür edir. Tərkibində fruktoza və saxaroza olan qida maddələrinin çoxlu miqdarda qəbul edilməsi belə xəstələrdə hipoplíkemik şokun inkişafına səbəb olur; qida ilə qəbul olunan fruktozanın 20%-ə qədəri sidiklə ifraz edilir.

**11.10.3. Qalaktozemiya.** Karbohidrat mübadiləsinin əsas irsi pozğunluqlarından biri qalaktozemiyaadır. Bu xəstəlik nəsil-dən-nəsilə autosom-resessiv yolla verilir. Xəstəlik orqanizmdə heksoza-1-fosfaturidiltransferaza fermentinin çatışmazlığı ilə əlaqədardır. Bu fermentin çatışmazlığı nəticəsində qalaktozanın orqanizm tərəfindən mənimsənilməsi pözulur. Qanda çoxlu miqdarda qalaktoza və qalaktoza-1-fosfat toplanır. Xəstəlik zamanı qanda şəkərin miqdarı əsasən qalaktozanın artması hesabına 200–300 mq%-ə qədər (11,1–16,6 m mol/l) yüksəlir; qanda qlüko-zanın miqdarı dəyişikliyə uğramır. Qalaktozemiya adətən, qalaktozuriya və aminasiduriya ilə müşayiət olunur. Aminasiduriya (sidiklə aminturşuların ifraz edilməsi) qalaktoza-1-fosfatın aminturşuların böyrək kanalcıqlarından reabsorbsiyasında iştirak edən fermentlərə inaktivləşdirici təsir göstərməsi nəticəsində inkişaf edir. Xəstəliyin əsas əlamətləri ana südü ilə qidalanan körpələrdə müşahidə olunur. Xəstələrin böyrəkləri və qaraciyərləri zədələnilir (piy degenerasiyası və sirrozlar müşahidə olunur); ağır hallarda ağıl zəifliyi inkişaf edir. Xəstəliyin inkişafının qarşısını almaq üçün xəstələrin qidasından tərkibində qalaktoza olan maddələri çıxartmaq lazımdır.

**11.10.4. Qlikogenozlar.** Orqanizmin müxtəlif toxumalarında qlikogenin artıq miqdarda toplanması ilə əlaqədar olan irsi xəstəliklərdir.



təklilər qlikogenozlar adlanır. Bu xəstəliklər qlikogen mübadiləsində iştirak edən fermentlərdən birinin çatışmazlığı nəticəsində əmələ gəlir. Xəstəliyin müxtəlif formalarının klinik gedişi və ağırlıq dərəcəsi hansı fermentin aktivliyinin azalmasından və bu pozğunluğun maddələr mübadiləsinə nə dərəcədə təsir etməsindən asılıdır. Klinik gedişatına görə qlikogenozların 3 forması ayırd edilir: 1) qaraciyər qlikogenozu; 2) əzələ qlikogenozu; 3) yayılmış qlikogenoz. Lakin patogenetik cəhətdən bu xəstəliyin daha çox növü vardır. Hazırda qlikogenozların Kori tərəfindən təklif olunmuş təsnifatından istifadə edilir. Bu təsnifat xəstəliyin hansı fermentin patologiyası nəticəsində inkişaf etməsinə əsaslanır.

#### Cədvəl 16.

Qlikogen mübadiləsinin pozulması ilə əlaqədar olan xəstəliklər

Qlikogenozun növü (xəstəliyin adı)	Aktivliyi azalmış ferment	Fermentin pozğunluğu müşahidə olunan üzv və toxuma	Xəstəliyin klinik forması
I (Girke xəstəliyi)	Qlükoza-6-fosfotaza	Qaraciyər, böyrəklər, nazik bağırsağın selikli qişası	Qaraciyər qlikogenozu
II (Pompe xəstəliyi) III (Kori xəstəliyi)	Turş $\alpha$ -qlükozidaza Amilo-1,6-qlükozidaza	Qaraciyər, böyrəklər, dalaq, əzələlər, leykositlər, sinir toxuması	Yayılmış forma Qaraciyər və əzələ qlikogenozu
IV (Anderson xəstəliyi)	Qlikogen şaxələndirici ferment	Qaraciyər, əzələlər, leykositlər, eitrositlər	Qaraciyər qlikogenozu
V (Mak-Ardl xəstəliyi)	Əzələ fosforilazası	Qaraciyər, əzələlər, leykositlər	Əzələ qlikogenozu
VI (Xers xəstəliyi)	Qaraciyər fosforilazası	Əzələlər	Qaraciyər qlikogenozu
VII (Tomson xəstəliyi)	Fosfoqlükmutaza	Qaraciyər	Əzələ və qaraciyər qlikogenozu
VIII (Tarun xəstəliyi)	Fosfofruktokinaza	Əzələlər, qaraciyər	Əzələ qlikogenozu
IX (Xaqə xəstəliyi)	Fosforilazasının kinazası	Əzələlər, eritrositlər	Qaraciyər qlikogenozu
X	Proteinkinaza	Qaraciyər Qaraciyər	Qaraciyər qlikogenozu
XI	Fosfoheksoizomeraza	Qaraciyər, eritrositlər	Qaraciyər qlikogenozu

## Mövzuya aid suallar

1. Karbohidratların əsas bioloji rolunu izah edin.
2. Oliqosaxaridlərin monosaxaridlərə parçalanmasının mərhələlərini və kataliz edən fermentlərini göstərin.
3. Polisaxaridlərin parçalanmasının mərhələlərlə və orada iştirak edən fermentlərin rolunu aydınlaşdırın.
4. Qlükozanın dixotomik yolla aerob və anaerob şəraitdə parçalanmasını və bu prosesdə əsas maddələri sadalayın.
5. Tənəffüs prosesi qlükoliz və spirtə qıvcırma proseslərindən nə ilə fərqlənir?
6. Krebs tsiklini izah edin. Orqanizmin həyat fəaliyyətində bu prosesin mahiyyətini aydınlaşdırın.
7. Dixotomik parçalanma apotomik parçalanmadan nə ilə fərqlənir? Bu proseslərin enerji effektivliyini xarakterizə edin.
8. Avtotrof orqanizmlərdə karbohidratların biosintezi prosesini aydınlaşdırın. Bu prosesdə iştirak edən əsas fermentləri sadalayın.
9. Heterotrof orqanizmlərdə karbohidratların biosintezi prosesini mərhələlərlə izah edin.
10. Karbohidrat mübadiləsinin neyro-humoral tənzimini xarakterizə edin. Bu prosesdə iştirak edən əsas maddələri və onların rolunu aydınlaşdırın.
11. Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları və onu törədən səbəbləri izah edin.

## XII FƏSİL

### 12. LİPİDLƏRİN MÜBADİLƏSİ

Lipidlər orqanizmin əsas enerji materialı sayılır. İnsan və heyvanların enerjiyə olan ehtiyacının 30–40%-i lipidlərin, xüsusilə neytral yağların hesabına ödənilir. İnsan və heyvan orqanizminə lipidlər qida vasitəsilə daxil olur. İnsan orqanizminə gün ərzində qida vasitəsilə 50–70 *q* heyvan və bitki mənşəli lipidlər (o cümlədən 10 *q* doymamış yağ turşuları, 10 *q* fosfolipidlər və 0,5 *q* xolesterol) daxil olur. Mədə-bağırsaq sistemində lipidlərin çevrilməsi və bağırsaqlardan sorulması mürəkkəb prosesdir.

Lipidləri parçalayan əsasən lipaza fermentidir. Mədədə bu ferment az fəaldır. Yaşlı insanlarda 5%-dən az (əsasən süddə olan yağ) hissəsi parçalanır. Mədə şirəsində lipaza bütün heyvanlarda olur, lakin az fəaldır. Bu ferment zəif turş mühitdə ( $pH=4-5$ ) yağları qliserinə və yağ turşularına parçalayır. Ancaq körpələrdə mədə lipazası aktivdir, lipidlərin parçalanması zamanı öd axarı oniki-barmaq bağırsağa açılır və nəticədə yağlar emulsiyalaşır. Öddəki öd turşuları (qlikoxol, qlikodezoksixol, tauroxol turşuları) yağ turşuları ilə birləşib suda həll olan (yağlar suda həll olmurlar, bu səbəbdən bağırsaq divarlarından sorula bilmirlər) komplekslər (xolein turşularını) əmələ gətirirlər. Yağların parçalanması nəticəsində əmələ gələn qliserin suda həll olduğundan bağırsaqlardan asanlıqla sorulur. Bağırsaq divarlarının epitel hüceyrələrində lipidlərin parçalanması nəticəsində əmələ gələn məhsullardan (qliserin, ali yağ turşuları, mono- və diqliseridlər) yenidən triqliseridlər (neytral yağlar) və ya fosfolipidlər sintez olunur. Bu proses *resintez* adlanır. Resintez yolu ilə əmələ gəlmiş lipidlərin əsas hissəsi (80%-ə qədər) limfa sistemində, nisbətən az (20%-ə qədər) isə *müsariqə*

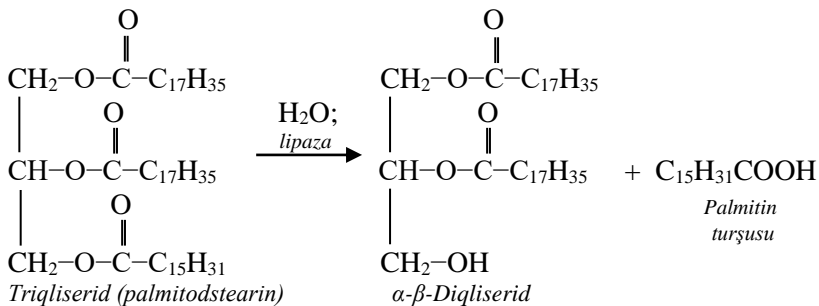
venaları vasitəsilə qapı venasına keçir. Resintez prosesi nəticəsində bağırsaq divarlarında ATF, koenzim-A və sitidin trifosfatın iştirakı ilə müəyyən miqdar (30–40%) neytral yağlar sintez olunur. Bunların bir qismi orqanlarda ehtiyat şəklində toplanır, qalanı isə hidroliz olunaraq qana sorulur, ayrı-ayrı orqanlara aparılır.

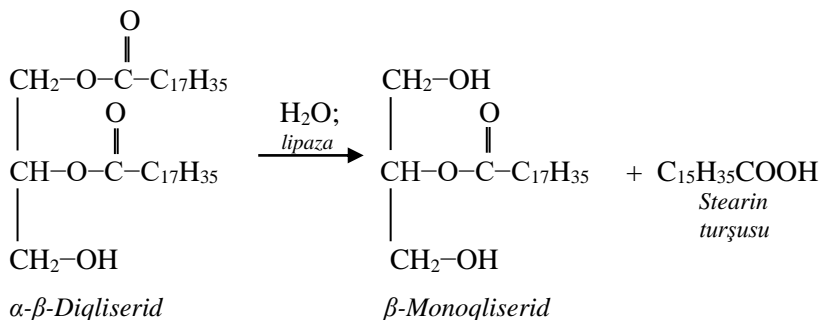
## 12.1 Yağların parçalanması

Yağların (triqliseridlərin) parçalanması onların hidrolizi nəticəsində baş verir. Hidroliz nəticəsində qliserin və ali yağ turşuları alınır. Ali yağ turşuları tərkibində əsasən karbonun miqdarı 16:18 olan (həmişə cüt karbon olur) doymuş: palmitin– $C_{15}H_{31}COOH$ , stearin –  $C_{17}H_{35}COOH$  və araxin –  $C_{19}H_{39}COOH$  turşuları, doymamış: olein– $C_{17}H_{33}COOH$ , linol– $C_{17}H_{31}COOH$ , linolein– $C_{17}H_{29}COOH$ , araxidon –  $C_{19}H_{31}COOH$  turşuları olur.

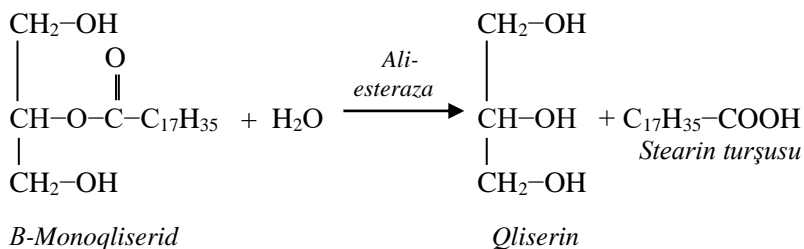
Yağların hidrolizi nazik bağırsaqda mədəaltı vəzin hazırladığı lipolitik fermentlərin (əsasən lipazanın) təsiri ilə baş verir.

Lipolitik fermentlər iki tipdə olur. Birincilər triqliseridlərdə olan  $\alpha$ -efir rabitəsinin, ikincilər isə  $\beta$ -efir rabitəsinin hidrolizini kataliz edirlər. Triqliseridlər birbaşa hidrolizə uğramır. Hidroliz prosesi mərhələlərlə baş verir. Əvvəlcə  $\alpha$ -efir rabitələri, sonra isə  $\beta$ -efir rabitələri hidrolizə məruz qalır.





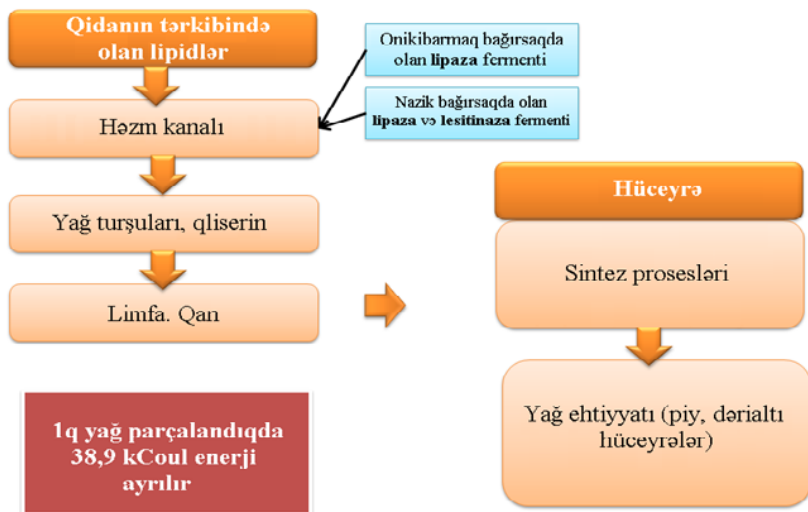
$\beta$ -monoqliseridlərin bir hissəsi bağırsağ divarlarından qana sorulur. Digər hissəsi resintez prosesinə uğrayır. Qalan hissəsi isə qaraciyərdə spesifik olmayan aliesteraza fermentinin təsirindən hidrolizə uğrayır.



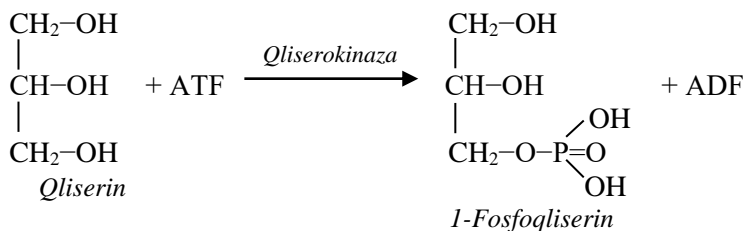
Sonrakı proses orqanizmdə qliserin və ali yağ turşularının parçalanması ilə davam edir.

## 12.2 Qliserin və yağ turşularının mübadiləsi

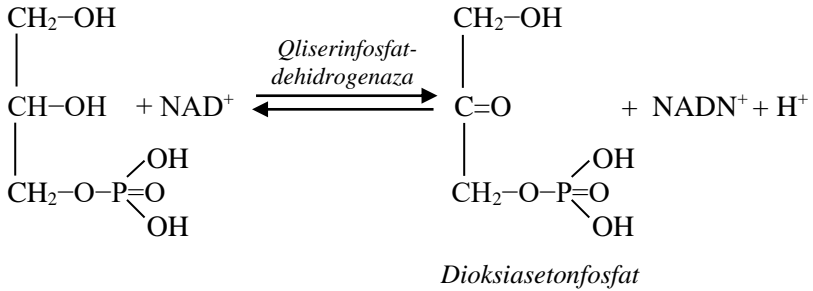
Triqliseridlərin hidrolizindən əmələ gəlmiş qliserin və ali yağ turşuları sonrakı mübadilə prosesində bir sıra çevrilmələrə məruz qalırlar və aşağıdakı sxemdə daha aydın göstərilmişdir:



Qliserin resintez prosesinə və ya başqa mübadilə prosesinə qoşulsa belə karbohidratlarda olduğu kimi əvvəlcə ATF-in təsiri ilə fosforlaşmaya məruz qalır. Prosesi qliserokinaza fermenti kataliz edir.



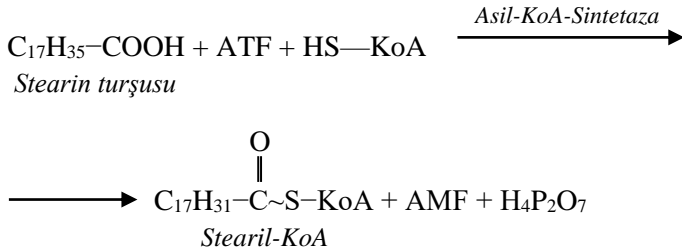
1-fosfoqliserin molekulunun əsas hissəsi yeni triqliseridlərin sintezinə sərf olunur. Bir hissəsi isə dioksiasetonfosfata oksidləşir.



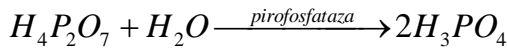
Dioksiasetonfosfat molekulu izomerləşərək 3-fosfoqliserin aldehidinə çevrilir. Sonuncu isə dixotomik prosesə qoşulur bir sıra çevrilmələrə uğrayaraq, sirkə turşusuna, nəhayət suya, karbon qazına ayrılır və enerji verir.

Təbiətdə rast gəlinən yağ turşularının tərkibində karbon atomlarının sayı cütdür. Belə turşular tədricən parçalanaraq, hər bir  $\beta$ -oksidləşmədən sonra özlərindən bir molekul sirkə turşusu ayırırlar. Bu proses tərkibində dörd karbon atomu olan yağ turşusunun əmələ gəlməsi ilə başa çatır. Yağ turşusu da öz növbəsində  $\beta$ -oksidləşmə prosesinə uğrayır. O növbə ilə 2 dəfə hidrogenləşmə və hidratlaşma reaksiyalarına girdikdən sonra parçalanaraq 2 molekul sirkə turşusuna çevrilə bilər. Ali yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşməsi demək olar ki, bir çox canlılar üçün universal proses sayılır. Müasir nəzəriyyəyə görə parçalanmaya məruz qalan doymamış yağ turşuları (onların digər hissəsi müxtəlif maddələrin alınmasında iştirak edir) ilk əvvəl reduksiya olunaraq (hidrogenləşərək) doymuş ali yağ turşularına çevrilirlər. Bu proses mərhələrlə baş verir.

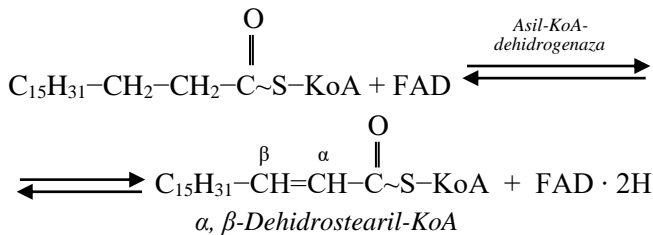
Birinci mərhələdə doymuş ali yağ turşuları asil-KoA-sintetaza fermentinin iştirakı ilə koenzim-A-nın təsirindən aktiv formaya keçirlər. Bu reaksiya üçün sərf olunan enerji ATF molekulunun parçalanması nəticəsində alınır.



Yağ turşularının aktivləşməsi hüceyrənin sitoplazmasında gedir. Bu prosədə əmələ gəlmiş pirofosfat turşusu tezliklə sitoplazmada olan pirofosfataza fermentinin təsiri ilə hidrolizə uğrayaraq 2 molekul fosfat turşusuna çevrilir və prosesin geri dönməsinə şərait yaranmır.

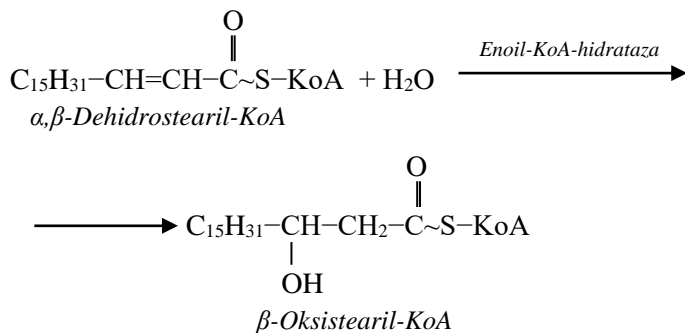


İkinci mərhələdə aktivləşmiş yağ turşuları mitoxondriyanın matrisasına daxil olur və asil-KoA dehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə flavinadenindinukleotidin (FAD) oksidləşməyə məruz qalır.

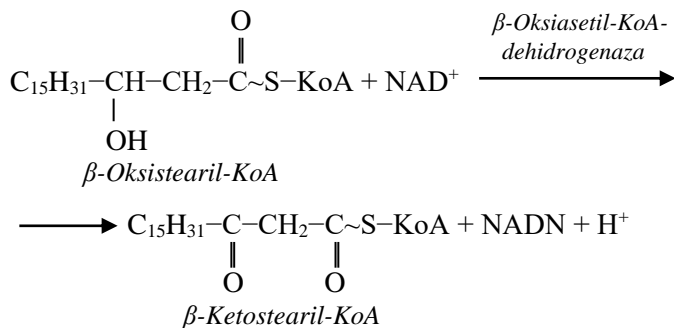


Üçüncü mərhələdə əmələ gəlmiş  $\alpha$ - $\beta$ -dehidrostearyl-KoA molekulunun ikiqat rabitə olan hissəsinə su molekullarının birləşməsi (hidratlaşma) baş verir. Bu proses hidrolazalar sinfinə aid olan enoil-Ko A-hidrataza fermentinin iştirakı ilə gedir.

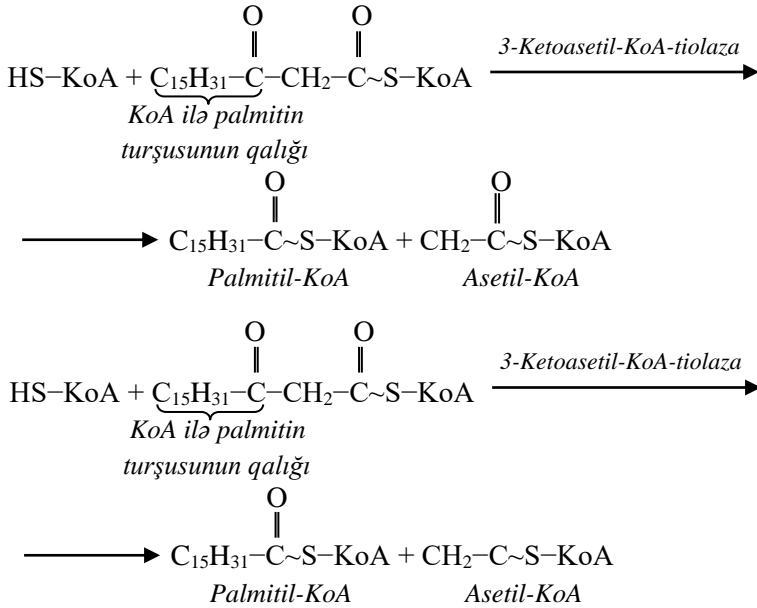




Dördüncü mərhələdə yağ turşularının parçalanması karboksil qrupundan  $\beta$  vəziyyətdə yerləşən karbon atomundan iki hidrogen atomunun çıxarılması ilə gedir. Bu səbəbdən prosesin adı  $\beta$ -oksidləşmə adlanır. Hidrogen atomunun çıxarılması qəpərilməsi (hidrogenləşmə)  $\beta$ -oksiasil-KoA-dehidrogenaza (oksidreduktaza) fermentinin və  $\text{NAD}^+$  iştirakı ilə gedir.

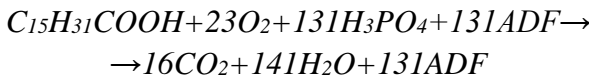


Birinci mərhələdə  $\beta$ -ketostearil-KoA molekulu 3-ketoasil-KoA-tiolaza fermentinin iştirakı ilə yeni asil-KoA molekulu ilə qruplaşaraq aktiv fəal sirkə turşusuna (asetil-KoA) və palmitil-KoA molekullarına çevrilir.



Nəticədə stearin turşusundan iki karbon atomu ayrılır fəal sirkə turşusu (asetil-KoA) və fəal palmitil-KoA alınır. Bu proses hər dəfə iki karbon atomu ayrılmaqla (sirkə turşusu əmələ gəlməklə) nəhayət dörd karbonlu yağ turşusuna qədər parçalanır o da 2 mol sirkə turşusuna çevrilir.

Belə oksidləşmədə çoxlu miqdarda enerji əmələ gəlir. Məsələn 1 mol palmitin turşusu oksidləşdikdə ayrılan enerjinin müəyyən hissəsi (40%) 131molekul ATF-də toplanır və hüceyrələr tərəfindən istifadə olunur. Bu parçalanmada 7 sikl  $\beta$ -oksidləşmə baş verir.  $\beta$ -oksidləşmənin son məhsulu  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$ -molekullarıdır. Prosesi sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Əgər asetil-KoA əmələ gəlməsi azalarsa o zaman *HS-KoA*-nın ehtiyatı tükənər və nəticədə mitoxondriyalarda yağ turşularının oksidləşməsi dayanar. Qeyd etmək lazımdır ki, tərkibində  $n$  sayda karbon atomu olan yağ turşusunun tam parçalanması zamanı baş verən  $\beta$ -oksidləşmə mərhələlərinin sayı  $n/2-1$ , əmələ gələn asetil-KoA molekullarının sayı  $n/2$ -dir. Buna əsasən tərkibində karbon atomunun sayından asılı olaraq parçalanmasından sintez olunacaq ATF molekullarının sayını hesablamaq olar. Məsələn, tərkibində 18 karbon atomu olan stearin turşusunun toxumadaxili oksidləşməsi zamanı 8 dəfə  $(18/2-1)$   $\beta$ -oksidləşmə baş verir və 9  $(18/2-1)$  asetil-KoA əmələ gəlir. Deməli, bu turşunun bir molekulunun toxumadaxili oksidləşməsi  $8 \cdot 5 + 9 \cdot 12 = 148$  ATF molekulunun sintezinə səbəb ola bilər.

Yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşməsi karbohidratların oksidləşməsindən enerji cəhətdən sərfəlidir. Belə ki, bir molekul qlükozanın (altı karbon atomu var)  $CO_2$  və  $H_2O$  qədər oksidləşməsi nəticəsində 38 molekul ATF əmələ gəlir. Ancaq bir molekul yağ turşusunun ( $C_6$ -olan)  $CO_2$  və  $H_2O$  qədər oksidləşməsi zamanı 44 molekul ATF əmələ gəlir.

Üzvi turşuların bioloji oksidləşməsinin az təsadüf edilən  $\alpha$  və  $\omega$  parçalanma yolları da məlumdur.

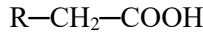
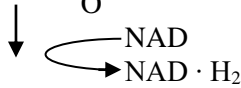
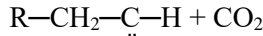
Alifatik turşuların  $\alpha$ -oksidləşmə yolu ilə parçalanmasına beyin hüceyrələrinin mikrosomlarında və bəzi bitkilərin inkişaf etməkdə olan toxumalarında təsadüf edilmişdir. Həmçinin müxtəlif heyvan və bitki toxumalarında alifatik turşular  $\alpha$  və  $\omega$  yolu ilə parçalana bilər.

$\alpha$ -oksidləşmə yolu ilə parçalanmanın ilk mərhələsində alifatik turşunun  $\alpha$  vəziyyətdə olan ikinci karbon atomunda olan  $H$  atomu  $OH$  ilə əvəz olunur. sonra isə  $\alpha$  hidroksiturşu oksidləşərək





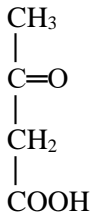
*yağ turşularının  
peroksidazası*



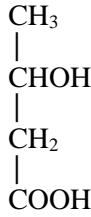
Qaraciyər hüceyrələrinin mikrosomlarında üzvi turşuların  $\omega$ -oksidləşmə prosesinə uğrayaraq  $\alpha$ -,  $\omega$ -dikarbon turşularına çevirən ferment sisteminə təsadüf olunmuşdur. Bu sistemin iştirakı ilə üzvi turşu molekulunun uc hissəndə yerləşən metil radikalı (bu radikal üzvi turşunun  $\omega$ -qrupu adlanır) oksidləşmə prosesinə uğrayır.  $\omega$ -oksidləşmə prosesində isə monooksigenaza fermenti,  $\text{NAD}^+ \cdot \text{H}_2$ , oksigen və sitoxrom  $P_{450}$  iştirak edir (sitoxrom  $P_{450}$ -nin reduksiyaya uğramış forması spektrofotometriya zamanı dalğa uzunluğu 450 nm olan işıq şüaları udur. Onun adı bu hadisə ilə əlaqədardır).  $\omega$ -oksidləşmə prosesinin bioloji rolu hələlik aydınlaşdırılmamışdır.

### 12.3 Keton cisimciklərinin yaranması (ketogenez) və oksidləşmə (ketoliz)

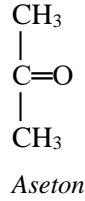
Keton cisimcikləri orqanizmdə lipid mübadiləsinin aralıq məhsulları kimi əmələ gəlir. Bunlara aset-sirkə turşusu,  $\beta$ -hidroksi yağ turşusu və aseton aiddir:



*Aset-sirkə turşusu*



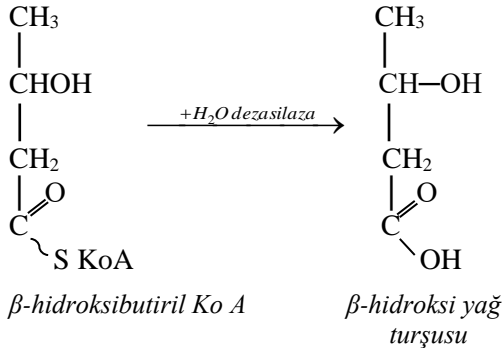
*B-hidroksisi yağ turşusu*



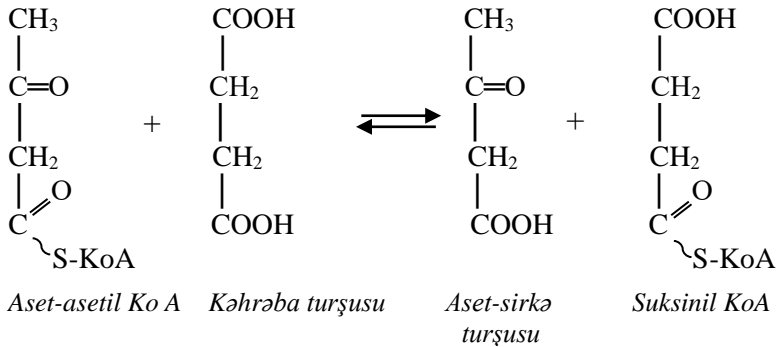
*Aseton*

Yağların toxumadaxili parçalanmasının sürətlənməsi ilə müşayiət olunan bir sıra patoloji hallarda orqanizmdə çoxlu miqdarda keton cisimcikləri əmələ gəlir. Keton cisimcikləri qaraciyər hüceyrələrində sintez olunur.

Orqanizmdə keton cisimciklərinin əmələ gəlməsinin 3 yolu məlumdur. Birinci yol üzvi turşuların katobalizminin son mərhələlərində əmələ gələn  $\beta$ -hidroksi yağ və aset-sirkə turşularının koenzim A ilə birləşmələrinin hidroliz olunmasından ibarətdir:



Müəyyən edilmişdir ki, aset-asetil-koenzim A-nın aset-sirkə turşusuna çevrilməsi prosesində kəhrəba turşusu da iştirak edir. Bu turşu  $HS\text{-KoA}$  ilə birləşərək suksinil KoA-ya çevrilir, aset-sirkə turşusu isə sərbəst halda ayrılır:



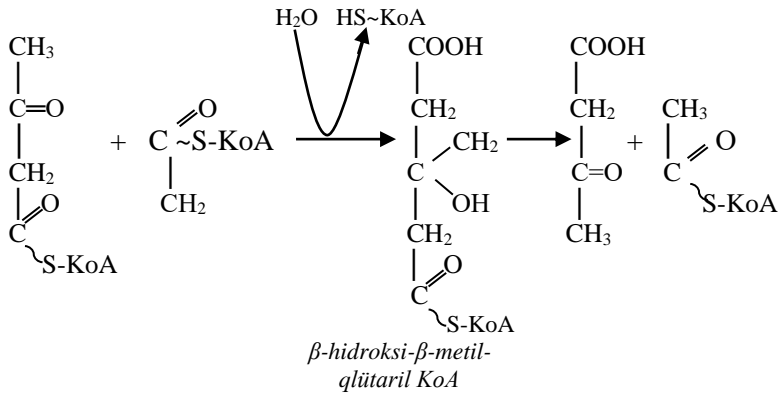
Aydın ki, əgər orqanizmdə keton cisimciklərinin əmələgəlmə mexanizmi yalnız yuxarıda göstərilən reaksiyalardan ibarət olsaydı, onda alifatik turşuların hər 1 molekulunun parçalanması yalnız 1 molekul keton cisimciyinin yaranmasına səbəb ola bilərdi. Lakin təcrübələr göstərmişdir ki, 1 molekul üzvi turşu parçalandıqda bir neçə molekul keton cisimciyi əmələ gəlir. Yağların toxumadaxili parçalanmasının sürətlənməsi ilə müşayiət olunan bir sıra hallarda keton cisimciklərinin yaranma sürəti xüsusilə artır. Bu faktlar orqanizmdə keton cisimciklərinin başqa yollarla da sintez olunduğunu sübuta yetirir.

Aset-sirkə turşusunun əmələ gəlməsinin ikinci yolu birinciyə nisbətən mürəkkəb olsa da, insan və heyvan orqanizmində daha geniş yayılmışdır. Bu prosesin mahiyyəti belədir: əvvəlcə aset-asil KoA ilə bir molekul aset-koenzim A və  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metil-qlütəril KoA əmələ gəlir; bundan sonra deasilaza ( $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metil-qlütəril KoA-liaza) fermentinin təsiri ilə  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metil-qlütəril KoA sərbəst aset-sirkə turşusuna və asetil-KoA-ya parçalanır.

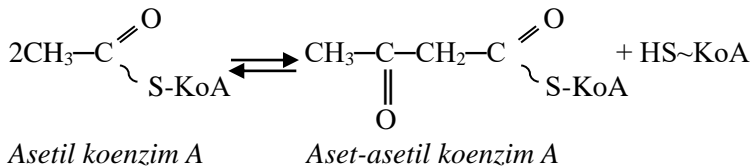
Qeyd etmək lazımdır ki, aset-asetil-KoA ilə aset-KoA-nın kondensasiyası nəticəsində əmələ gələn  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metil-qlütəril KoA adı şəraitdə xolesterinin biosintezinə sərf olunur. Onun aset-

sirkə turşusuna və asetil-KoA-ya qədər parçalanması halına yalnız qaraciyərdə aset-asetil KoA-nın həddindən artıq toplandığı şəraitdə təsadüf etmək mümkündür.

Aset-sirkə turşusu keton cisimciklərinin digər nümayəndələrinin (aseton və β-hidroksi-yağ turşusu) əmələ gəlməsi üçün ilkin materialdır. O, NAD-H<sub>2</sub> iştirakı ilə (fermentativ yolla) β-hidroksi-yağ turşusuna və karboksilsizləşmə yolu ilə asetona çevrilə bilər.



Üzvi turşuların parçalanmasının sürətləndiyi hallarda qaraciyərdə toplanan asetilkoenzim A-nın kondensasiya reaksiyasına uğrayaraq, aset-asetil KoA-ya çevrilməsi də mümkündür. Qaraciyər hüceyrələrində bu reaksiyanı kataliz edən β-ketotiolaza fermenti vardır:



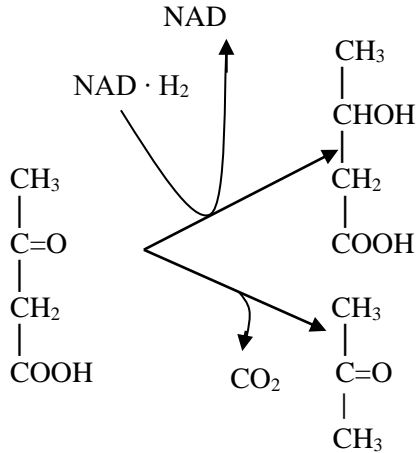


Orqanizmin qəbul etdiyi qida maddələri asetilkoenzim A-nın kondensasiya reaksiyasının istiqamətinə təsir göstərə bilər. Məlumdur ki, asetil KoA-nın Krebs dövrəsinə daxil olaraq, karbon qazına və suya qədər oksidləşməsi üçün mühtəmə mutləq oksalat-sirkə turşusu olmalıdır. Lakin bu turşu orqanizmdə əsasən qlükoliz prosesi nəticəsində (piroüzüm və fosfoenolpiroüzüm turşularından) əmələ gəlir. Az miqdarda oksalat-sirkə turşusu asparagin turşusundan da əmələ gələ bilər. Doğrudur, Krebs dövrəsinə üzrə oksidləşmə prosesində iştirak edən oksalat-sirkə turşusu prosesin sonunda sərbəst hala keçir. Lakin onun müəyyən hissəsi orqanizmdə piroüzüm turşusunun parçalanması və asparagin turşusunun sintez edilməsi nəticəsində itirilir. Göstərilənlərdən aydın olur ki, orqanizmdə yaranan asetil KoA-nın hamısının sərf edilməsi üçün qida vasitəsilə ya müəyyən miqdarda aset-sirkə turşusu, ya da onun sintezinə sərf oluna biləcək digər üzvi birləşmələr qəbul edilməlidir. Belə qida maddələrinə karbohidratlar və tərkibinə leysin aminoturşusu daxil olan zülali maddələr aiddir. Orqanizmdə leysin katabolizmi nəticəsində də aset-sirkə turşusu sintez olunur. İzoleysin, lizin, tirozin və fenilalanin orqanizmdə şəraitdən asılı olaraq, həm keton cisimciklərinin, həm də qlükozanın sintezinə sərf edilə bilər. Orqanizmdə keton cisimciklərinin sintezinin üçüncü yolu məhz yuxarıda adları çəkilən aminoturşuların (leysin, izoleysin, lizin, fenilalanin və tirozin) katabolizmindən ibarətdir. Bu aminoturşulara “ketogen” aminoturşular adı verilmişdir.

Aset-sirkə turşusu keton cisimciklərinin digər nümayəndələrinin (aseton və  $\beta$ -hidroksi-yağ turşusu) əmələ gəlməsi üçün ilkin materialdır. O, NAD · H<sub>2</sub> iştirakı ilə (fermentativ yolla)  $\beta$ -hidroksi-yağ turşusuna və karboksilsizləşmə yolu ilə asetona çevrilə bilər.

Keton cisimcikləri əsasən qaraciyərdə əmələ gəlir, lakin

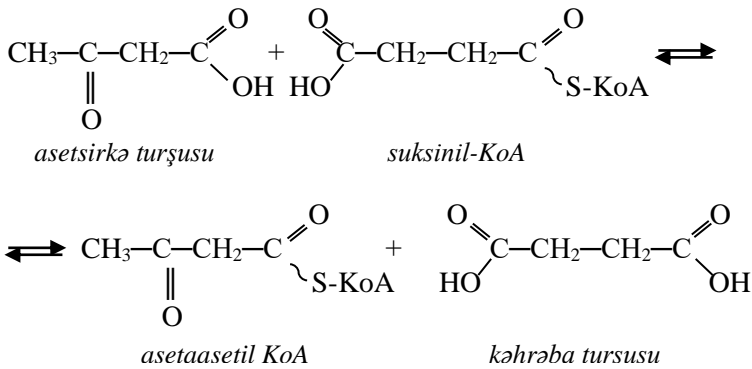
qaraciyərdən başqa bütün toxumalar keton cisimciklərindən enerjetik material kimi istifadə etmək qabiliyyətinə malikdir. Əzələ toxuması bu cəhətdən üstünlük təşkil edir. Əvvəllər belə güman edilirdi ki, keton cisimciklərinin heç bir fizioloji əhəmiyyəti yoxdur. Lakin təcrübələr göstərmişdir ki, aset-sirkə və β-hidroksi-yağ turşuları orqanizm üçün yüksək əhəmiyyətli enerji mənbəyidir. Onların parçalanması zamanı alınan enerji zülal və karbohidratların parçalanmasından alınan enerjiden 2 dəfə çoxdur və bu enerjinin bir hissəsi digər bioüzvi birləşmələrin sintezinə sərf olunur.



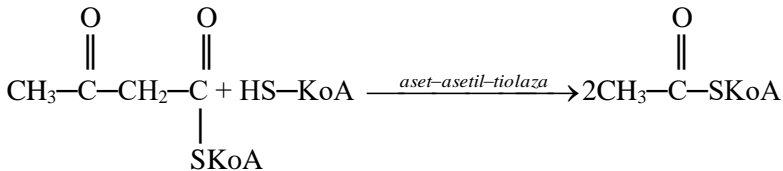
Ürək əzələsi və böyrəklərin qabıq maddəsi enerji mənbəyi kimi qlükozadan deyil, aset-sirkə turşusundan istifadə edir. Aclıq və şəkərli diabet xəstəlikləri zamanı beyin hüceyrələri də asetsirkə turşusundan enerji mənbəyi kimi istifadə etməyə uyğunlaşır. Uzunmüddətli aclıq şəraitində beyinin enerjiyə qarşı tələbatının 75%-ə qədəri aset-sirkə turşusunun oksidləşməsi hesabına ödənilir. Qan plazmasında olan aset-sirkə turşusu lipid mübadiləsinə tənzimedicisi təsir göstərir. Onun miqdarı artdıqda piy toxumalarında lipoliz prosesinin sürəti azalır.

Aset-sirkə turşusunun oksidləşməsinin ilk mərhələsi onun aktiv formasının (aseto-asetil koenzim A) əmələ gəlməsindən ibarətdir.

Aset-sirkə turşusunun “aktivləşməsinin” ikinci yolu suksinil-KoA-aset-asetat-transferaza fermentinin iştirakı ilə həyata keçir. Onun təsiri altında aset-sirkə turşusu suksinil-KoA ilə reaksiyaya girərək sərbəst kəhrəba turşusu və aset-asetil KoA əmələ gətirir. Bu prosesləri aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə təsvir etmək olar. Nəticədə əmələ gəlmiş kəhrəba turşusu Krebs siklinə qoşulur.



Aset-asetil KoA asil-tiolaza fermentinin və sərbəst asetil KoA-nın iştirakı ilə tiolitik parçalanma prosesinə məruz qalaraq, 2 molekul asetil KoA-ya çevrilir:



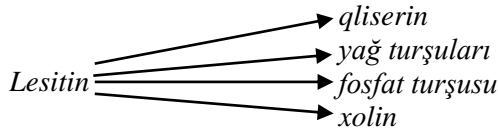
Bu reaksiyada əmələ gəlmiş asetil KoA-nın katabolizmi limon turşusu dövrəsinə nəzərdən keçirdiyimiz yolla davam edir.

$\beta$ -hidroksi-yağ turşusunun oksidləşməsi spesifik təsirli dehidrogenazanın iştirakı ilə başlayır. O, hidrogen atomlarının daşıyıcısı olan NAD-ın iştirakı ilə oksidləşərək, asət-sirkə turşusuna çevrilir. Sonra isə asət-sirkə turşusu üçün xarakterik olan çevrilmələrə uğrayır.

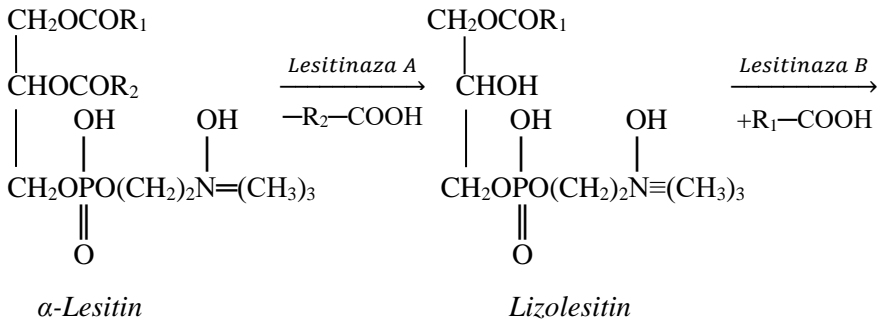
## 12.4 Yağabənzər maddələrin mübadiləsi

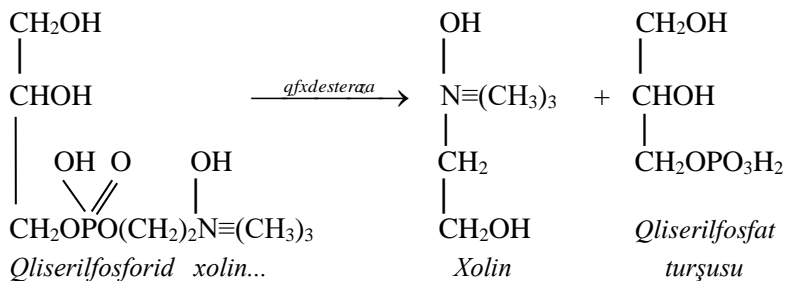
Yağabənzər maddələrə *lipoidlər* də deyilir. Bura fosfatidlər, steridlər və s. aiddir. Fosfatidlərə misal lesitinləri, kefa-linləri, serinfosfatidləri və s.-ni göstərmək olar.

Lesitinlərin hidrolizindən qliserin, yağ turşuları, fosfat turşusu və xolin əmələ gəlir. Bu sxem formasında belə göstərilir:

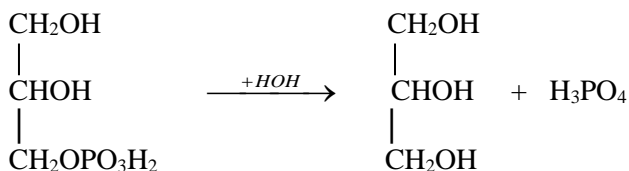


Lesitin əvvəlcə  $\beta$ -vəziyyətində olan yağ turşusunun qalı-ğın ayırmaqla lizolesitinə, sonuncuda qalan yağ turşusunun qalı-ğın itirməklə qliserilfosfoxolinə çevrilir.



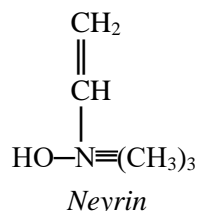
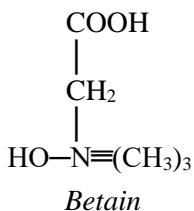
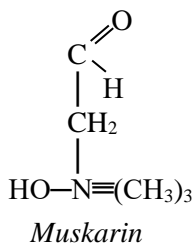


Qliserilfosfoxolində xolinə və qliserinfosfata ayrılır. Bu da qliserofosfatazanın iştirakı ilə qliserinə və fosfat turşusuna parçalanır:

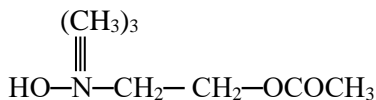


Qliserinin və yağ turşularının sonrakı çevrilmələri yuxarıda göstərildiyi kimi gedir, yəni son məhsul olaraq su və karbon qazına parçalanır, həm də enerji ayrılır. Fosfat turşusu fosforlu üzvi birləşmələrin (nukleozidfosfatların, monosaxaridlərin, fosfat efirlərinin və s.) və qismən fosfat turşusunun duzlarının (kalsiumfosfat, natrium-hidrofosfat, natrium-dihidrotfaosfat və s.) əmələ gəlməsində istifadə olunur.

Azotlu əsaslar (xolin, kolamin və s.) qarşılıqlı olaraq bir-birinə çevrilə bilər. Xolin oksidləşdikdə muskarin və betain, reduksiya olunduqda neyrin əmələ gəlir.



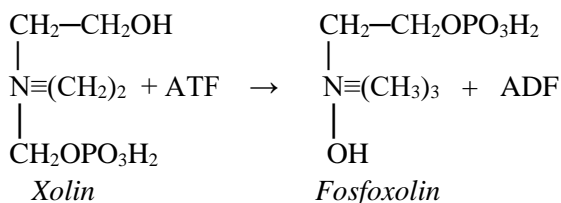
Xolin sirkə turşusu ilə birləşib asetilxolinə də çevrilir. Bu da sinir oyanmalarında mediator rolunu ifa edir.



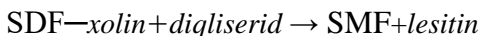
*Asetilxolin*

Kolamin oksidləşmə proseslərində iştirak edir, mədə şirəsinin sekresiyasını, amilazanın fəallığını stimulaşdırır, qlikogene-lizi, fosforlaşmanı sürətləndirir və qeyri proseslərdə iştirak edir.

Fosfatidlər orqanizmdə, xüsusilə qaraciyərdə və müəyyən dərəcədə başqa orqanlarda (böyrəklərdə, sinir toxumasında, nazik bağırsaqda və s.) sintez olunur, yəni göstərilən komponentlərdən əmələ gəlir. Bu məqsədlə fosfatid turşulardan əmələ gələn diqliseridlərdən istifadə olunur. Sonuncular fosfat turşusu, xolin, kolamin, serin və s. ilə birləşərək müvafiq fosfatidlərə (lesitinlər, kefalinlər, serinfosfatidlər və qeyriləri) çevrilirlər. Bu çevrilmələrdə ATF və sitidiltrifosfat da (STF) iştirak edir. Xolin fosfoferazanın iştirakı ilə fosforlaşmaqla fosfoxolinə, sonuncu isə STF-lə birləşib sitidilfosfoxolinə (SDF-xolin) çevrilir.



Sitidildifosfoxolin və diqliseridlə birləşib, lesitin əmələ gətirir:

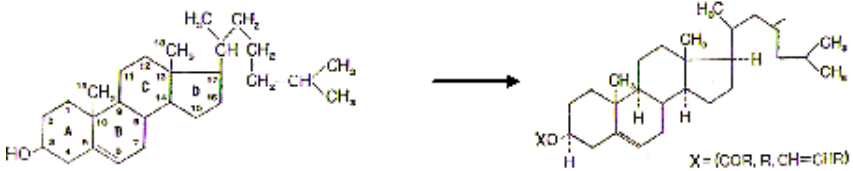


Bu sxem üzrə başqa fosfatidlərdə: kefalinlər, serinfosfatidlər və qeyriləri də sintez olunur.

## 12.5 Sterinlərin mübadiləsi

Sterinlərin ən əhəmiyyətli xolesterindir. Bu orqanizmdə həm sərbəst, həm də yağ turşularının efirləri (steridlər) və zülallarla kompleks formada olur.

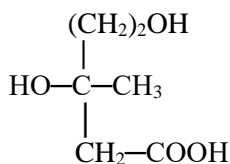
Xolesterindən orqanizm üçün bir sıra çox faydalı fizioloji fəal maddələr: öd turşuları, tənəsül hormonları, kortikosteroidlər, *D* – vitamini və s. əmələ gəlir. Xolesterin toxumaların su ilə birləşməsində iştirak edir, toksinləri zərərsizləşdirir. Sterinlər orqanizmdən müxtəlif yollarla: ödlə, bağırsağın divarından, dəri ilə və s. toxumalarla ayrılır. Yoğun bağırsağın möhtəviyyatında həmişə xolesterinin mikrofloranın təsiri ilə reduksiyalaşma məhsulu olan koprosterinə təsadüf edilir.



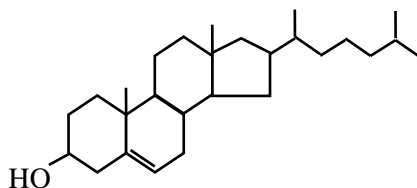
Qoyunlarda dəri piyi ilə daimi steridlər də ifraz olunur.

Xolesterin oksidləşdikdə siklik nüvəsi parçalanır və son mərhələdə enerji ayrılır. Ona görə də uzun müddətli iş zamanı qanda və başqa orqanlarda xolesterinin miqdarı azalır.

Xolesterin bütün orqan və toxumalarda, xüsusilə qaraciyərdə, dalaqda, beyində, ağciyərdə və s.-də sintez edilir. Bu məqsədlə sirkə, piroüzüm, yağ, asetosirkə turşularından və başqa birləşmələrdən istifadə olunur. Həmin çevrilmələr ATF-in, koenzim-A-nın, NADF-in, qlütationun, maqnezium ionunun və s. maddələrin iştirakı ilə gedir. Bunlardan bir sıra aralıq çevrilmələr nəticəsində mevalon turşusu, skvalen, lanosterin və ən nəhayət, xolesterin əmələ gəlir.



*Mevalon turşusu*



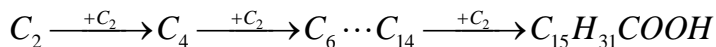
*Xolesterin*

Xolesterin isə asetil-KoA ilə birləşməklə xolesteridlərə çevrilir.

Xolesterinin mübadiləsi pozulduqda (ateroskleroz zamanı və s.) damarların divarında çökür və onların elastikliyi pozur. Arteriya damarlarında təzyiq artdığından damarlar da partlayır. Belə hal ən çox yaşlı insan və heyvanlarda müşahidə olunur. Bu zaman qanda və başqa toxumalarda xolesterinin miqdarı çoxalır. Buna hiperxolesterinemiyə deyilir.

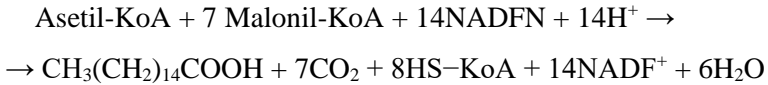
## 12.6 Ali doymuş yağ turşularının biosintezi

Yağ turşularının biosintezi hüceyrələrin sitoplazmasında törənir. Bu məqsədlə ikikarbonlu birləşmələr (sirkə turşusu və s.) sıxlaşmaqla iriləşir müvafiq doymuş yağ turşularını əmələ gətirir.

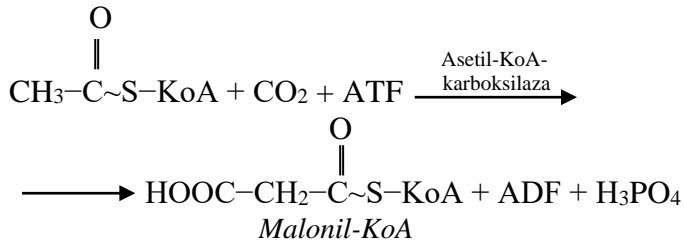


Palmitin turşusu 1 molekul asetil-KoA-nın və 7 molekul malonil KoA-nın sıxlaşmasından əmələ gəlir. Bu prosesi ümumiləşdirilmiş şəkildə palmitin turşusunun əmələ gəlməsi misalında aşağıdakı kimi təsvir etmək olar.



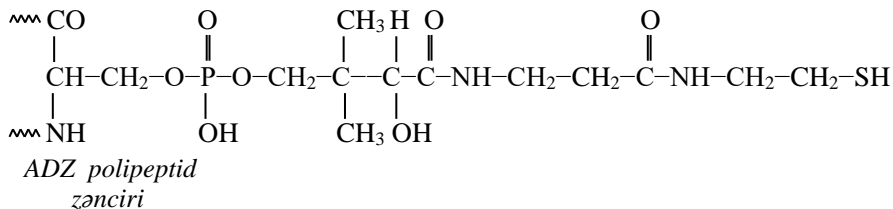


Bu proses üçün asetil-KoA karbohidratların və yağ turşularının aralıq məhsulundan alınır, ondan başqa ATF, NADFH bikarbonat və  $\text{Mg}^{2+}$  ionları olmalıdır. Göstərilən reaksiyada karbon qazı deyil onun aktiv forması iştirak edir. Malonil – KoA əmələ gəlməsi asetil-KoA ATF-in və aktiv  $\text{CO}_2$ -nin asetil-KoA karboksilaza fermentinin katalitik təsiri ilə baş verir.



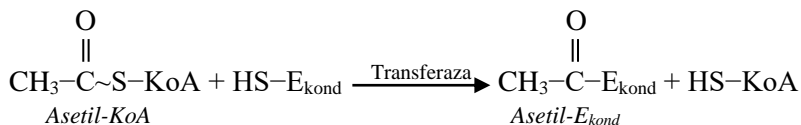
Müəyyən edilmişdir ki, malonil-KoA hüceyrələrin sitoplazmasında onun sintezinə sərf olunan asetil KoA isə mitoxondrilərdə əmələ gəlir. Asetil-KoA-nın mitoxondriyalardan sitoplazmaya keçməsinə (irimolekullu birləşmələr mitoxondrilərdən keçə bilmir) oksalat sirkə turşusu ilə birləşərək keçir. Bu prosesə 1 mol ATF sərf olunur.

Malonil KoA alifatik turşuların biosintezində mərkəzi rol oynayır. Malonil KoA yağ turşularının sintezində birbaşa asetil KoA ilə reaksiyaya girmir. Əvvəlcə asetil malonil KoA asildaşıyıcı zülal (ADZ) ilə əvəz etmə reaksiyalarına girirlər aktivləşirlər. ADZ (acil carrier protein) heyvan hüceyrələrinin protoplazmasında və mikroorqanizmlərdə aşkar edilmişdir. O molekul sonluğunda aktiv sulfhidril ( $-\text{SH}$ ) qrupları daxil olan maddədir. Onun quruluşu aşağıdakı kimidir.

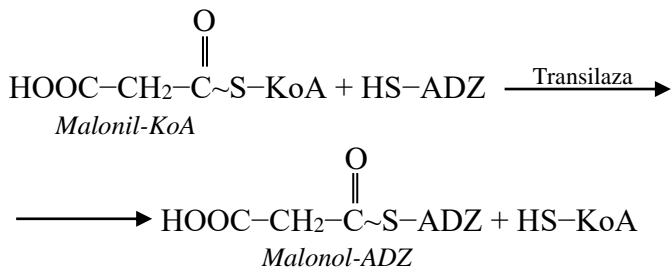


Asetil Ko-A –nın ADZ ilə reaksiyasına asetil-transasilaza, malonil Ko A-nın müvafiq reaksiyasına isə malonil transasilaza fermentləri kataliz edirlər. Bu proseslər bir sıra mərhələlərdən ibarətdir.

1. Birinci mərhələ asetil-Ko A molekulundan sirkə turşusu (asetil) qalığının transilaza fermentinin təsiri ilə 3-ketoasilsintetazanın ( $E_{\text{kond}}$ ) sulfhidril ( $-SH$ ) qrupuna ötürülməsi ilə başlayır (birinci monomerdən).



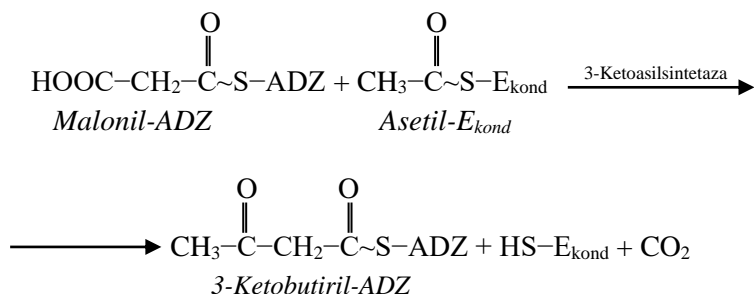
2. İkinci mərhələdə ADZ molekulunun aktiv tutucu sonluğu ikinci monomerdən transasilaza fermentinin katalitik təsiri ilə malonil-Ko A molekulundan malonil molekulunu qopardıb özünə birləşdirir.



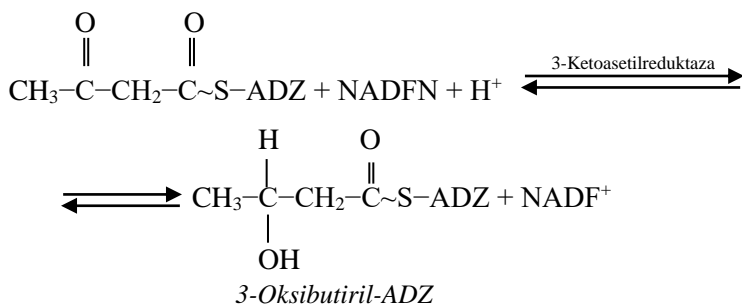
3. Üçüncü mərhələ kondensasiya mərhələsi adlanır. Kon-

densləşdirici 3-ketoasilsintetaza fermentinin ( $E_{kond}$ ) təsiri altında molonil-ADZ molekulundan 3-ketobutiril ADZ molekulu əmələ gəlir.

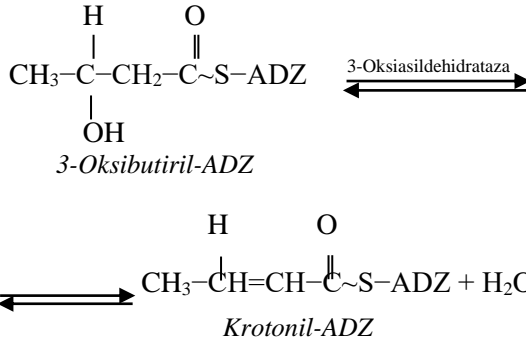
Göstərilən bisintez reaksiyalarında karbon dioksid katalizator rolunu oynayır. Hər iki karbon zənciri sintez olunarkən  $CO_2$  molekula azad olur (ayrılır).



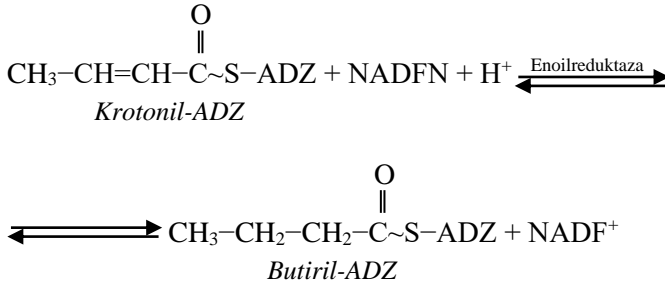
4. Dördüncü mərhələdə 3-ketobutiril ADZ  $NADH+H^+$  təsirindən reduksiya olunur.



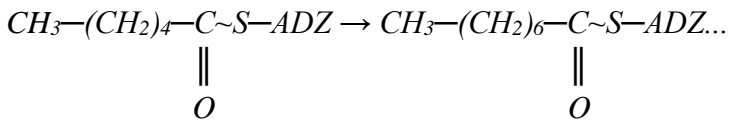
5. Beşinci mərhələdə əmələ gəlmiş 3-oksibutiril-ADZ molekulu 3-asildehidrotaza fermentinin təsiri altında dehidrotasiyaya uğrayaraq doymamış karbonil-ADZ molekuluna çevrilir.



6. Altıncı mərhələdə karbonil-ADZ enoilreduktaza (dehidrogenaza tiplidir) fermentinin təsiri altında reduksiya olunaraq butiril ADZ molekuluna çevrilir. Koferment kimi NADFH iştirak edir.

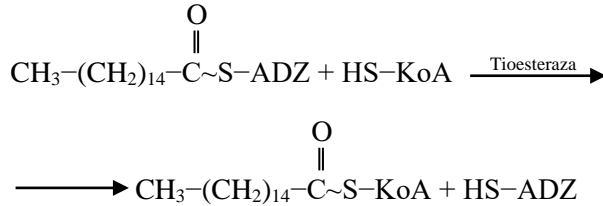


7. Yeddinci mərhələdə radikalın qoparılması (atılması) baş verir. Prosesin hər bir dövründə zəncirdə əvvəlkinə nisbətən artıq 2 karbon atomu olan yeni asil-ADZ-in əmələ gəlməsi ilə nəticələnir.



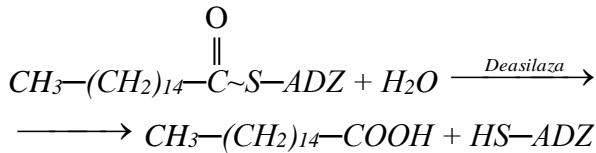
Bu ardıcılıq C<sub>16</sub>-ya kimi davam edir.

8. Səkkizinci mərhələdə tiosteraza fermentinin iştirakı ilə palmitin turşusunun qalığı ADZ molekulundan *HS-KoA* molekuluna keçir.



Bu proses tərkibində 16-18 karbon atomu olan yağ turşularının əmələ gəlməsi ilə başa çatır.

9. Nəhayət sonuncu mərhələdə asil-ADZ-in tərkibindəki asildaşdırıcı zülal ayrılır və əmələ gəlmiş ali doymuş yağ turşusu sərbəst hala keçir.



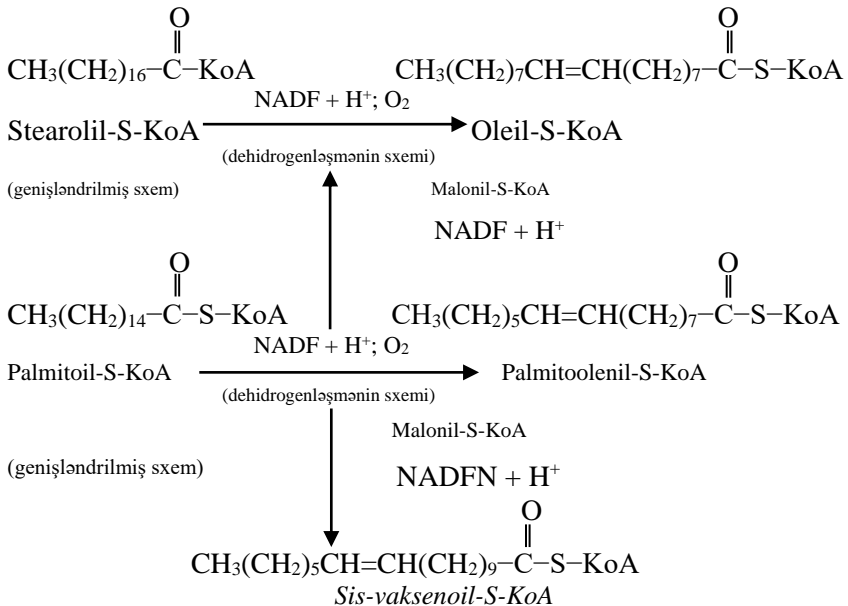
Ali doymuş yağ turşularının sintezini kataliz edən (sintetazalar) polifermentlər ansamblı yüksək reaksiya effektivliyinə malikdirlər.

## 12.7 Doymamış ali yağ turşularının biosintezi

Doymamış ali yağ turşuları doymuş ali yağ turşuları kimi karbon zəncirinin ikiləşərək çoxalma yolu ilə sintez olunurlar. Çünki onları kataliz edən fermentlər məməli heyvanlarda və insan

orqanizmində mövcud deyildir. Doymamış yağ turşuları yalnız doymuş yağ turşularının dehidrogensizləşməsi yolu ilə əmələ gəlirlər. Lakin məməlilərin orqanizmində üzvi turşuların molekulyar zəncirində sıra nömrəsi 9-a qədər olan karbon atomlarını hidrogensizləşdirən (dehidrogenləşdirən) fermentlər vardır. Onların iştirakı ilə palmitilolein və olein turşuları sintez edilə bilər. Deməli məməlilərin toxumalarında yalnız nonoentərkiibli doymamış ali yağ turşuları sintez edilə bilər. Palmitilolein və olein turşularının stearin və palmitin turşularından dehidrogenləşmə (hidrogensizləşmə) yolu ilə biosintezində iştirak edən fermentlərə qaraciyərin və piy toxuması hüceyrələrinin mikrosomlarında təsadüf edilir.

Doymamış yağ turşularının dehidrogenləşmə yolu ilə əmələ gəlməsi və karbon zəncirinin uzanması aşağıdakı sxemdə aydın görmək olar.



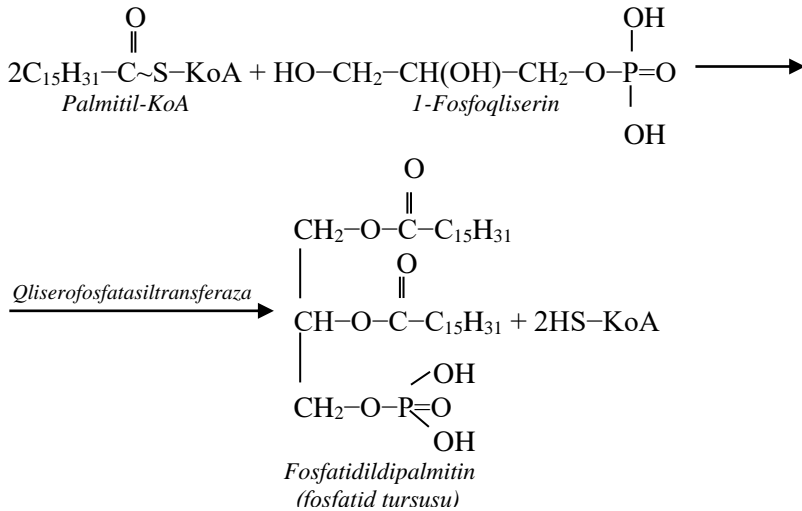
Doymamış turşularının məməlilərin orqanizmində sintez edilməsi qeyri-mümkündür. Orqanizm linol, linolein, araxidon turşularını yalnız qida maddələrinin (yalnız bitki mənşəli) tərkibində mənimsəyir. Bununla əlaqədar göstərilən turşulara əvəz edilməz turşular adı verilmişdir. Son vaxtlarda sübut edilmişdir ki, məməli heyvanlar qida vasitəsilə (sorqo, amarant, raps və s. yem bitkiləri ilə qidalandıqda) kifayət qədər linol və linolein turşuları qəbul etdikdə onların qaraciyərində bu turşulardan eykozatrien, eyzoatetraen (araxidon) və eykozapenten turşuları sintez oluna bilər.

Tərkibində bir neçə ikiqat rabitə olan üzvi turşuların orqanizmdə mühüm vəzifə daşması son zamanlar müəyyən olunmuşdur. Belə ki, bu turşular orqanizmdə xəstəlik törədici mikrobların fəaliyyətini minimuma endirir. Bioloji aktiv maddələrin (prostaqlandinlər, prostatsiklin, tromboksan, leykotreinlər və s.) məhz tərkibində bir neçə ikiqat rabitə olan ali yağ turşularında əmələ gəldiyi sübut olunmuşdur. Doymamış ali yağ turşularına F (essential) vitamini də deyilir.

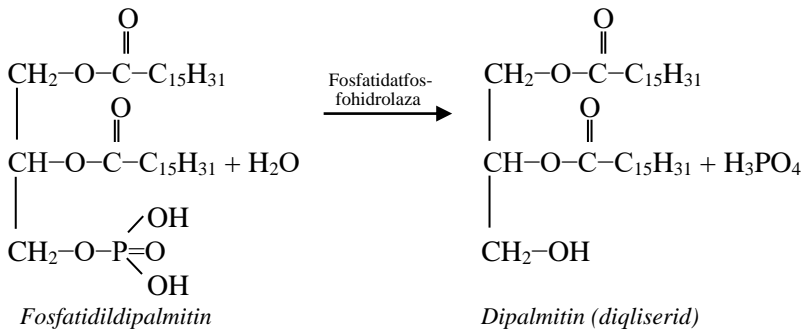
## **12.8 Yağların (triqliseridlərin) sintezi**

Yağların biosintezinin əsas substratı 1-fosfoqliserin və asil-Ko A molekulıdır. Sintez transasilləşmə reaksiyası nəticəsində baş verir. Bu prosesdə 1- fosfoqliserin molekulu qliserinin fosforlaşmasından və ya fosfodioksiasetonun reduksiyasından alınır. Asil-Ko A molekulu isə yağ turşularının sintez prosesi və  $\beta$ -oksidləşməsi zamanı əmələ gəlir.

Əvvəlcə transasilləşmə reaksiyası nəticəsində fosfatid turşusu (fosfatidildipalmitin) əmələ gəlir.



Əmələ gəlmiş fosfatid turşusu fosfatidatfosfohidrolaza fermentinin təsiri ilə hidrolizə uğrayaraq dipalmitinə (diqliseridə) çevrilir.



Diqliserid yenidən diqliseridtransasilaza fermentinin təsiri ilə asil-Ko A molekulu ilə tripalmitin (triqliseridi) molekulunu əmələ gətirir.

Triqliseridlərin sintezi prosesini sürətləndirən fermentlər qrupuna qaraciyər və s. toxumalarda rast gəlinir.



## 12.9 Lipid mübadiləsinin pozğunluqları

### 12.9.1 Lipidlərin həzm və sorulmasının pozulması

Yağların və lipoidlərin həzm olunmasında mədəaltı vəzinin ifraz etdiyi fermentlərin (lipazanın) və ödün mühüm rolu vardır. Buna görə də, mədəaltı vəzi şirəsinin və ödün bağırsağa tökülməsinin pozulması yağların orqanizm tərəfindən mənimsənilməsini nəzərə cərpacaq dərəcədə azaldır.

Mədəaltı vəzi şirəsinin bağırsaq mənfəzinə ifraz edilməsinə maneəçilik törədən xəstəliklər nəcisdə yağların miqdarının kəskin sürətdə artmasına (steatoreya) səbəb olur.

Pankreas şirəsinin bağırsaqlara tökülməsinin pozulması ilə nəticələnən xəstəliklər anadangəlmə və qazanılma ola bilər. Anadangəlmə xəstəliklərə pankreas kanalının aplaziyasını, mədəaltı vəzinin hipoplaziyasını və fibrozunu misal göstərmək olar. Bunlardan mədəaltı vəzinin fibrozu nisbətən çox rast gəlinir.

Mədəaltı vəzinin fibrozu autosom-recessiv yolla nəslə verilən irsi xəstəlikdir. Bu xəstəlik zamanı mədəaltı vəzinin selik ifraz edən hüceyrələrində fermentativ dəyişikliklər baş verir və onlardan ifraz edilən şirə yüksək suvaşqanlıqğa malik olduğuna görə, tədricən vəzin parenximasını fibrozlaşdırır. Yaşlı şəxslərdə pankreatik steatoreyaya kəskin və xronik pankreatidlərə, həmçinin mədəaltı vəzinin axacağıının tutulması kimi xəstəliklərə də təsadüf etmək olar.

Öd axacağıının tutulması, xolesistit (öd kisəsinin iltihabı) və öd ifrazının pozulması ilə müşayiət olunan bəzi qaraciyər xəstəlikləri (məsələn Botkin xəstəliyi) zamanı bağırsaqlarda yağların həm həzmi, həm də sorulması azalır, çünki bağırsaqlara düşmüş yağlar əvvəlcədən ödün təsiri ilə emulsiyalaşdıqdan sonra həzm

olunurlar. Yağların parçalanması nəticəsində əmələ gələn üzvi turşular isə yalnız öd turşuları ilə kompleks birləşmələr (xolein turşuları) əmələ gətirdikdən sonra bağırsağ divarından sorulur. Bağırsağ möhtəviyyatında ödənin miqdarı azaldıqda, yağların parçalanması nəticəsində əmələ gələn üzvi turşuların hamısı xolein turşularına çevrilə bilmir və buna görə də bağırsağ divarından sorulmur. Belə hallarda nəcis bozuntul-ağ rəngdə olur, onun tərkibində çoxlu miqdarda parçalanmamış yağlar və sorulmamış yağ turşuları aşkar edilir (axolik nəcis).

Bəzi mədə-bağırsağ xəstəliklərində (kəskin enterokolit, dizenteriya, bağırsağ vərəmi, qastritlər və s.) qida maddələrinin həzm sistemində hərəkəti sürətlənir və bağırsağ divarlarının selikli qişasında anatomik dəyişikliklər meydana çıxır ki, bunlar da yağların sorulmasının pozulmasına səbəb ola bilər.

Qida maddələrinin tərkibindən yağların və lipoidlərin tamamilə çıxarılması yolverilməz haldır, çünki onların qida maddələrinin tərkibindən çıxarılması nəticəsində orqanizm yağlarda həll olan vitaminlərdən (*A, D, E, K*) və əvəz edilməyən yağ turşularından (linol –  $C_{17}H_{31}COOH$ , linolen –  $C_{17}H_{29}COOH$ ) məhrum olur.

## **12.9.2 Lipidlərin aralıq mübadiləsinin pozğunluqları**

**12.9.2.1. Qaraciyər piy infiltrasiyası.** Yağların və yağabənzer maddələrin mübadiləsində qaraciyərin çox mühüm rolu vardır. Qaraciyər üzvi turşuların parçalanmasının və sintezinin mərkəzi üzvüdür; neytral yağlar və keton cisimcikləri əsas etibarilə bu orqanda sintez olunur. Bundan əlavə, qaraciyərdə doymuş turşulardan hidrogensizləşmə yolu ilə doymamış turşular

əmələ gəlir və orqanizm üçün çox əhəmiyyətli olan fosfatidlər sintez edilir. Qaraciyərdə əmələ gəlmiş fosfolipidlər başqa toxumalara neytral yağlara nisbətən asanlıqla daşınır və triqliseridlərin sintezinə sərf olunur. Fosfatidlərin sintezinin pozulması lipidlərin qaraciyərdən digər orqanlara daşınmasını çətinləşdirir ki, bu da piy infiltrasiyası və ya distrofiyası adlanan patoloji halın meydana çıxması ilə nəticələnir.

Normal halda çiy qaraciyərin ümumi çəkisinin 5%-ə qədərini yağlar təşkil edir, lakin piy infiltrasiyası zamanı onların miqdarı 40 – 60%-ə çata bilər. Piy infiltrasiyası qaraciyərin bütün əsas funksiyalarını zəiflədən ağır patoloji prosesdir. Qəbul edilən qida maddələrinin tərkibində lesitinlərin miqdarının artmasının bu prosesin qarşısının alınmasında mühüm əhəmiyyəti vardır. Məlumdur ki, lesitinlər insan və heyvan toxumalarında sintez olunur. Lakin qida maddələrinin tərkibindən lipotrop amillərin çıxarılması lesitinlərin toxumadaxili sintezini dayandırır. Lipotrop amillər – yağların qaraciyərdən digər toxumalara daşınmasını asanlaşdıran maddələrdir. Bu maddələrdən bəziləri qida vasitəsi ilə əldə edilir (ekzogen lipotrop amillər), bəziləri isə orqanizm tərəfindən sintez olunur (endogen lipotrop amillər). Xolin, əvəz edilməyən aminturşular (metionin), inozit, panqam turşusu (B<sub>15</sub> vitamini) və s. ekzogen lipotrop amillərə misal ola bilər. Heyvanlar üzərində aparılan təcrübələr göstərmişdir ki, uzun müddət tərkibində həm lesitinlər, həm də yuxarıda göstərilən ekzogen lipotrop amillər olmayan qida maddələrinin qəbulu qaraciyərin piy infiltrasiyasının meydana çıxması ilə nəticələnir. Lipotrop amillər qaraciyərdə lesitinlərin sintezini sürətləndirməklə piy infiltrasiyasının qarşısını alır. Xolin və əvəz edilməyən yağ turşuları bilavasitə lesitinləri sintezinə sərf olunur, digər lipotrop amillər isə bu prosesə dolayı yolla təsir edir. Məsələn, metionin xolinin endogen

sintezində metil qruplarının donoru kimi iştirak edir; südün tərkibinə daxil olan zülali maddə - kazein metioninlə zəngin olduğuna görə, lipotrop təsir göstərir. Xolinin toxumadaxili oksidləşməsinin məhsulu olan betain də lipotrop təsirə malikdir. O, metioninin tərkibindəki metil qrupunun ayrılması nəticəsində əmələ gələn homosisteini metilləşdirərək, metioninə çevirir. Panqam turşusu biokimyəvi proseslərdə metil qruplarının daşıyıcısı kimi iştirak etməklə, xolinin sintezini sürətləndirir. İnozitin lipotrop təsirinin mexanizmi hələlik məlum deyil.

Endogen mənşəli lipotrop amillərdən biri – mədəaltı vəzinin xırda axacaqlarının divarlarının epitel hüceyrələrində hazırlanan lipokaindir. Bu hormon qaraciyərdə fosfatidlərin sintezini və yağ turşularının oksidləşməsini sürətləndirməklə piy infiltrasiyasının qarşısını alır. Şəkərli diabet xəstəliyinə tutulmuş şəxslərdə qaraciyərin piy infiltrasiyasının və ya distrofiyasının əmələ gəlməsi, əsasən, lipokainin sekresiyasının azalması ilə əlaqədardır. Lakin bu prosesdə insulinin də müəyyən rolu vardır. Onun çatışmazlığı qaraciyərdə həm qlikogenin miqdarının azalmasına, həm də yağların artmasına səbəb olur.

**12.9.2.2. Ketonemiya və ketonuriya.** Üzvi turşuların aralıq mübadiləsinin məhsulları olan keton cisimcikləri orqanizmin toxumalarında (xüsusən əzələ və böyrəklərdə) asanlıqla oksidləşərək, karbon qazına və suya çevrilir. Buna görə də sağlam insanların qanında və sidiyində az miqdarda keton cisimciklərinə təsadüf edilir. Normal halda qanda keton cisimciklərinin miqdarı 6 mq%-dən artıq olmur. Lakin qidanın tərkibindən karbohidratların çıxarılması, aclıq və bir sıra xəstəliklər qanda  $\beta$ -hidroksi-yağ və aset-sirkə turşularının artması ilə nəticələnir (300 – 400 mq%-ə qədər). Bu ketonemiya və ya hiperketonemiya adlanır. Belə hallarda sidiklə çoxlu miqdarda keton cisimcikləri ifraz edilir (keto-

nuriya). Sağlam şəxslər bir gün ərzində sidiklə təxminən 40 mq keton cisimcikləri ifraz edirlər. Karbohidratların çatışmazlığı (aclıq) şəraitində qaraciyərdə üzvi turşuların parçalanması sürətlənir. Bu zaman qaraciyərdə əmələ gələn keton cisimciklərinin əksəriyyəti qan vasitəsilə digər toxumalara daşınaraq, orqanizmin energetik tələbatının ödənilməsinə sərf olunur.

Şəkərli diabet xəstəliyində patoloji ketonemiya halına təsadüf edilir. Bir sıra müəlliflərin fikrinə görə, şəkərli diabet xəstəliyi zamanı ketonemiya xəstə orqanizmin energetik ehtiyacının ödənilməsi üçün lazım gələn kompensator hal kimi meydana çıxır. Məlumdur ki, diabet xəstəliyi qaraciyərin qlükogen ehtiyatının tamamilə tükənməsinə səbəb olur; bu xəstəlik zamanı orqanizmdə qanın tərkibindəki şəkərin əzələ liflərinə daxil olması çətinləşir, nəticədə əzələ toxuması qlükozadan energetik material kimi istifadə etmək imkanından məhrum olur. Belə hallarda mərkəzi sinir sisteminin təsiri ilə həm qanın tərkibində qlükozanın miqdarı artırılır, həm də piy toxumalarında olan yağlar səfərbərliyə alınaraq, qaraciyərə daşınır. Qaraciyərə gətirilmiş yağlar parçalanaraq, əzələ toxuması tərəfindən qlükozaya nisbətən asan mənimsənilə bilən  $\beta$ -hidroksi-yağ və aset-sirkə turşularının sintezinə sərf olunur. Bundan əlavə, əzələlərin energetik tələbatının tam ödənilməməsi nəticəsində zülali maddələrin kompensator parçalanması baş verir. Bu zaman ketogen amin turşuların (leysin, tirozin, fenilalanin və s.) parçalanması nəticəsində əmələ gələn keton cisimcikləri qan vasitəsilə ətraf toxumalara daşınır; onların miqdarı həddindən atıq olduğuna görə, toxumalar tərəfindən tamamilə istifadə edilə bilmir. Bunun nəticəsində şəkərli diabetə tutulmuş şəxslərin qanında keton cisimciklərinin miqdarı çoxalır və onların artıq qalan hissəsi sidik vasitəsilə orqanizmdən xaric edilir. Aseton uçuucu birləşmə olduğuna görə tənəffüs yolları vasitəsilə də

orqanizmdən xaric edilə bilər.

Şəkərli diabet xəstəliyi olan şəxslər bir gün ərzində sidiklə 10 – 15 q keton çisimcikləri ifraz edə bilərlər.

Aset-sirkə və  $\beta$ -hidroksi-yağ turşuları məhlulda anionlar halında olduqlarına görə, onların miqdarının artması asidozla (qanın turşuluğunun normal hala nisbətən artıqlığı) nəticələnir; bu zaman ifraz edilən sidik də turş reaksiyalı olur. Şəkərli diabetin ağır formasına tutulmuş şəxslərdə baş verən hiperqlikemik komanın əmələ gəlməsində keton cisimciklərinin də müəyyən rolu vardır, onlar mərkəzi sinir sistemində narkotik təsir göstəriirlər.

**12.9.2.3. Xolesterin mübadiləsinin pozğunluqları.** Xolesterin mübadiləsinin pozulmaları ateroskleroz, öd daşı xəstəliyi, ksantomatoz (idiopatik hiperxolesterinemiya), lipoidli nefroz və s. xəstəliklərin əsasını təşkil edir. Ateroskleroz xəstəliyi qanda xolesterinin artması ilə müşayiət olunur. Öd daşlarının ümumi kütləsinin əsas hissəsini (90%-ə qədər) xolesterin təşkil edir. Xolesterin normal halda ödün tərkibində məhlul halında olur. Suda həll olmayan xolesterinin məhlul halında qalmasında öd turşularının mühüm rolu vardır. Xolesterinin kristallaşaraq çöküntüyə keçməsi nəticəsində öd daşları əmələ gəlir. Bu kristal daşlar oksalat, urat, fosfat, karbonat duzlarının həll olmayan çöküntüləridir. Xolesterin mübadiləsinin pozulmaları praktiki təbabətin mühüm problemlərindən biridir. Bu problem haqqında tələbələr “Patoloji fiziologiya” kursunda və klinik kafedralarda daha ətraflı məlumat alacaqlar və onun aradan qaldırılması yolları haqqında məlumat əldə edəcəklər.

## Mövzuya aid suallar

1. Lipidlər haqqında ümumi məlumat verin. Onların orqanizmdə əsas rolunu aydınlaşdırın.
2. Yağların parçalanmasının mexanizmini izah edin.
3. Ali yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşməsinin əsas mərhələlərini yazın. Yağların karbohidratlara nisbətən enerji effektivliyini aydınlaşdırın.
4. Hansı fermentlər yağ turşularının mübadiləsində əsas rol oynayır?
5. Qliserin orqanizmdə hansı yolla mübadiləyə qoşulur və bu prosesdə iştirak edən fermentlər hansılardır?
6. Doymamış ali yağ turşularının orqanizmdə biosintezini qısa təsvir edin.
7. Doymamış yağ turşularının biosintezini aydınlaşdırın.
8. Triqliseridlərin sintezi hansı yolla baş verir? Bu prosesi kataliz edən fermentləri yazın.
9. Ketonemiya və ketonuriya nədir?
10. Lipid mübadiləsinin tənzimlənməsinin əsas detallarını izah edin.

## XIII FƏSİL

### 13. MİNERAL MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİ.

İnsan və heyvanların bədənində mineral maddələrdən su və duzlar olur. Bunlar da molekul və ionlar şəklində, həm də başqa maddələrlə (zülallar, karbohidratlar, turşular və s.) birləşmiş halda təsadüf edilir.

Duzlara molekul halında əsas sümük toxumasında və qismən hüceyrələrin tərkibində rast gəlinir. Onlar birləşmiş halda, yaxud ionlar şəklində hüceyrə və toxumaların əmələ gəlməsində və s. (molekulların formalaşmasında da ) iştirak edirlər.

Su toxumalarda zülallarla, lipidlərlə, karbohidratlarla birləşmiş haldadır. Bu da onlardakı funksional qruplarla (karboksil, hidroksil, keton, aldehid qrupları və s.), su ilə onun dissosiasiya məhsullarının: hidrogen və hidroksil ionlarının xassələri ilə əlaqədardır. Su birləşmiş halda sərbəst formaya nisbətən çox az olur. Əzələlərdə suyun birləşmiş forması onun maksimum 1%-ni təşkil edir.

Mineral maddələrdən çoxluğu təşkil edən sudur. O, polifunksional maddədir. Su polyarlıq xassəsinə və hidrogen rabitəsi yaratmaq qabiliyyətinə malik olduğundan orqanizmdə həlledici rolunu oynayır. O, bədənə temperaturun nizamlanmasında iştirak edir. Bu da istilik tutumunun çoxluğu ilə izah olunur.

Su bioloji mayelərin (qan, sidik, öd, həzm şirəsi və s.) əsasını təşkil edərək, bədənə onların hərəkətinə də şərait yaradır. O, ifrazatda da iştirak edir. Maddələr mübadiləsi nəticəsində əmələ gələn son məhsullar sulu məhlullar şəklində ifrazat orqanlarına aparılır və bədənədən xaric olunur. Buna sidik, tər və s. misal göstərilə bilər.



Su mübadilə proseslərində də qida maddələrinin parçalanmasında, yeni maddələrin biosintezində də iştirak edir. Su mexaniki funksya da daşıyır: oynaqları hərəkət zamanı sürtünmə ilə zədələnmədən qoruyur. Bütün bu göstərilənlərlə əlaqədar olaraq, insan və heyvan 20%-dən çox su itirdikdə ölür.

Mineral maddələr miqdarına görə 2 qrupa: makroelementlərə və mikroelementlərə bölünür.

Makroelementlərin orqanizmdə miqdarı 0,001%-ə qədərdir. Bu miqdardan az, yəni  $10^{-3}$ – $10^{-12}$ % arasında olan elementlər isə mikroelementlər deyilir. Makroelementlərə: kalsium, maqnezium, natrium, kalium, xlor, kükürd, fosfor və s. mikroelementlərə: mis, yod, kobalt, sink, manqan, molibden və başqaları aiddir.

Makroelementlərə orqanizmdə əsas qeyri-üzvi birləşmələr: sulfat, fosfat, karbonat, xlorid, flüorid turşularının duzları şəklində təsadüf olunur. Bu duzlar osmos təzyiqinin yaranmasında, buferli məhlulların əmələ gəlməsində, turşu-qələvi müvazinətində də iştirak edir.

Mikroelementlər əsasən üzvi birləşmələrin: zülalların, fermentlərin, vitaminlərin və hormonların tərkibində olur. Məsələn, zülallardan hemoqlobində dəmir, vitaminlərdən siyanokobalamində kobalt, fermentlərdən ksantinoksidazada molibden, karboanhidrazada sink, hormonlardan tiroksində yod vardır.

### **13.1 Suyun mübadiləsi**

Su orqanizmdə diri çəkinin yarıdan çoxunu (50–80%-ni) təşkil edir. Bu da heyvanın növündən, yaşından, yemindən, yemlənməsindən və s. amillərdən asılıdır. Yaşlı heyvanlarda suyun

miqdarı cavanlara nisbətən azdır. Əgər yeni doğulan buzovun bədənində suyun miqdarı 75% təşkil edirsə, yaşlı öküzdə 55% olur. Orta köklükdə olan qoyunun bədənində 50–60%, çox kök qoyunda isə 35–45% su vardır. Bədəndə müxtəlif orqanlarda su eyni miqdarda paylanmır. Məsələn, bədəndəki suyun mütləq miqdarının 48%-i əzələdə, 11%-i dəridə, 8%-i qandadır. Beləliklə, heyvan orqanizmindəki suyun mütləq miqdarının çoxu əzələlərdə, dəridə, bağırsaqlarda, sümüklərdə və qanda, azı isə ağciyərdə, beyində, böyrəklərdə və dalaqda mövcuddur. Orqanizmdə və bioloji mayələrdə də suyun miqdarı müxtəlifdir. Məsələn, qaraciyərdə 70%, əzələ toxumasında 75%, beyində 70–84%, böyrəklərdə 82%, qanda 85%, tüpürcəkdə 99,4%, sümük toxumasında 16–46% su var.

İnsanın bədənində olan suyun  $\frac{2}{3}$  hissəsi hüceyrələrdə, qalanı isə ondan xaricdə olur.

İnsan və heyvan suyu xaricdən qida ilə və içməklə qəbul edir. İnsan sutkada 2,5-2,8 l, at 15-18 l, camış 42-91 l mənimsəyir. Su orqanizmin özündə də, mübadilə zamanı qida maddələrinin oksidləşməsində də yaranır. Toxumalarda 1 kq nişasta oksidləşdikdə 600 ml, 1kq zülaldan 400 ml və 1 kq yağdan isə 1 l-dən çox su əmələ gəlir. Buna görə də onun balansı həmişə mənfi olur. Qəbul olunan sudan ifraz edilən suyun miqdarı təxminən 15% çoxdur. Su qismən mədədən və əsas bağırsaqlardan sorulur. Bədəndə onun əsas deposu dəri sayılır. Çünki içilən suyun 80%-i ehtiyat halında dəridə toplanır. Suyun bədəndə saxlanması natrium ionu, əksinə, ifrazını isə kalium və kalsium ionları artırır, toxumaların dehidra-tasiyasına səbəb olur.

Su bədəndən əsasən sidiklə gedir. Bədəndən çıxan suyun təxminən 50%-i sidiklə, 30%-i dəri və ağciyərlə, qalanı isə bağırsaqdan nəcislə ayrılır. İnsan sidiklə sutkada 1,5 l, at 4–8 l su ifraz

edir.

Suyun mübadiləsində dəri və böyrəklərin də əhəmiyyəti çoxdur. Böyrəklərin normal fəaliyyəti zamanı insan orqanizmindən içilən suyun 80%-i 3–4 saata, atıncı 30–54%-i və inəyinki 33–61%-i 4–6 saata xaric olur.

Suyun mübadiləsinə bəzi daxili sekresiya vəzilərinin (qalxanabənzər, hipofiz, mədəaltı vəzi və s.) hormonları da təsir göstərir. Buna misal vazopressini, tiroksini və s.-ni göstərmək olar.

Tiroksin suyun ifrazatını artırır, vazopressin və insulin isə azaldır, toxumalarda saxlanmasına şərait yaradır. Suyun mübadiləsinin nizamlanmasında sinir sistemi də (beyin qabığı, ara beyin, boz qabıq) iştirak edir.

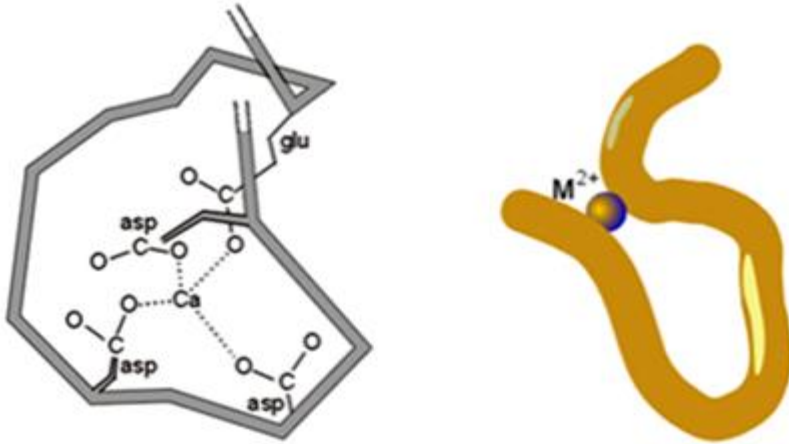
## 14.2 Duzların mübadiləsi

Bütün canlıların həyatında duzların da rolu az deyildir. Duzlar ən çox (təxminən 84%) insan və heyvanların sümüklərində olur. Sümük toxumasının 85%-ni kalsium-fosfat, 10%-ni isə kalsium-karbonat təşkil edir. Sümüklərdə 1,5% maqnezium-fosfat da vardır. Küldə 0,3% kalsium-flüorid də olur.

Duzlar orqanizmdə buferli sistemlərin də (fosfat, karbonat buferləri və s.) əmələ gəlməsində, osmos təzyiqinin yaranmasında iştirak edir.

Kalsiumun orqanizmdə miqdarı 2%-ə yaxın, maqnezium 0,05%, kalium 0,3%, natrium 0,15% və flüor 0,009% olur. Orqanizm duzları qida və içilən su ilə qəbul edir. İnsan və heyvanların duzlara olan təlabatı onların yaşından, qidasından, ilin fəslindən, fizioloji və patoloji halından və s. amillərdən asılıdır. İnsanın sutkalıq təlabatı kalsiuma 0,7–0,8 q, fosfora 1,5–2 q, natriuma 4–8

q, kaliyuma 2–3 q, xloru 2–4 q təşkil edir. Heyvanların diri çəkisi-  
nin hər 100 kq-na sutkada inəkdə 5 q, atda 35 q, qoyunda 3–10 q  
kalsium, müvafiq olaraq 2,5 q, 37 q və 1,5–5,5 q fosfor tələb edi-  
lir. Bəzi duzlar (kalsium-karbonat, maqnezium-karbonat, kalsium-  
fosfat, maqnezium-fosfat) suda pis həll olur. Pankreas şirəsi və öd  
onların sorulmasını asanlaşdırır.



Şəkil 75. Kalsiumun biokimyası

Duzların orqanlarda paylanması müxtəlifdir. Kalsium, maqnezium və fosforun duzları ən çox sümüklərdə, xörək duzu dəridə, dəmir qaraciyərdə toplanır. Onlar sidiklə, tərle (natrium xlorid) və nəcislə ifraz olunur. Civə, qurğuşun və bismut duzları yoğun bağırsağın selik qişası ilə ifraz edilir. Kalsium-fosfatlar isə əsas sidiklə və qismən nəcislə ayrılır.

Natrium və kaliy bədəndə fosfat, karbonat, xlorid, sulfat turşularının duzları formasındadır. Bu elementlərin müəyyən hissəsi ionlaşmış halda, bir qismi də zülallar, nuklein turşuları və başqa maddələrlə birləşmiş vəziyyətdədir.

Natrium bioloji mayelərdə, kalium isə toxumalarda çoxdur. Məsələn, qan zərdabında natrium 335 mq%, kalium 20 mq%, əzələlərdə isə natrium 38 mq% və kalium 320 mq%-dir. Kaliumun 95%-dən çoxu eritrositlərdədir. Bu elementlər osmos təzyiqinin yaranmasında (xüsusilə natrium), buferli məhlulların əmələ gəlməsində, ayrı-ayrı orqanların (sinir sistemi, ürək, əzələlər, damarlar və s.) fəaliyyətində iştirak edir. Natrium əzələlərin oyanmasını artırır, kalium isə əksinə ləngidir.

Qidada natrium az olanda insan və heyvanlarda adinomiya xəstəliyi baş verir.

Kalsium ən çox (97%) fosfat və karbonat turşusunun duzları şəklində sümük toxumasında rast gəlinir. Qalan orqan və toxumalarda ion şəklində, yaxud zülallarda (məsələn, kazeinlə) birləşmiş haldadır.

Kalsium sinir oyanmalarını, toxuma zülallarının su ilə birləşmək qabiliyyətini, hüceyrələrin sızma xüsusiyyətini (keçiriciliyini) azaldır, qanın laxtalanmasında iştirak edir, ürəyin fəaliyyətini artırır. Fermentlərin fəallığına da təsir göstərir. Lesitinazanı fəallaşdırır, dipeptidazaların fəallığını azaldır.

Kalsium 25–35% sidiklə, 65–75% isə nəcislə ifraz olunur.

Maqnezium hüceyrədaxili kationdur. Mitoxondriyalarda oksidləşməklə fosforlaşmanı sürətləndirir. Nüvədə və ribosomlarda zülallarla və nuklein turşuları ilə birləşmiş halda olur. O, ADF və ATF-lə komplekslər əmələ gətirməklə onları fəallaşdırır. Bu da pirofosfat qrupunun ikivalentli kationlarla birləşmək qabiliyyəti və hüceyrələrdə maqnezium ionunun qatılığının çoxluğu ilə əlaqədardır. Kalsium və maqnezium mübadilə proseslərində bir-birinin antoqanistidir. Maqnezium çox qəbul edildikdə, o kalsiumu zülalların və mineral birləşmələrin tərkibindən sıxışdırıb çıxarır. Onun artıq miqdarı böyrəklər vasitəsilə orqanizmdən xaric olunur.



osteomalyasiya xəstəliyi baş verir.

Kükürd əsas üzvi birləşmələrin: bəzi aminturşularının, peptidlərin (qlütation), zülalların, hormonların və fermentlərin tərkibində olur.

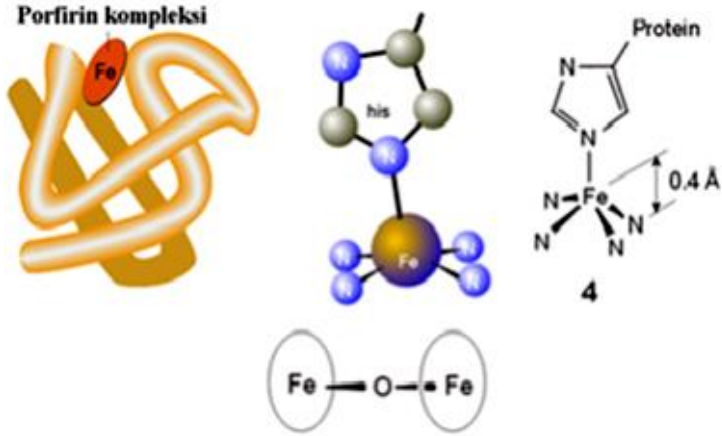
Kükürd bəzi vitaminlərdə də (tiamin, biotin) vardır. Bunlarda kükürd reduksiya olmuş formada: hidrogen-sulfidin qalığı şəklindədir. Kükürd sulfhidril qrupu şəklində oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında mühüm rol oynayır. Lakin mukopolisaxaridlərdə kükürd oksidləşmiş formada, sulfat turşusunun qalığı şəklindədir.

Kükürd ən çox tükdə (yunda), buynuzda, dırnaqda və lələkdə olur. Onun qeyri-üzvi birləşmələrinin çoxu (60%-ə yaxını) dəridə toplanır.

Kükürd orqanizmdə əmələ gələn bir sıra zərərli maddələrin (fenol, krezol, indol, skatol və s.) sulfat turşusunun efirləri şəklində zərərsizləşməsində mühüm rol oynayır. O, orqanizmə zülallarla daxil olur. Onun çox hissəsi (60–70%) sidiklə sulfatlar (natrium-sulfat, kalium-sulfat, ammonium-sulfat, kalsium-sulfat, maqnezium-sulfat), az qismi isə sulfat turşusunun efirləri (fenol-kükürd, indoksilkükürd, krezolkükürd turşuları və s.) şəklində ifraz olunur.

Dəmir ən çox (60–70%) porfirinin törəmələrində (hemoqlobin, mioqlobin), katalazada, peroksidaza və sitoxromlarda olur, zülal komplekslərində isə nisbətən azdır. Qan plazmasında beta-qlobulinlərlə birləşərək transferrin əmələ gətirir.

Dəmir orqanizmdə baş verən oksidləşmə-reduksiya proseslərində, immunobioloji reaksiyalarda, boy artımı və qanyaranma proseslərində aktiv iştirak edir. Dəmir mübadiləsi qan zərdabında dəmirin daşıyıcısı rolu oynayan ixtisaslaşmış zülali maddə-siderofillin vasitəsilə həyata keçirilir.



**Şəkil 76. Dəmirin biokimyası**

Dəmir zülal komplekslərindən ən çox (quru çəkiyə görə 17–25%) ferritində olur. Bu da əsas qaraciyərdə və dalaqdadır.

Xlor bütün toxumalarda və bioloji mayelərdə ion halındadır. Bu ən çox mədə şirəsində xlorid turşusunun tərkibində, qan plazmasında, xörək duzunda mövcuddur. Bioloji mayelərdə osmos təzyiqinin yaranmasında xlorun da rolu böyükdür. Qanın osmos təzyiqinin 65–70%-i xloridlərlə əlaqədardır.

Flüor sümüklərdə, dişlərdə kalsium-flüorid şəklindədir. Bunun artıqlığından dişlərdə ləkə əmələ gəlir. Bu da xallı emal adlanır. Flüorid az olanda isə dişin emalı sərtliyini itirir.

### 13.3 Mikroelementlər

Heyvan orqanizmində mikroelementlər mühüm fizioloji funksiya yerinə yetirir. Bir çox fermentlərin (karboanhidraza, uratoksidaza, tirozinaza, prolidaza, ksantinoksidaza, fosfopiruvat-



hidrataza və s.) hormonların və vitaminlərin tərkib hissəsi mikroelementlərdən ibarətdir, mübadilə proseslərinin fəallaşmasında, qandoğurmada, toxuma tənəffüsündə, boy və inkişaf proseslərində iştirak edir.

Mikroelementlərin üzvi birləşmələri qeyri-üzvi birləşmələrinə nisbətən daha qüvvətli təsir göstərir. Məsələn, 20 mq qeyri-üzvi kobalt 0,004 mq üzvi kobaltla əvəz olunur.

Mikroelementlərin çatışmazlığından bir sıra xəstəliklər baş verir, heyvanların boy və inkişafı ləngiyir, məhsuldarlığı azalır. Bu da xarici mühitdə: torpaqda, suda, bitkilərdə onların azlığından və ya artıqlığından irəli gəlir. Bu məsələlərin öyrənilməsi ilə biogeokimya elmi məşğul olur. Biogeokimya kainatın kimyəvi tərkibi ilə orqanizmin elementar kimyəvi tərkibi arasındakı əlaqəni və mübadilə proseslərini öyrənir. Biogeokimyanın banisi akademik V. İ. Vernadskidir. Hazırda bəzi ölkələrdə bir sıra biogeokimyəvi əyalətlər müəyyən edilmişdir. Bu da mikroelementlərin xarici mühitdə yayılma dərəcəsini (azlığını və artıqlığını) göstərir. Bu məsələni ilk dəfə öyrənən akademik L. P. Vinqradov, sonralar isə V V Kovalski, Y. V. Peyve, Y. M. Berzin, M. A. Riş, R. K. Dautov və başqaları olmuşdur. Bu biogeokimyəvi əyalətlərə görə insan və heyvanların mikroelementlərlə nə dərəcədə təmin olunduğu müəyyən edilir və bir sıra əməli tədbirlər həyata keçirilir. Bu sahədə Azərbaycanda da xeyli işlər aparılmışdır (Ə. Güləhmədov, İ. Eyyubov, F. Hacı-yev, Q. Xəlilov, K. Daşdəmirov və başqaları).

Azərbaycanın çox rayonlarında (Şəki–Zaqatala, Lənkəran–Astara, Laçın–Kəlbəcər, Gəncə - Qazax, Muğan zonalarının və s.) mikroelementlərin (yod, kobalt, mis, manqan və s.) çatışmazlığı və bununla əlaqədar olan bəzi xəstəliklərdə (endemik ur, enzootik ataksiya, alimentar anemiya və s.) aşkar edilmişdir. Lakin bir sıra rayonlarda (Daşkəsəndə kobalt, Gədəbəydə mis, Naxçıvanda mo-

libden və s.) isə əksinə mikroelementlərin miqdarı çoxdur.

İnsan və heyvanlar mikroelementləri yediyi qida və içdiyi su ilə qəbul edir. Xarici mühitdə kobalt çatışmadıqda heyvanlarda akobaltoz xəstəliyi nəzərə çarpır. Bu xəstəlik zamanı  $B_{12}$  vitamininin sintezi pozulur. Çünki onun tərkibində 4,5% kobalt vardır. Ona görə də akobaltoz  $B_{12}$  avitaminoza da səbəb olur. Xəstəliyin qarşısını almaq üçün və profilaktik məqsədlə heyvanların yemində kobalt və ya  $B_{12}$  vitamini əlavə olunur.

Yod orqanizmdə ən çox qalxanabənzər vəzdə toplanır və tiroksinin sintezində iştirak edir. O, çatışmayanda endemik ur xəstəliyi baş verir. Yodun çatışmamazlığına donuzlar, xüsusən cavanları daha həssasdır. Yodun çatışmamazlığının qarşısını almaq üçün insan və heyvanlara verilən xörək duzuna natrium yodid (100 kq-a 1 q) qatılır.

Mis orqanizmdə ən çox qaraciyərdə və dalaqda toplanır. Bu mikroelement qanyaratmada və hemoqlobinin sintezində iştirak edir. Orqanizmdə mis çatışmadıqda qoyunlarda enzootik ataksiya (yalama) xəstəliyi baş verir, qanazlığı (anemiya) əmələ gəlir.

Manqan ən çox qaraciyərdə və böyrəklərdə olur. Fermentlərdən peptidazları, fosfatazları, arginazanı, karboksilazanı, xolinesterazanı və s.-ni fəallaşdırır. ATF-lə fəal kompleks:  $Mn\ ATF^{2-}$  əmələ gətirir.

Manqanın çatışmazlığı qanyaranma prosesinə, cinsi yetişməyə, daxili sekresiya vəzilərinin fəaliyyətinə mənfi təsir göstərir.

Manqanın çatışmazlığına quşlar daha həssasdır. Onlarda perozis adlanan xəstəlik baş verir. Bu isə ətrafların və qanadların sümüklərinin deformasiyası ilə xarakterlənir.

Molibden xarici mühitdə çox olduqda heyvanlarda xroniki molibden toksikozu əmələ gəlir. Boy prosesi dayanır, anemiya baş verir, diri çəki azalır. Qoyunlarda yun məhsuldarlığı pozulur.

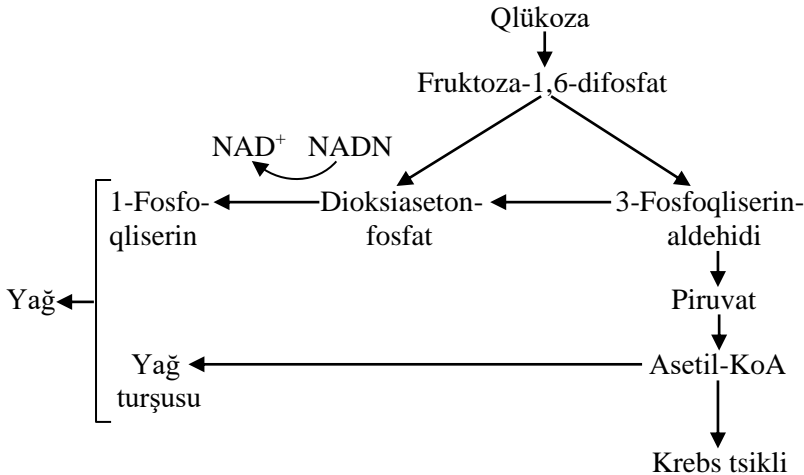
Orqanizmdə təbii radioaktiv elementlərin əhəmiyyəti də çoxdur. Onlardan (məsələn, radioaktiv karbon) alınan enerjidən mübadilə proseslərində istifadə olunur. Bu məsələləri radiobiologiya öyrənir. Hazırda radiobiologiya elminin sürətlə inkişafı da bununla əlaqədardır.

Mikroelementlərin maldarlıqda: heyvanların normal inkişafında və məhsuldarlığında əhəmiyyəti böyükdür. Ona görə də heyvanların yemləndirilməsində onların mikroelementlərə olan tələbatı və yemlərdə, yem payında, kifayət qədər olmasına da fikir verilməlidir.

### **13.4 Maddələr mübadiləsinin orqanizmdə əlaqəsi (vəhdəti)**

Maddələr mübadiləsi bir-biri ilə sıx əlaqəsi olan və bir-birini tamamlayan ardıcıl kimyəvi proseslərdən ibarət nizamlı düzülüşü olan ansambıldır. Heterotrof orqanizmlərdə qida vasitəsilə hazır şəkildə qəbul edilən üzvi maddələr kimyəvi proseslər nəticəsində bir-birinə əlaqəli şəkildə çevrilirlər və bunun hesabına onların orqanizmi qurulur.

Qəbul edilən qidanın tərkibində orqanizmin qurulması üçün lazım olan maddələr hazır şəkildə mövcud deyildir. Yalnız bir sıra biokimyəvi çevrilmələr (fermentlərin iştirakı ilə) sayəsində heterotrof orqanizmlərdə bir sinifə mənsub olan üzvi maddələr digər sinifin nümayəndələrinə çevrilir. Bu da orqanizmin həyat fəaliyyətinin qurulmasına və inkişafına zəmin yaradır. Məsələn, heterotrof orqanizmlərdə qida vasitəsilə qəbul olunan karbohidratların yağlara çevrilməsi aşağıdakı sxem əsasında baş verir.



Avtotrof orqanizmlərdə üzvi maddələr fotosintez nəticəsində qeyri-üzvi maddələrdən sintez olunur. Bu prosesdə əsasən karbohidratlar sintez olunur. Həmçinin piroüzüm turşusu əmələ gəlir ki, bu maddədən də amin turşular, asetil-Ko A və başqa maddələr sintez olunur. Əmələ gəlmiş maddələr zülalların, nukleinin turşularının və lipidlərin biosintezi üçün ilkin material rolunu oynayır.

Deməli, üzvi maddələrin bir-birinə əlaqəli keçidləri canlı orqanizmin mövcudluğunu təmin edir.

Canlı orqanizmdə zülalların, karbohidratların, nuklein turşularının və lipidlərin mübadiləsinin bir-biri ilə əlaqəsi aralıq məhsulların: metabolitlərin hesabına yaranır. Bu məhsullar karbohidratların zülallara, nuklein turşularına, zülalların nuklein turşularına, lipidlərə və karbohidratlara, lipidlərin zülallara, nuklein turşularına və karbohidratlara çevrilməsinə şərait yaradır. Aralıq məhsullardan əsas rol oynayanlar sirkə turşusu, qismən nukleotidlər, ketoturşular və s. birləşmələrdir. Bu sxem qısa şəkildə belədir.



Şəkil 77. Əsas üzvi birləşmələrin sinifləri arasındakı əlaqəsi

Bu məhsulların sonrakı parçalanmasından  $CO_2$  və  $H_2O$  əmələ gəlir, enerji ayrılır. Bu enerji vasitəsilə başqa proseslərdə əlaqə yaranır. Belə ki, karbohidratların okidləşməsi nəticəsində ATF-də toplanan enerjiden yağlarda və zülalların biosintezində, yağların oksidləşməsindən alınan enerjiden isə karbohidratların və zülalların biosintezində, zülalların parçalanmasından ayrılan enerjiden də lipidlərin və karbohidratların mübadiləsində istifadə olunur. Deməli, maddələr mübadiləsində əlaqə enerji mübadiləsində yaranır. Müxtəlif maddələrin mübadiləsi zamanı qarşılıqlı əlaqənin yaranmasında və onların vəhdətində mühüm rolü Krebs sikli oynayır.

Mübadilə prosesində bu əlaqə hüceyrənin ayrı-ayrı hissələrində də (mitoxondriyalar, ribosomlar, nüvə və s.) rabitə yaradır. Belə ki, mitoxondriyalarda əmələ gələn enerji ATF-lə nüvəyə aparılaraq zülalların və nuklein turşularının sintezi üçün istifadə olunur. Nüvədə sintez olunan RNT ribosomlara aparılaraq zülalların sintezində iştirak edir. Belə misalları çox göstərmək olar. Bunları ümumiləşdirərək göstərmək olar ki, mübadilə proseslərində əlaqə nəinki metabolitlərin vasitəsilə, eyni zamanda hüceyrənin orqanelaları ilə də yaranmaqla həyatın bəsit forması olan

hüceyrədə vəhdət təşkil edir.

**13.4.1. Nuklein turşularının və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.** Nuklein turşularının biosintezi aminurşu və zülalların mübadiləsindən asılıdır. Bu əlaqə onunla izah olunur ki, nukleoziddifosfatların, nukleozidtrifosfatların, həmçinin nuklein turşularının əmələ gəlməsi zülal-ferment (DNT və RNT polimerazalar, həmçinin purin və pirimidin əsaslarının biosintezini kataliz edən fermentlər) ansamblının hüceyrədə miqdarından və onların katalitik təsirindən asılıdır.

Bundan başqa bəzi aminurşular (asparagin-primidin nukleotidlərinin, qlisin, qlutamin turşusu isə purin nukleotidlərinin) purin və pirimidin həlqəsini yığılmasında vasitəçi (aparıcı) rol oynayırlar.

**13.4.2. Nuklein turşularının və karbohidratların mübadiləsi arasında əlaqə.** Bu əlaqə bir çox hallarda özünü göstərir. Karbohidratların apotomik parçalanmasından alınan riboloza-5-fosfat molekulu purin və pirimidin əsaslarının biosintezi üçün əvəzəlməz birləşmədir. Karbohidratların parçalanma məhsulları eləcədə onları kataliz edən fermentlər (elektron köçürməni kataliz eən) ATF-in NT-sintezində mühüm rol oynayırlar. Tənəffüs prosesinin nizamlanması, intensivləşməsi NT-in biosintezindən asılıdır.

Həmçinin NT-in parçalanma məhsulları, daha doğrusu purin və pirimidin əsaslarının hidroliz məhsulları olan riboza molekulu riboza-5-fosfata çevrilir. Bu maddədən də apotomik parçalanmada qlükoza-6-fosfat əmələ gəlir ki, bu maddə də karbohidratların sintezində mərkəzi (əsas) metabolit rolunu oynayır.

Karbohidratların biosintezi bir çox hallarda əhəmiyyətli dərəcədə NT-in mübadiləsindən asılıdır. Belə ki, uridintrifosfat turşusu uridindifosfatqlükozanın biosintezində istifadə olunur.

Axırıncı isə oliqo və polisaxaridlərin biosintezində vacib maddələrdəndir.

**13.4.3. Nuklein turşularının və lipidlərin (triqliseridlərin) mübadiləsi arasında əlaqə.** Lipidlər ilə NT-1 arasında bir-başa substrat əlaqəsi yoxdur. Ancaq lipidlərin (triqliseridlərin) hidroliz məhsulları olan ali yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşməsindən alınan enerji nukleoziddi-fosfatların və nukleozidtrifosfatların sintezi üçün əsas enerji mənbələrindən biridir.

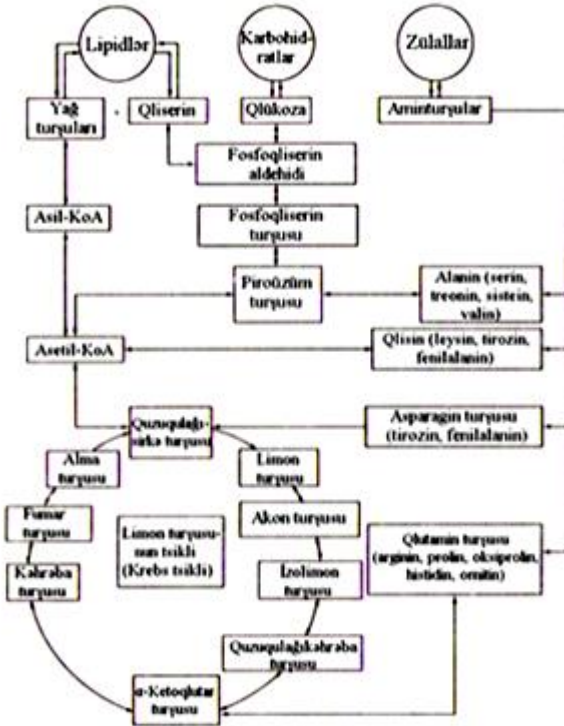
**13.4.4. Karbohidratların və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.** Karbohidratların dixotomik parçalanmasından əmələ gələn piroüzüm turşusu zülalların biosintezində mühüm rol oynayır. Piroüzüm turşusu aminləşmə yolu ilə alaninə çevrilir. Həmçinin piroüzüm turşusunun karboksilləşməsindən quzuqulağı sirkə turşusu alınır ki, bu maddədən asparagin turşusu əmələ gəlir. Piroüzüm turşusunun Krebs siklinə qoşulması  $\alpha$ -ketoqlutar turşusunun sintezi baş verir. Axırıncının aminləşməsindən isə qlutamin turşusu sintez olunur. Piroüzüm turşusunun başqa yollarla çevrilmələrindən valin və leysin əmələ gəlir, quzuqulağı sirkə turşusundan treonin, izoleysin və lizin,  $\alpha$ -ketoqlutar turşusundan prolin, arginin əmələ gəlir. Karbohidratların apotomik parçalanma məhsullarından fenilalanin, tirozin, histidin alınır.

Demək olar ki, karbohidratların parçalanmasının aralıq məhsullarından alınan aralıq maddələrdən bir çox zülal aminturşuları alınır ki, onlardan da zülallar sintez olunur.

Bu əlaqənin digər forması karbohidratların parçalanmasından alınan ATF molekullarının zülalların biosintezində enerji cəhətdən əsas rol oynamasındadır.

**13.4.5. Zülalların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.** Lipidlərin parçalanmasından alınan maddələrin də bəziləri aminturşuların biosintezi üçün əsas mənbədir. Lipidlərin hidro-

lizindən alınan yağ turşularının  $\beta$ -oksidləşmə məhsullarından ayrılan enerji ATF-də toplanır ki, bu enerjiden zülalları biosintezində istifadə olunur. Triqliseridlərin və digər lipidlərin parçalanma məhsullarını Krebs siklinə qoşan və həmçinin aktivləşdirən asetil-KoA molekuludur. Bu maddə dikarbon və trikarbon siklinə qoşulmaqla  $\alpha$ -ketoqlutar və oksalat-sirkə turşusunun sintezini təmin edir, piroüzüm turşusunu karboksizləşdirir. Həmin ketoturşulardan da aminoturşular sintez olunur. Zülalları tərkibində rast gəlinən aminoturşuların çoxusu lipidlərin parçalanma məhsullarından sintez olunur.



Şəkil 78. Yağların, zülalları və karbohidratların əlaqəli çevrilmə sxemi



Həmçinin lipidlərin sintezi zülalların parçalanma məhsullarının hesabına baş verə bilər. Belə ki, amin turşuların çevrilməsindən piroüzüm turşusu onun da oksidləşərək karboksizləşməsindən asetil-KoA alınır. Sonuncu alınan asetil-KoA molekulu isə ali yağ turşularının və lipidlərin digər komponentlərinin sintezində başlıca rol oynayır.

**13.4.6. Karbohidratların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.** Karbohidratlar ilə lipidlər arasında əsas əlaqəni yaradan piroüzüm turşusu və asetil-KoA molekullarıdır. Piroüzüm turşusu oksidləşmə dekarboksilləşmə yolu ilə asetil-KoA molekuluна çevrilir. Asetil-KoA molekulu isə orqanizmdə yağ turşularının, triqliseridlərin, həmçinin digər lipidlərin biosintezi üçün əsas vasitəçi birləşmədir. Karbohidratların dixotomik parçalanmasından alınan 3-fosfoqliserin aldehidi izomerləşərək fosfodioksiasetona çevrilir, axırıncının reduksiyasından alınan fosfoqliserin molekulu isə sadə və mürəkkəb lipidlərin sintezi üçün əvəzə dilməz birləşmədir.

Lipidlərin parçalanma məhsulu olan qliserin və asetil-KoA molekulu karbohidratların sintezi üçün ilkin birləşmə kimi əhəmiyyətlidir. Asetil-Ko A molekulu piroüzüm turşusuna çevrilir. Axırıncılardan isə dixotomik mübadilə yolu ilə karbohidratlar sintez olunur.

Mövzunun sonluğunda çıxardığımız nəticələrə əsasən belə qənaətə gəlmək olar ki, orqanizmdə zülalların, nuklein turşularının, karbohidratların və lipidlərin mübadiləsi bir-biri ilə əlaqəlidir, vəhdət təşkil edir və bu mübadilə prosesləri bir-birilə bağlıdır. Orqanizmdə bütün biokimyəvi proseslər bütöv bir sistem şəklində - öz-özünü istiqamətləndirmək, özünü tənzimləmək, özünü təmin etmək formasında maddələr mübadiləsini yaradır və orqanizmin mövcudluğunu təmin edir.

## XIV FƏSİL

### 14. TOXUMALARIN BİOKİMYASI

#### 14.1. QANIN BİOKİMYASI

İnsan və heyvanların maye toxuması olan qan çoxlu mühüm bioloji əhəmiyyətə malikdir.

#### 14.1.1. Qanın funksyaları

Qan orqanizmin, onun toxuma və hüceyrələrinin qidalanmasında, ekstretor funksyasında, tənəffüs prosesində iştirak edir, müdafiə rolunu və tənzimedicini vəzifəsini daşıyır. Beləliklə, qan xarici mühitlə orqanizm arasındakı mübadilədə və həm də orqan, toxuma və hüceyrədaxili mübadilədə mühüm rol oynayır.

Qanın tənzimedicilik vəzifəsi pH-ın, osmos təzyiqinin, onun kimyəvi tərkibini təşkil edən maddələrin keyfiyyət və miqdarca sabitliyini və s. saxlanmasından ibarətdir. Bu da daimi hüceyrələrə müxtəlif maddələrin (zülalların, hormonların, duzların və s.) aparılması və onlardan mübadilənin son məhsullarının (metabolitlərin) kənar edilməsi yolu ilə icra olunur.

Qan hüceyrələrə hormonları, mediatorları, vitaminləri və başqa maddələri aparmaqla maddələr mübadiləsinin və fizioloji proseslərin nizamlanmasında iştirak edir.

Həzm məhsulları (aminturşuları, monosaxaridlər, vitaminlər, yağ turşuları, duzlar, su və başqa maddələr) orqan və toxumalara qanla aparılır, onların arasında paylanır.

Metabolitlərdə ifrazat orqanlarına (böyrəklər, ağciyərlər, tər vəziləri və s.) qanla daşınır.

Qanın müdafiə vəzifəsi onun tərkibində olan müxtəlif qoruyucu zülallarla (immun cisimcikləri – spesifik və qeyri-spe-

sifik qlobulinlər) və laxtalanma qabiliyyətinin olması ilə əlaqədardır.

Qanın göstərilən funksiyalarının həyata keçirilməsi onun tərkib hissələri ilə icra olunur. Ona görə də qanın fiziki-kimyəvi xassələrinin, kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi və onların müxtəlif hallarda dəyişməsinin müəyyənləşdirilməsi təbabət, baytarlıq və maldarlıq üçün çox vacibdir.

### 14.1.2. Qanın fiziki-kimyəvi xassələri

İnsan və heyvanların qanı qatı, yapışqanvari, qeyri-şəffaf mayedir. Onun rəngi arteriyalarda açıq qırmızı və venalarda qırmızı-bənövşəyi olur.

Qan plazmadan və formalı elementlərdən (eritrositlər, leykositlər, trombositlər) ibarətdir.

Qan insanın və heyvanların çəkisinin təxminən 4,5 – 0, %-ni təşkil etməklə, yaşdan asılı olaraq azalır. Xəstəlik zamanı da dəyişir, əsasən azalır, bəzi hallarda isə əksinə artır.

Cədvəl 17.

İnsan və heyvanlarda qanın miqdarı  
(diri çəkiyə görə %-ilə)

İnsan – 8,0	Keçi – 6,2
İnək – 8,0	Donuz – 5,2
Qoyun – 8,0	Ada dovşanı – 5,8
	Toyuq – 8,1

Qanın xüsusi çəkisi insan və heyvanlarda 1,050 – 1,060 arasında rəddüdü edir. Eritrositlərin xüsusi çəkisi (1,090) plazmanın xüsusi çəkisindən (1,025 – 1,030) çox olur. Deməli eritrositlər plazmadan ağır olduğundan qabın dibinə çökürlər. Yeni doğul-

muşlarda qanın xüsusi çəkisi yaşlı heyvanlara nisbətən çox olur. Yaşla əlaqədar olaraq xüsusi çəki əvvəllər azalır, sonra isə tədricən az da olsa artmağa başlayır. Yaşdan asılı olaraq qanın özlülüyü də dəyişir.

Cədvəl 18.

İnsan və heyvanların qan zərdabının nisbi özlülüyü

İnsan – 1,8	Donuz – 1,7
At – 2,0	Keçi – 1,8
İnək – 1,9	İt – 1,8
Qoyun – 1,0	Toyuq – 1,6

Özlülük formaları elementlərin sayından və zülalların miqdarından asılıdır. Körpə uşaqlarda və heyvanlarda eritrositlərin miqdarı yaşlılara nisbətən çox olduğundan qanın özlülüyü də artıq olur. Özlülük qan azlığında, hipoprotenniya, sarılıq zamanı və başqa hallarda azalır, orqanizmin susuzlaşması ilə gedən patoloji hallarda (dizenteriya, diabet və s.) isə artır. Özlülük iş şəraitindən və içilən suyun miqdarından asılı olaraq da dəyişir.

Qanın pH-nın qiyməti 7,20 – 7,95 arasında təbəddüd edir. Bu qiymət nisbətən sabitdir.

Cədvəl 19.

İnsan və heyvanların qanının pH-nın qiyməti

İnsan – 7,35 – 7,40	Keçi – 7,40 – 7,58
At – 7,20 – 7,60	Donuz – 7,85 – 7,95
İnək – 7,36 – 7,50	İt – 7,30
Qoyun – 7,40 – 7,58	Ada dovşanı – 7,33 – 7,40

Buna da səbəb qanda buferli sistemlərin olması və ağciyərin, ifrazat orqanlarının (böyrəklər, dəri, yoğun bağırsağ) nizamlayıcı roludur.

Qanın buferlik tutumunun 82%-i hemoqlobin buferinin, 10%-i zülal buferinin, 7%-i karbonat buferinin və 1%-i fosfat buferinin payına düşür. Hemoqlobin buferi turş hemoqlobinlə onun kalium duzundan, fosfat buferi fosfat turşusunun birəvəzli və ikiəvəzli turş duzlarından, zülal buferi plazmanın turş zülalları ilə onların duzlarından, karbonat buferi karbonat turşusu ilə natrium bikarbonatdan və turşu buferi isə zəif üzvi turşularla (süd turşusu, piroüzüm turşusu və b.) onların duzlarından ibarətdir.

Hemoqlobin buferi və başqa buferlər (fosfat, karbonat, turşu və zülal buferləri) orqan və toxumalardan qana daxil olmuş turş və qələvi məhsulları neytrallaşdırmaqla, onun pH-nı dəyişməyə qoymur. Lakin turş və qələvi məhsullar qanda həddindən artıq çoxaldıqda buferli sistemlər neytrallaşdırma bilmir, nəticədə asidozluq (qanda turş məhsulların çoxalması) və ya alkalozluq (qanda qələvilik xassəsi göstərən maddələrin çoxalması) halları baş verir. Ona görə də pH-in qiyməti azalır və yaxud çoxalır. Septik xəstəliklərdə və pnevmoniyalarda qanın pH-ı qələviliyə doğru (pH=7,7 – 7,9) meyl edir. Embrionun qanının pH-ı zəif turşudur (pH-6,0). Bu qiymət embrional inkişafın sonunda 6,5 – 6,8-ə və yeni doğulmuş körpələrdə 7,0-ə, nəhayət bir neçə aydan sonra yaşlı orqanizmlərin pH-nın səviyyəsinə çatır.

İnsan və heyvanlarda qan plazmasının (yaxud zərdabının) osmos təzyiqi 37<sup>0</sup> temperaturda 6,8 – 8,1 atmosfer arasında tərəddüd edir ki, bunun da depressiyası 0,56 – 0,63<sup>0</sup>-ə bərabər olur.

Cədvəl 20.

İnsan və heyvanların qanının depressiyası

İnsan – 0,57	Donuz – 0,62
At – 0,56	İt – 0,60
İnək – 0,61	Pişik – 0,53
Qoyun – 0,52	Ada dovşanı – 0,60

Qanın osmos təzyiqi elektrolitlərin (natrium xlorid, natrium bikarbonat, natrium hidrofosfat, kalsium xlorid, kalium xlorid), əsasən xörək duzunun miqdarından asılıdır. Üzvi maddələr (zülallar, qlükoza, sidik cövhəri və başqaları) osmos təzyiqini az dəyişdirir. Zülalların və digər kolloidlərin hesabına yaranan osmos təzyiqinə onkotik təzyiq deyilir. Osmos təzyiqinin dəyişməsində ciddi rolu mineral maddələrin mübadiləsindəki dəyişikliklər oynayır.

İnsan və heyvanların qanı müəyyən səthi gərilməyə də malikdir. Atın qan zərdabının səthi gərilməsi 73,5 din/sm, inəyinki 70,2 din/sm, qoyununku 71,7 din/sm, itinki 55,5 – 69,0 din/sm və ada dovşanını 71,5 din/sm-ə bərabərdir. Səthi fəal maddələr (məs; öd turşuları) və mübadilənin bəzi məhsulları qanın səthi gərilməsini azaldır.

### **14.1.3. Qanın və plazmanın kimyəvi tərkibi**

Qanın 55%-ni plazma və qanın formalı elementləri (eritrositlər, leykositlər və trombositlər) təşkil edir. Plazmanın 90%-i sudur. 7% (6,0 – 8,5%) zülali maddələrdən, 1%-ə yaxın başqa üzvi maddələrdən və 1%-ə yaxın isə qeyri-üzvi birləşmələrdən ibarətdir. Müasir üsullarla (elektroforez və qeyriləri) zülallar 4 və daha çox fraksiyaya: albumunlərə, alfa – (alfa-1-, alfa-2-, alfa-3-, alfa-4-) qlobulinlərə, beta – (beta-1-, beta-2-, beta-3-) qlobulinlərə və qamma – (qamma-1-, qamma-2-) qlobulinlərə ayrılır.

İnsan və heyvanların qan zərdabındakı zülalın və onun fraksiyalarının miqdarı

	Ümumi zülal, %	Albuminlər nisbi, %	Qlobulinlər nisbi, %		
			alfa-	beta-	qamma-
İnsan	8,0	61,0	13,0	11,0	15,0
At	7,0	42,0	16,5	21,0	22,0
İnək	7,3	46,1	14,2	15,3	24,3
Camış	8,0	39,3	15,4	7,7	37,1
Qoyun	7,2	46,0	11,5	16,5	26,0
Keçi	7,6	52,2	19,5	10,0	18,3
Donuz	7,1	40,3	25,9	14,0	19,3
İt	6,5	43,5	21,5	23,8	11,4
Ada dovşanı	6,6	63,2	12,4	10,7	13,7
Toyuq	4,9	39,9	4,4	10,3	45,4
Nutri	–	42,7	18,9	20,5	17,9

Alfa- və beta- qlobulin fraksiyalarında litoproteidlər və qlikoproteidlər, qamma-qlobulin fraksiyasında properidin və əks cisimlər də olur.

Alfa-2-qlobulinlərdə olan zülallardan qaptoqlobin, serulo-plazmanı və beta-qlobulinlərdəki zülallardan transferrini göstər-mək olar. Transferrinin müxtəlif tipləri (C<sub>1</sub>; B; B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>; D<sub>2</sub>) aşkar edilmişdir. C-transferrin daha çox müşahidə olunur. Transferrinlərin müxtəlif tiplərinin müşahidə edilməsi irsiyyətlə əlaqə-ləndirilir.

Qan plazmasında 100-dən artıq müxtəlif zülalların varlığı müəyyən edilmişdir. Lakin onlardan müxtəlif heyvanlarda yalnız 40-a yaxını ayrılmışdır. Bu zülallar fiziki-kimyəvi xassələrinə (molekul çəkisi, həllolma, elektroforetik hərəkətliyi və s.), amin-turşu tərkibinə və quruluşlarına görə də bir-birindən fərqlənir. Qan

zərdabı zülallarının (albuminlər və qlobulinlər) aminturşu tərkibi heyvanın növündən, yaşından, xəstəlikdən və qeyri amillərin təsirindən də dəyişilir.

Müxtəlif səbəblərdən zülalların keyfiyyəti ilə yanaşı miqdarı və onların nisbəti (zülal əmsalının qiyməti) azalıb-çoxala bilər. Zülalların miqdarca azalmasına hipoproteinemiya və çoxalmasına hiperproteinemiya deyilir. Madyanın, inəyin, camışın, qoyunun, donuzun yeni doğulmuş balasının qanında qamma-qlobulinlər olmur. Bu hal aqammaqlobulinemiya adlanır. Qanda qamma-qlobulinlər ağız südünün qəbulundan sonra müşahidə edilirlər.

Qanda qeyri adi zülal fraksiyalarının (makroqlobulinlər, krioglobulinlər və s.) müşahidə edilməsinə paraproteinemiya, albuminlərin çatışmamazlığına analbuminemiya deyilir. Albuminlərin iki pikə ayrılması bisalbuminemiya adlanır.

Yaşdan asılı olaraq albuminlər azalır, qlobulinlər isə çoxalır.

Qanda olan zülallardan birinci və əhəmiyyətli hemoqlobindir. Bu mürəkkəb zülala olub, xromoproteidlər qrupuna məxsusdur. Hemoqlobinin 96%-ni sadə zülal olan qlobin və 4%-ni hem təşkil edir. Hem 4-pirrol həlqəsindən və 1-atom dəmirdən, qlobin isə hərəsi 141 aminturşusunun qalığından əmələ gəlmiş iki alfa-poli-peptiddən və 146 aminturşusundan ibarət iki beta-poli-peptiddən ibarətdir. Bir molekul hemoqlobində 4-hem və 574 aminturşusunun qalığından əmələ gəlmiş 4-poli-peptid vardır. At hemoqlobininin birinci quruluşu tam öyrənilmişdir. Eritrositləri 41% hemoqlobin təşkil edir. 100 ml qanda 17 q-a kimi hemoqlobin olur ki, bu da Sali şkalası üzrə 100% götürülür.

Müxtəlif heyvanların qanında hemoqlobinin miqdarı eyni deyildir. Atda 13,6%, qaramalda 11,0%, camışda 8,5%, qoyunda



11,7%, donuzda 10,6%, itdə 13,6%, toyuqda 12,7% hemoqlobin olur. İnsan qanında 12-14% hemoqlobin vardır.

Bir sıra hallarda (yaşdan, xəstəlikdən asılı olaraq) qlobinin birinci quruluşu dəyişdiyindən hemoqlobinin normal və patoloji tipləri əmələ gəlir. Hemoqlobinin tipləri A, F, P, S, C və qeyri hərflərlə göstərilir. A tiplər ( $H_{BA1}$ ,  $H_{BA2}$ ,  $H_{BA3}$ ) normal hemoqlobinlərdir. P( $H_{BP}$ ) və F( $H_{BF}$ ) tipləri ana bədənində balanın qanında olur.

Hemoqlobinin A tipi S tipindən hidroliz zamanı ayrılan 28 peptiddən yalnız birində qlutamin turşusunun əvəzinə valinin olması ilə fərqlənir. Hazırda hemoqlobinin 150-dən artıq anomaliyası bəllidir.

Embrionun hemoqlobini (fetal hemoqlobin -  $H_{BF}$ ) yaşlı insanın və heyvanların hemoqlobinindən bir sıra xassələrinə (həllolma, qələvilərə davamlılıq, oksigenlə birləşmə qabiliyyəti və s.) görə fərqlənir. Bu da onların qlobininin aminturşu tərkibinin müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Yeni doğulmuş uşağın və körpə heyvanların qanındakı hemoqlobinin 70-90%-ni fetal hemoqlobin təşkil edir. İnsan qanında embrional inkişafın ilk dövrlərində (2-3-cü aylarda) hemoqlobinin üçüncü tipinə - primitiv hemoqlobinə də ( $H_{BP}$ ) təsadüf edilir. Bu da göstərilən iki formadan fərqlənir.

Qan plazmasının zülali maddələrini çökdürdükdə qalan azotlu birləşmələrə qalıq azot deyilir. Bunlar (polipeptidlər, aminturşuları, sidik cövhəri, kreatinin və s.) zülal mübadiləsinin azotlu aralıq və son məhsullarıdır.

Qanın peptidlərindən eritrositlərdə olan qlütationdur. Bu tripeptid (qlütaminilsisteinilqlisin) olub, qlütamin turşusu, sistein və qlisindən əmələ gəlir.

İnsan və heyvanların qanında qalığ azotunun və onun komponentlərinin miqdarı (mq %)

	Qalığ azotu	Sidik cövhərinin azotu	Sidik turşusu	Aminazotu	Kreatinin
İnsan	25-35	9-14	3,0-4,0	6,0-8,0	1,0-2,0
At	20-58	10-20	0,90-1,09	5,0-7,0	1,2-1,9
İnək	30-65	6-27	0,05-2,08	4,0-8,5	1,0-2,1
Camış	38-51	18-21	–	2,3-2,9	–
Qoyun	25-43	8-20	0,05-1,93	4,6-8,0	1,2-1,9
Donuz	20-45	8-24	0,05-1,95	8,0-8,5	1,0-2,7
İt	20-45	10-20	0,0-0,5	6,7-8,5	1,0-1,7

Qlütation iki formada – oksidləşmiş qlütation (S – S – qlütation) və reduksiyalaşmış (bərpa olunmuş) qlütation (SH – qlütation) formalarında olur. Qlütation qanda və toxumalarda sulfhidril qrupunun (–SH) miqdarının müəyyən səviyyədə saxlanması iştirak etməklə bir sıra proteolitik fermentləri fəallaşdırır, bəzi kofermentlərin və hormonların tərkibinə daxil olur.

Qlütationla qaraciyər və böyrəküstü vəzlər də zəngindir. İnsan qanında qlütationun ümumi miqdarı 24 – 26 mq% təşkil edir. Bunun 29%-ə yaxını oksidləşmiş formadan və qalanı isə reduksiyalaşmış formadan ibarətdir. Qaraciyərin funksiyası pozulduqda onun sintezi azalır və miqdarı aşağı düşür.

Qan plazmasında olan polipeptidlərdən bradikin və kallidini də göstərmək olar. Bunların hər ikisi 9 aminturşusundan əmələ gəlmiş ionapeptiddir. Quruluşları öyrənilmiş və sintetik yolla alınmışdır. Bunlar qan plazmasının kinin sistemini əmələ gətirir. Bradikin və kallidin qanda qeyri-fəal formada (bradiki-ninogen və kallidinogen) alfa-2- qlobulin fraksiyasında olurlar. Hər iki

kinin bəzi üzv və toxumalarda, qan plazmasında olan proteolitik fermentlərin – kallikreinlərin təsiri ilə fəal formaya keçirlər.

Kininlər damarların sayə əzələsinə təsir edərək, onu boşaldır, sızma prosesini nizamlayır.

Polipeptidlərin azotunun miqdarı 0,1 – 3 mq% arasında tərəddüd edir. Qanda qlütationun miqdarı həzm prosesində (Corcesku və başqaları, 1963) çoxalır. Qaraciyərin və böyrəklərin ağır xəstəliklərində toxumaların parçalanmasında (ağciyərlərin qanqrenası və s.) polipeptidemiya müşahidə edilir. Bu zaman polipeptidlərin miqdarı 15 mq%-ə qədər arta bilir.

Qanda daimi sərbəst aminturşularında (lizin, histidin, serin, qlisin, arginin, valin, asparagin turşusu, qlutamin turşusu, fenilalanin, tirozin və başqaları) sirkulyasiya edir. Bunların miqdarı heyvanın yaşından, xəstəlikdən və qeyri amillərin təsirindən dəyişilir. Bunların çoxu eritrositlərdə və az qismi isə plazmada olur. Aminturşuları azotunun (aminazotunun) miqdarı eritrositlərdə 8,8 – 10,4 mq%, plazmada isə 4,8 – 6,8 mq% təşkil edir. Bunların nisbəti sabit olub (1,52–1,82), yalnız bəzi xəstəliklərdə dəyişir. Qanda sərbəst aminturşularının miqdarının artmasına aminoasidemiya deyilir. Bu halda qaraciyərin xəstəliklərində, fenilketonuriyada və başqa hallarda təsadüf edilir. Aminturşularının azlığı da müşahidə olunur.

Qalıq azotunun əsasını (təxminən 40 – 50%-ni) sidik çövhəri təşkil edir. Normada insanın qanında sidik çövjərinin miqdarı 15 – 45 mq% (onun azotu isə 9 – 22 mq%) arasında tərəddüd edir. Bu miqdar bir sıra xəstəliklərdə (nefroz, peritonit, leykemiya, dizenteriya, addison xəstəliyi, zəhərlənmələr və s.) çoxalır, parenximatoz sarılıqda, qaraciyərin iti distrofiyasında və qeyri hallarda isə azalır.

Azotlu birləşmələrdən olan ammonium duzlarının qanda

miqdarı 0,03 – 0,06 mq% arasında tərəddüd edir. Qaraciyərin xəstəliklərində ammoniyakın miqdarı sidik cövhərinin sintezinə kifayət qədər istifadə edilmədikdə çoxalır. Bu hala ən çox diabetik asidozda təsadüf edilir.

Sidik turşusunun miqdarı 2 – 7 mq% (orta hesabla 4 mq%) təşkil edir. Bu purin mübadiləsinin son məhsuludur. Sidik turşusu podaqra, leykemiya, hemolitik sarılıq zamanı və başqa hallarda çoxalır.

Kreatin fizioloji fəal maddə olub, enerji mübadiləsində mühüm rol oynayır. O, böyrəklərdə və qaraciyərdə sintez olunub, eninəzolaqlı əzələlər və başqa toxumalar tərəfindən istifadə edilir. Normada insanın qanında kreatinin miqdarı 0,1 – 1,5 mq%, bəzi məlumatlara görə 0,5–4 mq%, müxtəlif heyvanlarda isə 2–10 mq% olur.

Kreatinin zülal mübadiləsinin son məhsuludur, sidiklə ifraz olunur. Qanda onun miqdarı 1,0 – 2,5 mq%-ə bərabərdir. Kreatin – kreatinin mübadiləsi pozulduqda qanda bunların miqdarı çoxalır.

Qanın azotlu maddələrindən biri də hemoqlobinin parçalanma məhsulu olan bilirubindir. Qan plazmasında (və zərdabında) onun miqdarı insanda 0,2 – 0,8 mq%, heyvanlarda 0,2 – 0,5 mq%-ə bərabərdir. Bu miqdar sarılıq, sirroz, hemolitik zəhərlənmə və qeyri xəstəliklərdə artır.

Hemoliz zamanı bir sıra anadan gəlmə sarılıqlarda əsasən bilirubinin birləşmiş forması çoxalır.

Qanda bilirubinlə yanaşı başqa piqmentlər də: biliverdin, urolibin, lipoxrom və lyutein də vardır.

Qanda indikan da olur. Bu qaraciyərdə indolun zərərsizləşməsindən əmələ gəlir. İnsan qanında indikanın miqdarı 0,03 – 0,16 mq%, bəzi məlumatlara görə isə 0,02 – 0,08 mq%-dir. Qanda

indikanın çoxalması çürümə prosesinin sürətlənməsi sayəsində indolun çox əmələ gəlməsini göstərir.

İndikanemiya xroniki nefritlərdə böyrəklərin funksional çatışmamazlığından baş verir. İndikanın sintezi toxuma çürümələrində (irinli appendisit, osteomyelit, qarın yatalağı), toxuma zülallarının avtolizində, bakteriyaların təsiri ilə parçalanmasında da artır.

Qalıq azotunun miqdarı əsasən zülal mübadiləsinin son məhsullarının hesabına artır və orqanizmdə zülallların çox parçalandığını göstərir. Bunlar isə böyrəklər vasitəsilə sidiklə ifraz olunur. Onların orqanizmdə toplanması böyrəklərin funksiyası pozulduqda baş verir. Sağlam insanda qalıq azotunun miqdarı böyrəklərin xəstəliklərində (nefritlər, pielonefrit), ürəyin çatışmamazlığında, zəhərlənmələrdə artır, sirroz zamanı, yolxucu hepatitlərdə, hamiləlikdə isə azalır.

Qalıq azotunun qanda çoxalmasına hiperazotemiya və azalmasına isə hipoazotemiya deyilir.

### **14.1.3.1. Azotsuz üzvi maddələr**

Qanın tərkibində azotsuz üzvi birləşmələr də vardır. Onlardan qlikogeni, qlükozanı, lipidləri və qeyrilərini göstərmək olar.

İnsanın qanında qlükozanın miqdarı 80 – 120 mq%, heyvanlarda isə 40 – 260 mq% arasında tərəddüd edir (cədvəl X). Bu miqdar yaşdan, xəstəliklərdən, və qeyri səbəblərdən dəyişə bilər.

Sulukarbonların mübadiləsinin aralıq məhsullarının (piroüzüm, süd, limon, ketoqlutar turşuları və s.) qanda təyin edilməsi də maraqlıdır. Bir sıra hallarda bunların miqdarı kəskin dəyişir.

## Heyvanların qanında qlükozanın miqdarı (mq %)

At 60 – 110	Donuz 40 – 250
İnək 40 – 100	İt 70 – 100
Camış 69 – 88	Ada dovşanı 67 – 107
Qoyun 40 – 65	Toyuq 130 – 260
Keçi 40 – 65	Siçovul 56 – 76

Sağlam insanın qanında 7,5 – 20 mq %, heyvanlarında isə 15 – 50 mq % qlikogen olur. Bu miqdar qaraciyərin xəstəliklərində azalır, qlikogen xəstəliyində isə artır.

Qanda neytral yağlar, sərbəst yağ turşuları, xolesterin, xolesteridlər və qeyri birləşmələr də olur. Lipidlərin ümumi miqdarı 200 – 800 mq % təşkil edir. Neytral yağlar plazmaya (24 – 315 mq %) nisbətən formalı elementlərdə (11 – 148 mq %) az olur və miqdarca çox tərəddüd edirlər. Neytral yağların miqdarının qanda çoxalması (hiperlipemiya və ya lipemiya) piylənmə zamanı, şəkərli diabetdə, nefrozlarda təsadüf olunur. Fizioloji (alimantar) lipemiya qidada yağların çoxluğu ilə əlaqədar olub, müvəqqəti xarakter daşıyır.

Qanda sərbəst yağ turşularının miqdarı 190 mq %-ə çatır. Doymuş yağ turşuları bu miqdarın az hissəsini, təxminən 7 %-ni təşkil edir.

Ümumi xolesterin insanın qanında 120-dən 250 mq %-ə kimi olur. Buraya sərbəst xolesterin, xolesteridlər, zülalla birləşmiş xolesterin aiddir. Xolesterinin qlöbulinlərlə kompleksinə albuminlərə nisbətən daha çox təsadüf edilir. Göstərilən formalardan çoxluğu sərbəst xolesterin təşkil edir.

Yaşdan asılı olaraq sərbəst xolesterinin miqdarı çoxalır (hiperxolesterinemiya). Bu hala qaraciyərin xəstəliklərində, baş

beyinin zədələnməsində, aterosklerozda, hipertoniya xəstəliyində də təsadüf edilir.

Qan zərdabında xolesterinin birləşmiş forması sərbəst xolesterinə nisbətən 2 dəfə çoxdur. Yaşla əlaqədar olaraq xolesterinin birləşmiş formasının miqdarı artır. Xolesterinin zülalla (xüsusən qlobulinlərlə) birləşmiş forması xəstəliklər zamanı çoxalır.

Fosfatolərdən əsas yer tutan lesitindir. İnsan qanında bunun miqdarı 130 – 240 mq % arasında təbəddüd edir. Plazmada lesitinlərin, kefalinlərin zərdab zülalları ilə əmələ gətirdikləri komplekslərə də təsadüf edilir.

Qanda az da olsa (1,5 – 2 mq %) keton cisimləri (aseton, asetosirkə və betaoksiyağ turşuları) də olur. Qanda keton cisimlərinin çoxalması (ketonemiya) sulukarbonların və yağların mübadiləsi pozulduqda (şəkərli diabet, asetonemik qusma) baş verir. Aseton cisimlərinin miqdarı 4 mq %-dən çox olduqda sidiklə ifraz olunur (ketonuriya).

### **14.1.3.2. Makro – və mikroelementlər**

Makro – və mikroelementlərdən yaxşı öyrənilənləri natrium, kalium, kalsium, maqnezium, xlor, dəmir, fosfor, kükürd, sink, kobalt, yod, mis, molibden, manqan və qeyriləridir.

Makroelementlər qanda və başqa toxumalarda əsasən müxtəlif turşuların (fosfat, xlorid, karbonat turşuları və qeyriləri) duzları (natrium xlorid, kalium xlorid, kalsium xlorid, natrium hidrokarbonat, kalsium karbonat, kalium hidrofosfat, natrium dihidrofosfat, natrium sulfat, kalsium fosfat və qeyriləri) şəklində olurlar. Bunlar ion, molekulyar-dispers sistemlər və onların zülallar və başqa birləşmələrlə kompleksləri şəklində təsadüf edilir. Bunlardan maddələr mübadiləsində çox fəal olanları mineral maddələrin

zülallarla olan birləşmələridir. Bu birləşmələr toxumalar tərəfindən orqanizmin həm fizioloji (boğazlıq, laktasiya və s.) və həm də patoloji hallarında (xəstəliklər zamanı) intensiv olaraq istifadə olunurlar.

S. İ. Afonski və onun tələbələri tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, qaramalın qanındakı kalsiumun 15 – 20 %, toyuqda 50 %-ə yaxını zərdab zülalları ilə biokomplekslər əmələ gətirir. Qan zərdabındakı kalsiumun 5 – 30 %, maqneziumun isə 60 %-ə qədər davamlı biokomplekslərin tərkibində olur. Yüksək məhsuldar inəklərin qanında ümumi kalsiumun miqdarı laktasiya dövründə artır, lakin albuminlə birləşmiş kalsiumun miqdarı isə azalır. Süd zülallarının və yumurtanın istehsalı qanda kalsium-zülal komplekslərinin toplanması ilə əlaqədardır. Bu komplekslər inəklərin boğazlıq və laktasiya dövründə çox istifadə olunurlar.

Mikroelementlər üzvi birləşmələrin (vitaminlər, hormonlar, fermentlər) tərkib hissəsini təşkil edirlər. Məsələn, seruloplazminin tərkibində mis, B<sub>12</sub> vitaminində kobalt, ksantinoksidazada molibden, karboanhidrazada sink vardır.

Qanın plazmasında xörək duzu (natrium və xlor ionları şəklində) və kalsium duzları, eritrositlərdə isə kalium xlorid və fosforlu birləşmələr çox olur.

Qanda natriumun miqdarı ağır fiziki iş zamanı, adison xəstəliyində, böyrəküstü vəzlərin çatışmamazlığında azalır, hiperinsulinizasiyada artır. Orqanizmin susuzlaşmasında da qanda natrium azalır.

Qanda kaliumun azalması sarılıqlarda, orqanizmə insulin və çox qlükoza vurulduqda, artması isə qida ilə çox kalium xlorid qəbul edildikdə (alimantar hiperkaliyemiya) müşahidə olunur.

Qanda kalsium zərdab da çox olmaqla (9 – 13 mq %), əsasən laxtalanma prosesində iştirak edir. Raxit, osteomalyasiya,



paratireoid tetaniyasında, pellaqra zamanı, epilepsiyada qanda kalsium azalır (hipokalsemiya). Kalsiumun çoxalması (hiperkalsemiya) hiperparatireoidozda, D-hipervitaminozda, asidotik diabetdə müşahidə edilir.

Maqnezium ən çox plazmada olur, eritrositlərdə çox azdır. Raxit, paratireoid tetaniyasında qanda maqneziumun da miqdarı azalır, amma hamiləlik dövründə isə artır.

Xlor qanda xloridlər şəklində olur və osmos təzyiqinin yaranmasında, xlorid turşusunun sintezində mühüm rol oynayır.

Fosfor və kükürd həm üzvi (mürəkkəb efirələr və qeyri birləşmələrin) və həm də qeyri-üzvi birləşmələrin (fosfatların, sulfatların) tərkib hissəsidir. Fosforun üzvi birləşmələrindən fosfoproteidləri, nukleoproteidləri, fosfolipidləri, nukleotidləri, karbohidratların fosfat efirələrini və qeyrilərini göstərmək olar.

Paraqalxanvari vəzilərin funksiyasının artması qanda qeyri-üzvi fosforun miqdarını azaldır. Qanda fosforun çoxalması (fosfatemiya) hamilə qadınlarda eklempsiya zamanı müşahidə edilir.

Dəmir qanda əsasən eritrositlərin tərkibində hemoqlobində, qismən isə başqa üzvi maddələrdə (ferritin, hemosiderin və s.) olur.

Qanda hormonlar və onların çevrilmə məhsulları da vardır. Onlardan böyrəküstü vəzlərin beyin və qabıq hissələrinin hormonlarını (adrenalin, noradrenalin, kortikosteron, hidrokortizon, aldosteron, 17-oksi-11-dezoksikortikosteron, 11-dehidrokortikosteron), erkək və dişi cinsiyyət hormonlarını (androsteron, tetosteron, dehidroandrosteron, estradiol, estron, estriol), hipofizin, mədəaltı vəzinin, qalxanvari və paraqalxanvari vəzlərin hormonlarını göstərmək olar.

Bir sıra fizioloji və patoloji hallarda bu hormonların qanda miqdarı ciddi dəyişikliklərə uğrayır. Ateroskleroz və hipertoniya

xəstəliyində hiperadrenalinemiya müşahidə edilir. 17-oksi-11-dez-oksikortikosteron böyrəküstü vəzlərin xəstəliklərində daha çox istehsal olunur.

Kortikosteroidlərin miqdarı qadınların qanında kişilərin qanına nisbətən çox olur.

Qanda hormonların miqdarı yaşdan da asılı olaraq dəyişir. Orqanizmin yaşı artdıqca qanda ketosteroidlərin miqdarı ciddi azalır.

Qanda qalxanvari vəzin, hipofizin, pankreasın, timusun hormonlarının dəyişmələri az öyrənilmişdir.

Qanda eritrositlərdə və zərdabda bir sıra fermentlərin varlığı müəyyən edilmişdir. Eritrositlərdə qlikoliz, pentoza sikli, sitrat sikli fermentləri, katalaza, proteazalar, adenozintrifosfataza və qeyri fermentlər olur.

Qan zərdabında da fermentlər (aldoloza, kreatinkinaza, laktadehidrogenaza, transketolaza, qlükozofosfatizomeraza, fosfataza və s.) vardır. Normada zərdab fermentlərinin fəallığı toxuma fermentlərinin fəallığına nisbətən az olur. Lakin bir sıra hallarda (məs: xəstəlik zamanı) hüceyrə membranlarının keçirmə (sızma) qabiliyyəti pozulduğundan onların fermentləri qana keçərək öz fəallıqlarını göstərir.

Ona görə də qan zərdabında fermentlərin (qlükozafosfatizomeraza, aldolaza, laktodehidrogenaza, aminotransferazalar və s.) fəallığının təyində diaqnostik əhəmiyyəti olduğundan xüsusi fikir verilir. Bununla əlaqədar olaraq tibbdə və bəuarlıqda fermentologiyanın yeni sahəsi—klinikfermentologiya inkişaf etməkdədir.

Qanda vitaminlərə: tiaminə, riboflavinə, askorbin turşusuna, tokoferola, retinola, karotinə, biotinə, pantoten turşusuna, siankobalaminə və qeyrilərinə də təsadüf edilir.

### 14.1.4. Qanın laxtalanması

Damarların zədələnməsi ilə xaricə çıxan qan laxtalanma qabiliyyətinə malikdir. İnsan və heyvanların qanının laxtalanma sürəti müxtəlif olub, temperaturdan da asılıdır. Temperaturun azalması ilə laxtalanma ləngiyir, Məs: atın qanı 25<sup>0</sup>S-də 15 dəqiqəyə laxtalandığı halda 13<sup>0</sup>-də 42 dəqiqəyə laxtalanır.

Cədvəl 24.

İnsan və heyvanların qanının laxtalanma sürəti  
(25<sup>0</sup> S-də dəqiqə ilə)

İnsan – 5,0 – 8,0	Donuz – 3,5 – 5,5
At – 11,5 – 15,0	Ada dovşanı – 4,0
İnək – 6,0 – 10,0	İt – 2,5 – 3,0
Camış – 2,4 – 3,0	Quşlar – 1,5 – 2,0

Qanın laxtalanması çox mürəkkəb prosesdir və onun mexanizmi hələ tam öyrənilməmişdir. Bu prosesin gedişində çox amillər: zülallar (fibrinogen), fermentlər (trombokinaza), kofementlər, fəallaşdırıcılar iştirak edirlər. Fibrinogen qlobulin fraksiyasına aid olub, qlükoproteiddir, tərkibində qalaktoza, mannoza və qalaktozamin vardır. Molekul çəkisi 330000-ə yaxındır.

Qanın laxtalanması həllolan plazma zülalı fibrinogenin həllolmayan fibrinə çevrilməsi ilə əlaqədardır. Fibrin lifləri formalı elementlərlə birlikdə qan laxtalanmasını əmələ gətirir.

Qanın laxtalanma prosesinin gedişi sxematik olaraq 4 faza-ya bölünür.

Birinci fazada qan damarlarının zədələnməsi ilə əlaqədar olaraq trombositlər pozulur. Onlardakı protrombokinaza ayrılaraq plazmanın üç antihemofilik amili – qlobulini (VIII, IX, X amillər)

ilə birləşir, tromboplastil (fəal trombokinaza) əmələ gəlir.

İkinci fazada tromboplastin kalsium ionunun, akselerinin (V amil) və prokopvertinin iştirakı ilə protrombini (qlikoproteid) trombinə çevirir. Qanda akselerin və konvertin qeyri-fəal proakse-lerin və prokonvertin halında olur. Sonuncu X amilin təsiri ilə fəallaşaraq konvertinə çevrilir.

Üçüncü fazada trombin fibrinogendən müəyyən qrupların (A və B peptidlərin) parçalanmasını kataliz etməklə, onu əvvəlcə monomer fibrinə və sonra polimer fibrinə (laxtaya) çevirir. Kalsium ionları bu fazanın da gedişində iştirak edir.

Dördüncü fazada isə trombositlərin pozulması ilə sərbəst-ləşən retraktozim fermenti fibrini retraksiyaya və ya sinerezisə uğradır. Laxta öz fiziki halını dəyişir. Fibrin lifləri qısalır, laxta sıxılır, həcmi kiçilir və zərdab ayrılır, yəni fibrinogensiz plazma alınır. Bu prosesə *kontraktasiya* da deyilir. Retraksiya ilə yanaşı gel olan fibrin laxtası fibrinolizin fermentinin təsiri ilə lizisə uğrayır.

Qanın laxtalanması göstərilən amillərlə yanaşı başqa mad-dələrdən də asılıdır. Tromboplastinin (fəal trombokinazanın) əmə-lə gəlməsində trombosit protrombokinasası ilə yanaşı plazma trombokinasası da iştirak edir. Bu prosesi Kristmas amili (IX-amil), Koller amili (X-amil), Rozental amili (XI-amil) və Haqemann amili (XII-amil) sürətləndirir, antikefalin, antitrombokina-zalar isə ləngidirlər.

Son illər qan laxtasının (trombun) pozulmasının – fibrinoli-zin biokimyəvi mahiyyətinin öyrənilməsinə xüsusi fikir verilir. Fibrinolizdə fibrin zülalı fibrinolizin və ya plazmin (3,4.4.14) fer-mentinin təsirindən polipeptidlərə və aminurşularına kimi parça-lanır. Damarlarda olan trombların pozulması bu fermentlərin var-lığı və təsiri ilə izah edilir. Tromblar təzə olduqda (5 günə kimi)

pozulma tam gedir.

Fibrinolizin qan plazmasında proferment profibrinolizin (plazminogen) şəklində olur. O kinazaların (zərdab, toxuma fibri-nokinazalarının) təsiri ilə fibrinolizinə çevrilir.

Sağlam insanın qanında kinazalar az olur. Ona görə fibri-noliz təsadüfi hallarda müşahidə edilir.

Bir sıra patoloji hallarda kinazaların miqdarı çoxalır, fibri-nolizə səbəb olur. Fibrinolizin inqibitorları (zərdab və toxuma antifibrinokinazaları, zərdab antifibrinolizini və ya antiplazmini) də mövcuddur.

Heparin qanın laxtalanmasının birinci fazasının inqibitoru sayılır. Onun miqdarının artması hemofilik hala səbəb olur.

Qanın laxtalanması ilə əlaqədar olan bir sıra xəstəliklər müəyyən edilmişdir. Onlardan parahemofiliya proakselerinin və akselerinin patologiyası ilə, hipoprokonvertinemiya konvertin və prokonvertinin çatışmamazlığı və yoxluğu ilə əlaqədardır. Sonuncu hal K vitamininin çatışmamazlığından da baş verir. Çünki K vitamini prokonvertinin, protrombinin və tromboplastinin əmələ gəlməsində iştirak edir.

Qanın laxtalanmasında iştirak edən ferment sistemi hələ tam öyrənilməmişdir. Lakin qanın laxtalanmasında və onun pato-logiyasında bəzi fermentlərin rolu artıq aydındır.

Qanın laxtalanmasını müxtəlif maddələrin (antikoaqulyantların) təsiri ilə ləngitmək və ya dayandırmaq da olar. Belə maddələrdən hirudini, alfa-, beta- və qammaheparinləri (molekul çəkiliəri 20000-ə yaxın mukopolisaxaridlər) sikumarini, neodiku-marini, monokumarini, sinkumarı, pelentanı və başqalarını göstər-mək olar. Müasir fikrə görə antikoaqulyantlar tromboplastinin əmələ gəlməsini ləngitməklə, laxtalanma prosesini pozurlar. Heparin bilavasitə protrombinə təsir edərək, onun fəallaşmasına və son-

ra isə fibrinogenə təsirinə mane olur.

Son zamanlar antikoagulyantlardan aterosklerozun, venaların trombozunun, emboliyaların, tromboflebitlərin və qeyri xəstəliklərin müalicəsində istifadə edilir.

Antikoagulyantların antaqonistləri də müəyyən edilmişdir. Onlardan K-vitaminini, histamini, protaminsulfatı və qeyrilərini göstərmək olar. Adrenokortikotron hormon və kortizon fibrinolizinin antiqonistidir, yəni antifibrinolizindir.

## **14.2. ƏZƏLƏ TOXUMASININ BİOKİMYASI**

İnsan və heyvanların çəkisinin 40 – 42 %-ni əzələ toxuması təşkil edir. Kellorunun məlumatlarına görə qoyun cəmdəyinin 46–65 %, qaramalda 49–68 % və donuzda 36–64 % əzələ toxumasından ibarətdir. Əzələ sistemi eninəzolaqlı əzələlərdən (skelet, dil, göz almasının xarici əzələləri və qeyriləri), saya əzələlərdən (daxili orqanların və damarların əzələləri) və ürək əzələsindən ibarətdir.

Əzələlər çox mühüm fizioloji funksiya ifa edirlər: hərəkət, qan dövranı, tənəffüs, həzm üzvlərinin fəaliyyəti, ifrazatların ixracı və s. əzələlərin işi ilə əlaqədardır. Əzələ hüceyrələri üzvi maddələrin oksidləşməsi sayəsində enerjinin əmələ gəlməsində də iştirak edirlər.

Əzələlərin qısalması (kontraktil funksiyası) əzələ liflərində müəyyən biokimyəvi proseslər zamanı kimyəvi enerjinin mexaniki işə çevrilməsi sayəsində törənir. Ona görə də ağır fiziki iş zamanı sərf olunan enerjinin miqdarı kəskin artır. Əgər sakitlik zamanlı insan sutkada 1700 kkal enerji sərf edirsə, ağır iş zamanı bu miqdar 5000 kkal çatır.

Hər növ (fiziki və ya zehni) əmək mərkəzi sinir sisteminin və əzələlərin fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Yorgunluq zamanı insan və heyvanlarda iş qabiliyyətinin azalması baş beyində və əzələlərdəki biokimyəvi dəyişikliklər sayəsində törənir. Bu səbəblərdən də əzələ toxumasının kimyəvi təbiətinin və onda gedən biokimyəvi çevrilmələrin öyrənilməsi çox vacibdir.

### 14.2.1. Əzələlərin kimyəvi təbiəti

Skelet əzələləri çoxnüvəli əzələ liflərindən ibarətdir. Əzələlərin qısalması miofibrillərlə əlaqədardır. Bunlar da əzələ lifinin sarkoplazmasında sap yumağı şəklində yerləşmişdir. Sarkoplazmada qranullarla (mitoxondriyalar, mikrosomlar və s.) yanaşı qlikogen parçaları, lipid damlaları da vardır. Bunlar ehtiyat enerji materialı sayılırlar. Lipidlərin çoxu fosfatidlərin (lesitinlər, kefalinlər, asetalfosfatidlər və qeyriləri) və xolesterinin payına düşür. Əzələ liflərində neytral yağlar az olur.

Cədvəl 25.

Məməlilərin əzələsinin kimyəvi tərkibi

Maddələrin adları	Faizlə miqdarı
Su	72 – 80
Quru qalıq	20 – 28
Zülallar	16,5 – 20,9
Sulukarbonlar	0,5 – 3,0
Qlikogen	0,3 – 3,0
Lipidlər	1,0 – 3,0
Fosfatidlər	0,2 – 1,0
Xolesterin	0,01 – 0,23
Kreatin+kreatinfosfat	0,20 – 0,55

Kreatinin	0,003 – 0,005
Adenozinüçfosfat turşusu	0,25 – 0,40
Karnozin	0,20 – 0,30
Karnitin	0,02 – 0,05
Anserin	0,09 – 0,15
Sərbəst aminturşuları	0,10 – 0,70
Sidik cövhəri	0,04 – 0,14
Süd turşusu	0,01 – 0,02
Qeyri-üzvi duzlar	1,0 – 1,5
o, cümlədən:	
kalium	0,32
natrium	0,08
kalsium	0,007
maqnezium	0,02
xlor	0,07
fosfor	0,20

Cədvəldən görüldüyü kimi, əzələnin tərkibində çoxluğu su və sonra zülali maddələr təşkil edir. Sonuncular əzələlərin qısalmasında mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Əzələ toxumasının kimyəvi tərkibi və onda törənən biokimyəvi çevrilmələr heyvanın növündən, cinsindən, yaşından və başqa amillərdən asılıdır.

### **14.2.1.1. Zülali maddələr**

Əzələ zülallarını ayırmaq təşəbbüsü keçən əsrin 70-ci illərindən başlanmışdır. Bu məqsəd üçün sulu məhlullardan istifadə etmişlər (Kyune, A. Danilevski, Fyurt, Veber, Baranovski, Xaliburton və qeyriləri).

Əzələ zülalları müxtəlifdir. Elektroforez üsulu ilə 16-ya kimi fraksiya ayırmaq olur. Əzələ toxumasının orta qatılıqda (10 –



15 %) olan duz məhlulları ilə ekstraksiyasında plazma və stroma zülalları ayrılır. Plazma zülalları duz məhlullarında həll olur, stroma zülalları isə duz məhlulları ilə ayrılmır.

Sarkoplazmanın tərkibinə daxil olan zülallar aşağı ion güclü (0,10 – 0,15) duz məhlullarında (0,03 M kalium xlorid) həll olurlar. Sarkoplazma zülallarının azotu əzələ toxuması azotunun təxminən 25–30 %-ni təşkil edir. Bu zülalların çox hissəsi miogen qrupu zülallarına (A-miogen və B-miogen) aiddir. Miogen qrupu zülallarının 20 %-ni A-miogen və 80 %-ni B-miogen təşkil edir. Bunlar qlobulyar zülallara aiddir. A-miogenə aldolaza xassəsi olduğundan fruktoza–1,6-difosfatı iki molekul triozaya parçalayır. B-miogenə fosfoqlükomutaza, fosfoqliserin aldehidi dehidrogenazası, fosfotriozaların izomerazası və qeyri fermentlər vardır.

Əzələ qlobulinləri miogen qrupu zülallarından saf suda və ion gücü 0,005-dən az olan duz məhlullarında həll olmaları fərqlənilir. Ona görə də qlobulinləri sarkoplazmatik zülallardan dializ yolu ilə ayırmaq olar.

Miogen fraksiyalarının elektroforezində katalitik funksyalı çox fərqi zülallar (izomerazalar, fosforilazalar və qeyriləri) ayrılır.

Sarkoplazmatik zülalların elektroforezində miogen qrupu zülalları ilə yanaşı sürətlə hərəkət edən, plazma albuminlərinə bənzər mioalbumin fraksiyası da ayrılır. Bu fraksiya yaşlı heyvanların skelet əzələlərində çox az miqdarda olur. Onun miqdarı nisbətən çox say əzələlərdə və embrion əzələsindədir.

Miogen qrupuna məxsus zülallara fermentlərdən aldoloza, müxtəlif dehidrogenazalar (fosfoqliserin aldehidinin dehidrogenazası, fosfotriozaların izomerazaları və qeyriləri) aiddirlər. A-miogenə aldoloza fəallığının varlığı ilk dəfə V. A. Engelhardt tərəfindən müəyyən edilmişdir. Bu zülal kristallik halda alınmışdır. Mio-

gen qrupunun başqa zülallarını da kristallik halda ayırmaq olar.

Əzələ zülallarının bir qrupuna da miofibrillyar zülallar deyilir. Bunlara miozin, aktin, aktomiozin, tropomiozin və qeyri-ləri aiddir. Miofibrillərin quru qalığının əsas hissəsini zülallar (90–95 %-ə kimi), xüsusilə miozin və aktin (80 %-ə kimi) təşkil edir. Bunlardan miozinin payına 50 – 55 %, aktininkinə 20 – 25 % və tropomiozininkinə 11 – 15 % düşür.

Miofibrillyar zülallar sarkoplazmatiklərdən fərqli olaraq elektrolitlərin yüksək ion güclü məhlulları ilə ayrılır.

Miofibrillyar zülalların aminturşu tərkibləri də öyrənilmişdir.

Cədvəl 26.

Ada dovşanı miozin, aktini və tropomiozinin  
aminturşu tərkibi

(zülalda aminturşularının %-lə miqdarı)

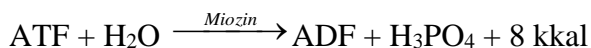
Komints, Xouç, Simonds və Lagiyo görə

Aminturşuları	Miozin	Aktin	Tropomiozin
Sistin	1,03	1,34	0,78
Asparagin turşusu	11,40	10,90	11,84
Treonin	4,88	7,02	3,33
Serin	4,31	5,88	4,20
Qlütamın turşusu	22,80	14,85	31,00
Prolin	2,53	5,06	0
Qlisin	2,92	5,02	0,91
Alanin	6,94	6,31	9,78
Valin	4,92	4,92	4,45
Metionin	3,28	4,47	2,38
İzoleysin	5,50	7,46	3,80
Leysin	10,35	8,25	12,14
Tirozin	3,25	5,80	2,72

Fenilalanin	4,46	4,78	0,58
Histidin	2,32	2,94	0,85
Lizin	12,40	7,60	16,06
Arginin	7,13	6,61	7,30
Triptofan	0,80	2,04	0

Miozin eninəzolaqlı əzələləri xırdaladıqdan sonra su və ya duzların zəif məhlulları (0,5–0,6 m kalium xlorid və ya natrium xlorid) ilə qısa müddətdə (10–20 dəqiqə) yuduqda ekstrakta keçən zülaldır. Bu zülal əzələ liflərinin qısalmasında iştirak edən əzələ fibrillərinin tərkibinə daxil olur. Miozin fiziki-kimyəvi xassələrinə görə qlobulinlərə bənzəyir. Sulu məhlulları yüksək özlülüyə malikdir, asan həlməşik əmələ gətirir, yaxşı hidratasiyalaşır, özünə müxtəlif ionları (əsasən kalsium və maqnezium ionlarını) birləşdirmək qabiliyyəti vardır. İzolelektrik nöqtəsi 5,4-ə yaxındır. Molekul çəkisi 840000-ə çatır. bəzi müəlliflərə görə miozinin ən az molekul çəkisi 420000-ə bərabərdir. Bu zülalın öyrənilməsində macar biokimyəçisi Sent-Dyerinin tədqiqatları təqdirə layiqdir. Miozin qlikogen, xolesterin, fosfatidlər, mineral maddələr və s. biokomplekslər əmələ gətirir. Bu zülal bir-birinə yaxın olan bir neçə zülalın kompleksidir. Ona görə də iki fraksiyaya: H-meromiozinə (və ya ağır miozinə) və L-meromiozinə (və ya yüngül miozinə) ayrılır. Bunlar aminturşu tərkiblərinə və xassələrinə görə də fərqlənirlər. Əzələ zülalları ilə xolesterinin 80 %-i, fosfatidlərin isə 25 %-ə qədəri birləşmiş olur.

Miozin (ağır miozin) fermentativ xassəyə də malikdir, adenzintrifosfatın (ATF) adenzindifosfata və fosfat turşusuna parçalanma prosesini sürətləndirir (V.A.Engelhardt və M.N.Lyu-bimova).



Deməli, miozin adenzintrifosfataza (ATF-aza) sayılır. SH- (sulfhidril) fermentlər qrupuna aiddir. Adenzintrifosfat isə miozinin fiziki xassəsinə təsir edərək, elastikliyini və miozin liflərinin uzanma (dartılma) qabiliyyətini artırır. V. A. Engelhardt və M. N. Lyubimovanın bu kəşfi əzələ qısalmasının mexanokimyası sahəsinin başlanğıcı hesab edilir.

Sıyığlaşdırılmış (hörrə halına salınmış) əzələnin 0,5–0,6 m kalium xlorid məhlulunda çox (təxminən 24 saat) saxladıqda, məhlula miozinin aktinlə kompleksi olan aktomiozin zülalı keçir. Aktomiozin də miofibrillərin tərkibinə daxil olur. Aktomiozinin molekul çəkisi  $2 \cdot 10^7$ -yə bərabərdir, suda həll olmur, şişərək həlməşik əmələ gətirir.

Əzələlərdən miozini ayırdıqdan və asetonla işlədikdən sonra su ekstraktına çıxan zülal aktin adlanır. Aktin 2 formada: qlobulyar (Q-aktin) və fibrilyar (F-aktin) olur. Bunlar fiziki-kimyəvi xassəcə kəskin fərqlənirlər. Polimerləşmiş aktin fibrilləri qlobulyar aktin molekullarının assosiasiyalaşaraq uzun zəncirlərə çevrilməsi ilə əmələ gəlir.

Q-aktin məhluluna müəyyən qatılıqda kalium xlorid və maqnezium xlorid məhlulları əlavə edildikdə tiksotron xassəli (çalxaladıqda zola keçmək qabiliyyətli) yapışqanvari həlməşiyə bənzər F-aktinə çevrilir. Aktin monomerinin molekul çəkisi 70000-ə yaxındır. Aktin miozinlə birləşib aktomiozin əmələ gətirmək qabiliyyətinə malikdir. Aktomiozin dializ zamanı yumşaq gel əmələ gətirir ki, bundan da kalium və maqnezium ionlarının müəyyən qatılığında (0,05 m KCl və 0,001 m MgCl<sub>2</sub>) və adenzintrifosfat mühitində sıxılaraq su ayrılır, sinerezis baş verir, zülal yumağı müşahidə edilir. Duzların yüksək qatılığında (0,6 m KCl) aktomiozinə ATF əlavə etdikdə dissosiasiyalaşaraq öz komponentlərinə - aktinə və miozinə ayrılır.

Əzələ liflərinin qısalmasının əsas səbəbi də kontraktil əzələ zülalları ilə ATF-in qarşılıqlı təsiri ilə əlaqədardır. Əzələnin qısalmasında liflər sistemi bir-birinə girir. Lakin bu çevrilmələrin kimyəvi mexanzimi hələ aydın deyildir.

Miofibrillərin başqa zülalları (tropomiozin və qeyri) hələ tam öyrənilməmişdir. Tropomiozin əzələlərdə çox olur. Bu suda həllolan miofibrillyar zülaldır, tərkibində bir neçə amin qrupu da vardır. Beylinin məlumatlarına görə aminturşu tərkibi miozin zülalında olduğu kimidir.

Qırmızı əzələlərdə (miofibrilləri az, sarkoplazması çox olan əzələ liflərində) mioqlobin də vardır. Bu zülal oksigeni özünə birləşdirmək və ayırmaq qabiliyyətinə görə əzələ liflərinin oksigenlə təmin edilməsinə şərait yaradır. Əzələnin qırmızı rəngdə olması da bu piqmentlə əlaqədardır. Mioqlobinin izoelektrik nöqtəsi 7-dir, molekulunda bir atom da dəmir var. 153 aminturşusunun birləşməsindən əmələ gəlmişdir.

Əzələ liflərinin nüvələrində dezoksiribonuklein turşusu ilə zəngin nukleoproteidlər də vardır. Ribosomlar əsasən ribonuklein turşusu (RNT) və ribonukleoproteidlərdən ibarətdir.

Ontogenez dövründə əzələlərdə nukleoproteidlərin miqdarı dəyişir. Nukleoproteidlər və dezoksiribonuklein turşuları embrion əzələsində daha çox olur. Nuklein turşuları fosforunun miqdarı embrional inkişaf dövründə 65 mq %-dən postembrional inkişaf dövründə 33 mq %-ə kimi azalır. Bu azalma ribonuklein turşusuna nisbətən dezoksiribonuklein turşusunda çox olur.

Əzələ toxumasının zülallarına əzələdə qlikolizin, toxuma tənəffüsünü, proteolizi, lipidlərin və polisaxaridlərin hidrolizini və qeyri prosesləri sürətləndirən fermentlər də aiddir. Lakin bunların payına əzələ zülalı azotunun çox az hissəsi düşür.

Skelet əzələlərinin stromasında da zülallar vardır. Bunlar

(kollagen, onun derivatları, elastin, neyrokəratin, musin) əzələ zülalları azotunun təxminən 9–10 %-ni təşkil edir.

Elastin sarkolemmaının əmələ gəlməsində iştirak edir. Əzələ zülallarının ümumi miqdarının 1 %-dən çox olmur. Elastində kükürd azdır (0,3–0,4 %), suda və duz məhlullarında həll olmur, kimyəvi maddələrin təsirinə çox davamlıdır. Elastin qlisin (26 %) və leysin (21,4 %) çoxdur. Kollagen əzələ zülallarının 22 %-ni təşkil edir. Bu zülal başqalarından fərqli olaraq orqanizmdə bərk haldadır. Kollagen ən çox əzələ vətərlərində toplanır və əzələ liflərini birləşdirən birləşdirici toxumanın tərkibində olur.

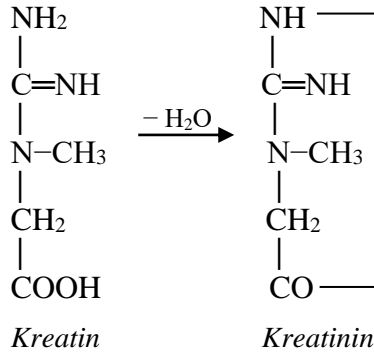
Musin də stroma zülalıdır. Bu əzələlərin sümüklərə birləşən hissəsində sürüşgənlik yaradır. Musin turşu xassəsinə malikdir, suda həll olmur. Bu mürəkkəb zülal olub, qlükoproteidlərə aiddir. Turşu və qələvilərlə qaynatdıqda sulukarbonlara (mukoitin turşusu) cə sadə zülala ayrılır.

Əzələ zülalları filogeneza və ontogenezdən asılı olaraq bir sıra dəyişikliklərə uğrayırlar.

### **14.2.1.2. Əzələlərin azotlu ekstraktiv maddələri**

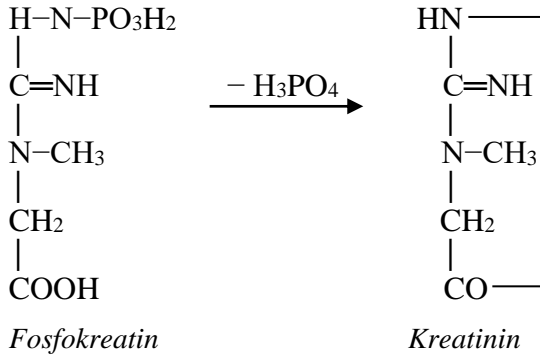
Əzələlərin azotlu ekstraktiv maddələrinə adenin nukleotidləri: adenzinikifosfat və adenzinmonofosfat turşuları (ATF, ADF, AMF), inozin turşusu, kreatin, kreatinfosfat turşusu (və ya fosfokreatin), asetilxolin, qlütation, histamin, karnozin, anserin, karnitin, aminturşuları, purin əsasları və fosfatidlər aiddir.

Keratin və kreatinfosfat əzələnin qısalması zamanı törənən kimyəvi proseslərdə iştirak edir. Kreatin əzələlərdə əsasən birləşmiş formada: kreatinfosfat şəklində olur. Kreatin turşu mühidə və qızdırdıqda su molekulu itirərək, anhidridə–kreatininə çevrilir.



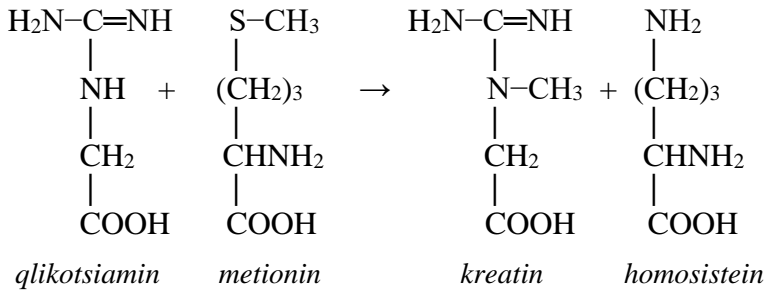
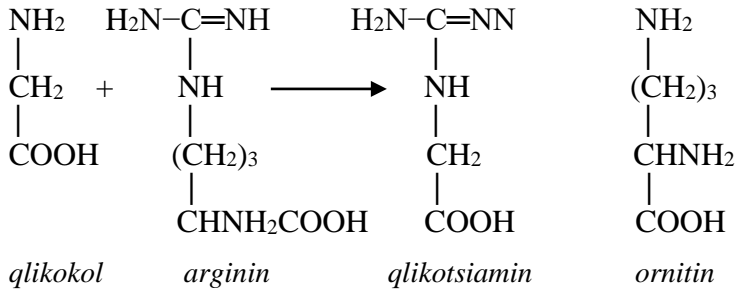
Kreatinin kreatininə çevrilməsi dönməyən prosesdir.

İnsan və heyvan orqanizmində kreatinin fosfokreatindən (fosfagen) fosfat turşusunun ayrılması yolu ilə əmələ gəlir.



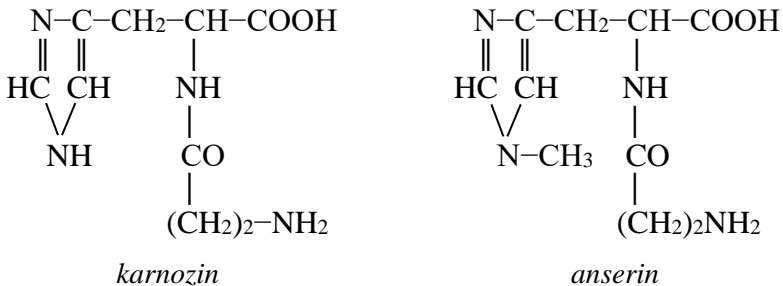
Əzələlərdə kreatin (0,2–0,6 %) kreatinindən (0,003–0,005 %) çox olur.

Kreatin qlikokol, arginin və metionindən əmələ gəlir. Böyrəklərdə arginin amidin qrupunu ( $\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{NH}$ ) qlikokola verərək, qlikotsiaminə (quanidinsirkə turşusuna) çevrilir. Bu da qaraciyərdə metionindən metil qrupunu alaraq, kreatinə keçir.



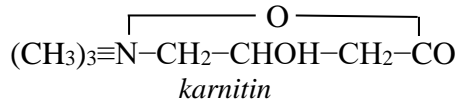
Kreatin müxtəlif heyvanların əzələlərində müxtəlif miqdarda olur. Qaramalın əzələsində kreatinin miqdarı 0,45 %, donuzda 0,40 %, atda 0,35 %-dir. Bu miqdar əzələnin növündən də asılıdır. Ada dovşanının ağ əzələsində 0,52 % kreatin olduğu halda qırmızı əzələsində 0,36 %-dir.

Skelet əzələlərində çoxlu miqdarda dipeptidlər: karnozin (beta-alanil-histidin) və anserin də (metilkarnozin) olur.





Karnozini ilk dəfə əzələdən V. S. Quleviç, anserin isə eyni vaxtda V. S. Quleviçin laboratoriyasında N. F. Tolkaçevskaya və alman kimyaçısı Akkerman ayırmışlar. Karnitini də ilk dəfə V. S. Quleviç ayırmışdır.



Bu birləşmə qamma-amino-beta oksiyağ turşusunun ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) törəməsidir.

Əzələlərin fəaliyyətində bu birləşmələrin rolu hələ tam öyrənilməmişdir. Bu sahədə qiymətli işlər S. E. Severinin laboratoriyasında aparılır. S. E. Severin və onun tələbələri müxtəlif heyvanların əzələlərində karnozin və anserinin miqdarının öyrənilməsi, ontogenetik dəyişiklikləri, bioloji rollarını və başqa məsələləri geniş tədqiq etmişlər.

Karnozin əzələlərdə adenozinüçfosfatın və kreatinfosfatın əmələ gəlməsinə şərait yaradır (S. E. Severin).

Əzələlərdə karnitinin miqdarı karnozinə nisbətən 10 dəfə az olmaqla 20–50 mq %-ə bərabərdir.

Əzələlərdə az miqdarda (1–30 mq %) spermin və taurin də olur.

Əzələlərdə daimi sərbəst aminturşularına, fosfatidlərə, purin əsaslarına və sidik cövhərinə də təsadüf edilir. Son zamanlar xromatoqrafiya üsulunun köməkliyi ilə əzələlərdə nukleozidfosfatların da (quanozintrifosfat, inozintrifosfat və qeyriləri) olduğu aşkar edilmişdir. Bunların ürək əzələsinin qısalmasında kofaktor kimi iştirak etdiyi güman olunur. Aminturşuları əzələ zülallarının təzələnməsində və parçalanmasında əmələ gəlir. Bunlar zülalların biosintezi üçün də lazımdır. Skelet əzələlərinin zülalsız ekstrak-

tında zülal sintezi üçün lazım olan aminturşularının hamısı vardır. Histidin daha çox olur.

Fosfatidlər (xüsusən asetalfosfatidlər) neytral yağlardan asan oksidləşdiklərinə görə toxuma tənəffüsündə iştirak edirlər, ürək əzələsinin fəaliyyətində vacib energetik rola malikdirlər.

Əzələlərdə purin əsaslarına (adenin, quanin, hipoksantin, ksantin, sidik turşusu) və sidik cövhərinə azot mübadiləsinin aralıq və son məhsulları kimi az miqdarda (0,02–0,09 %) təsadüf olunur.

### **14.2.1.3. Əzələlərin azotsuz maddələri**

Əzələlərin azotsuz maddələrinə qlikogen və onun mübadiləsinin məhsulları (xüsusən hesozafosfat efirləri), qlükoza, süd turşusu, yağlar, xolesterin, mineral duzlar aiddir. Əzələlərdə maltozanın varlığı da müəyyən edilmişdir. Bu birləşmələr əzələdə mübadilə prosesində iştirak edirlər.

Qlikogen əzələdə qlikoliz və tənəffüs proseslərində iştirak edən mühüm polisaxariddir. Onun əzələlərdə miqdarı 3 %-ə çatır. Əzələlərin fəaliyyəti zamanı qlikogenin istifadəsi artır. Əzələlərin gərgin işi zamanı qlikogen anaerob mübadilə nəticəsində süd turşusuna qədər parçalanır. Süd turşusu qanla qaracıyərə aparılaraq oksigen kifayət qədər olduğu şəraitdə yenidən sulukarbonların (qlikogenin) sintezi üçün istifadə olunur.

Əzələlərdə lipidlərin (neytral yağların, xolesterinin və qeyrilərinin) miqdarı 1–3 % arasında tərəddüd etməklə, kəskin dəyişir. Neytral yağların miqdarı İnsan və heyvanın köklük dərəcəsinədən asılıdır. Aclıq zamanı çox azalır. Xolesterinin, onun efirlərinin və zülallarla komplekslərinin miqdarı müxtəlif funksional və patoloji hallarda müəyyən dəyişikliklərə uğrayır.

Əzələlərdə mineral duzlar da (natrium, kalium, kalsium, maqnezium duzları və başqaları) vardır. Bunlar əsasən fosfat və xlorid turşusunun duzları şəklində olurlar. Əzələlərdə fosfor və kükürd də çoxdur. Dəmirə, kobalta, misə, sinkə, manqana da təsadüf edilir. Əzələ şirəsinin ion gücü də bunların miqdarından asılı olub, 0,15–0,16-dan çox deyildir.

Duzların ionları əzələnin fəaliyyətində mühüm rol oynayır.

Əzələ liflərində xlor ionunun qatılığı az, kalium ionunun isə çox olur. İnsanın skelet əzələlərində 320 mq %-ə yaxın kalium, 80 mq %-ə yaxın natrium var. Bəzi duzların ionları (maqnezium və kalsium) zülalla birləşmiş haldadır, lakin sərbəst də olur.

Əzələlərin oyanmasında natrium ionları xarici mühitdən əzələ liflərinə daxil olur, kalium ionları isə əksinə xarici mühitə verilir.

Eninəzolaqlı əzələlərin tərkibində olan maddələrə az da olsa sayə əzələlərin də tərkibində təsadüf edilir.

İnsan və heyvanların sayə əzələlərinin zülal fraksiyasının tərkibi skelet əzələlərininkindən kəskin fərqlənir.

Cədvəl 27.

Eninəzolaqlı və sayə əzələ zülallarında azotun miqdarı (ümumi azota görə faizlə)

Əzələnin növü	Sarkoplazmatik zülallar	Miofibrilliyar zülallar	Stroma zülalları	Zülalsız azot
Skelet əzələsi	28,0	50,2	10,1	12,4
Ürək əzələsi	34,2	28,3	28,2	8,6
Mədə əzələsi	35,1	28,3	29,0	6,5

Eninəzolaqlı əzələlərə nisbətən sayə əzələlərdə miozin və aktomiozinin miqdarı çox az olur. Sayə əzələlərdə, əksinə mioalbumin və tropomiozin çoxdur. Sayə əzələlərin uzun müddət yığılmış (qısalmış) halda qalmaq qabiliyyəti (tonik fəaliyyəti və ya yığılıb qalmaq funksyası) də miofibrillyar zülalların (xüsusən tropomiozinin) fəaliyyəti ilə izah edilir. Sayə əzələ zülallarının adenozintrifosfataza fəallığı da azdır.

Ürək əzələsinin kimyəvi tərkibi eninəzolaqlı və sayə əzələlərdən fərqlənir. Ürək əzələsində qlutamin turşusu, qlutamin, xolesterin və fosfolipidlərin miqdarı skelet əzələlərinə nisbətən çoxdur, lakin adenozinüçfosfat, kreatinfosfat, kreatin və qlikogen isə azdır. Ürək əzələsində (miokardda) fosfatidlərdən lesitin və kefalindən başqa sfinqomielin də olur.

### **14.2.2. Əzələ qısalmasının biokimyası**

Əzələlərin fəaliyyətinin biokimyası Fletçer, Hopkins, V. A. Engelhardt, M. N. Lyubimov, Ştraub A. Sent-Dyerdi, O. Meyerhof, P. A. Kometiani və başqaları tərəfindən öyrənilmişdir.

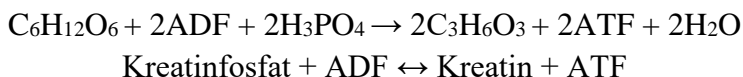
Əzələnin əsas fəaliyyəti qısalma və boşalmadır. Bu da iş zamanı sakitliyə nisbətən 100 dəfədən çox sürətlənir.

Əzələ lifinin qısalması sinir oyanmasının verilməsi zamanı aktomiozinlə adenozinüçfosfatın (ATF) qarşılıqlı təsiri nəticəsində törənir. Bu zaman aktomiozin qısalmış aktomiozinə və adenozinüçfosfat isə adenozinikifosfata (ADF) və fosfat turşusuna çevrilir.

$\text{Aktomiozin} + \text{ATF} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{qısalmış aktomiozin} + \text{ADF} + \text{H}_3\text{PO}_4$ . Əzələnin işi ATF-in parçalanması nəticəsində ayrılan enerji hesabına icra olunur. Bu zaman kimyəvi enerji bilavasitə

mexaniki işə çevrilir. ATF-dən 1 qrammolekul fosfat turşusunun ayrılması ilə 8000–12000 kalori enerji sərbəstləşir. Makroergik rabitələrdəki (~) enerji əzələ qısalması enerjisinə çevrilir. Adeninüçfosfat turşusunun yenidən başqa mübadilə prosesləri hesabına daimi bərpası (resintezi) gedir. Ona görə də əzələlərin normal fəaliyyətində ATF-in miqdarı dəyişmir. Lakin uzun müddət ağır iş zamanı əzələ toxumasında ATF-in miqdarının nisbətən azalması müşahidə edilir.

Adeninüçfosfatın adenzindifosfatdan resintezi toxuma tənəffüsündə (sulukarbonların karbon qazı və suya qədər oksidləşməsində), qlikogenoliz və qlikoliz prosesində (qlikogen və qlükozanın süd turşusuna kimi parçalanmasında) və fosfokreatindən (KpF) fosfat qrupunun kreatinfosfokinazın təsiri ilə ADF-ə keçməsi sayəsində törənir.



Əzələlərin fəaliyyəti zamanı fosfagen (kreatinfosfat) sürətlə istifadə olunur. Sakit halda ada dovşanının əzələsində 270 mq% kreatinfosfatın fosforu olduğu halda iş zamanı 67 mq %-ə qədər azalır. Qeyri-üzvi fosforun miqdarı isə əksinə 171 mq %-dən 233 mq %-ə kimi artır.

Əzələnin sakit vəziyyətində anaerob şəraitdə fosfokreatinin 30 %-i resintez olunur (Qorodisskaya və Naxmanzon). Bu məqsəd üçün enerji qlikoliz prosesindən alınır.

Sulukarbonların parçalanmasından əmələ gələn 1,3-difosfoqliserin və fosfopiroüzüm turşuları fosfat qruplarını ADF-ə verərək, onu fosforlaşdırır və ATF-ə keçirir. Fosfat qrupları ilə birlikdə enerji də ADF-ə (yəni əmələ gələn ATF-ə) verilir.

Əzələnin fəaliyyəti zamanı qlikolizdə ayrılan enerji daimi qlikolizdə ADF-dən ATF-in resintezində istifadə olunur.

Əzələlərin fəaliyyətində fosfokreatinin fosfat qrupu hesabına ADF-dən ATF-in əmələ gəlməsi də məəyyən rola malikdir. Fosfokreatin insan və heyvanların əzələlərinin daimi tərkib hissəsi olub, göstərilən məqsəd üçün istifadə edilir. Əzələlərdə bu prosesin gedişi Lundsqard, V. A. Palladin və D. L. Ferdman müəyyən etmişlər ki, daimi işləyən əzələlərdə (məşq keçmiş) fosfokreatinin miqdarı artıq olur.

ATF-də enerji oksidləşməklə fosforlaşmada da toplanır. Limon turşusu siklində müxtəlif maddələrin oksidləşməsi zamanı törənən oksidləşməklə fosforlaşmada ATF-in resintezi gedir. ATF-in resintezi sulukarbonların pentoza sikli üzrə oksidləşməsində də törənir.

Deməli, mühüm mübadilə proseslərində (tənəffüs, qlikoliz, fosfokreatinin defosforlaşması) ayrılan enerji əzələlərin işində dolayı yolla, yəni ATF-in daimi resintezi yolu ilə istifadə olunur. Sonuncu ilə əzələ zülalının qarşılıqlı təsiri zülalın fiziki halının bilavasitə dəyişməsi ilə əlaqədardır.

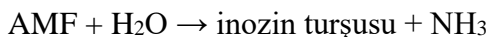
Əzələlər arteriya qanı və oksigenlə kifayət qədər təmin olunduqda, oksidləşmə proseslərinin (toxuma tənəffüsü) enerjisi hesabına fəaliyyət göstərirlər.

Əzələlərin gərgin fəaliyyətində oksigen aclığı törənir və əzələlərdə çoxlu miqdarda süd turşusu toplanır. Belə hallarda sonuncunun bir qismi (25%) tənəffüs substratı kimi, bir qismi də (75%) yenidən qaraciyərdə qlikogenin sintezi üçün istifadə olunur.

Əzələlərin fəaliyyəti zamanı adenil turşusundan (adenozinmonofosfat–AMF) daimi ammoniyakda əmələ gəlir. Adenil turşusu isə adenilatkinazanın (miokinazanın) təsiri ilə adenozindifosfatın fermentativ parçalanmasından əmələ gəlir.



Bu zaman ATF və AMF ayrılır. AMF-in artığı dezaminazanın iştirakı ilə aminsizləşməklə inozin turşusuna çevrilmək yolu ilə pozulur.



İşləyən əzələdə daimi aralıq mübadilə məhsulları: süd turşusu, kreatin, ammoniyak və fosfat turşusu əmələ gəlir.

Əzələnin qısalması boşalma ilə əvəz olunur. Bu prosesin mexanizminə dair bir sıra məlumatlar vardır. Qısalmış əzələ lifində endoplazmatik retikulumla birləşmiş xüsusi zülal boşalma amili (Marş–Bendall amili) ATF-in olduğu mühitdə kalsium ionları ilə birləşdikdə lifdə boşalma müşahidə edilir. Əzələ liflərində kalsium ionlarının sarkoplazmatik retikulumla nizamlanması əzələnin ikifazlı fəaliyyətində mühüm rol oynayır.

Əzələlərin yorulması anaerob mübadilə məhsullarının (süd turşusu) toplanması və qismən enegetik maddələrin ehtiyatının azalması ilə əlaqədardır. İşləyən (məşqli) əzələlər işləməyən (məşqsiz) əzələlərdən gec yorulur. Bu məsələnin biokimyəvi mahiyyəti əsasən A. V. Palladin, V. A. Belitser, N. N. Yakovlev və başqaları tərəfindən öyrənilməklə böyük nəzəri və təcrübəvi əhəmiyyətə malikdir.

Əzələlərin qısalma fəaliyyəti bir sıra xəstəliklərdə (miokardın infaktında nekroz sahəsində, əzələlərin iflicində, progressiv atrofiyada və s.) dəyişir. Bu zaman əzələlərdə miozin və aktimiozinin miqdarı kəskin azalır, stroma zülalları və bəzi sarkoplazmatik zülallar (o cümlədən mioalbumin) çoxalır. Xəstəlik zamanı əzələ toxumasında ATF-in və fosfokreatinin, karnozinin, anserinin miqdarı da azalır. Bir sıra fermentlər (kreatinkinaza, dehidrogena-

zalar, transaminazalar, aldoza və qeyriləri) toxumalardan qan plazmasına keçir. Ona görə bəzi xəstəliklər zamanı qanda bu fermentlərin fəallığının təyin edilməsi klinik əhəmiyyətə malikdir.

### **14.3. SİNİR SİSTEMİNİN BİOKİMYASI**

Sinir sistemi insan və heyvan orqanizmində törənən biokimyəvi proseslərdə çox mühüm rol oynayır. Ona görə də sinir sistemini fəaliyyətinin öyrənilməsində onun kimyasının və onda törənən fiziki-kimyəvi proseslərin tədqiqinin çox mühüm əhəmiyyəti vardır. “Bütün sinir hadisələrinin həqiqi nəzəriyyəsini bizə yalnız sinir toxumasında gedən fiziki-kimyəvi proseslərin öyrənilməsi verə bilər” (İ. P. Pavlov). Bu baxımdan sinir toxumasının kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi və onun fəaliyyətinin əsasını təşkil edən keyfiyyət və kəmiyyət dəyişikliklərinin araşdırılması labüddür.

Sinir toxumasının biokimyası yaxşı öyrənilməmişdir. Bu sahədə qiymətli işlər Evald, Kyune Tydixum, B. İ. Slovtsov, A. Y. Danilevski, A. V. Palladin və onun məktəbi tərəfindən aparılmışdır.

#### **14.3.1. Sinir toxumasının kimyəvi tərkibi**

Sinir sisteminin müxtəlif sahələri morfoloji və fizioloji xüsusiyyətlərinə və həm də kimyəvi tərkiblərinə görə fərqlənilir.

##### **14.3.1.1. Üzvi maddələr**

Sinir sisteminin üzvi maddələrinə zülallar, sulukarbonlar,



lipidlər (cədvəl 28), fermentlər və qeyriləri aiddirlər.

Cədvəl 28.

Baş beyinin kimyəvi tərkibi (%-lə)

Kimyəvi maddələr	Boz maddə	Ağ maddə
Su	84	70
Zülali maddələr	8	9
Lipidlər	75	17
Xolesterin	1	5
Lesitin	3	5
Kefalin	1	4
Serebrozidlər	1	5
Ekstraktiv maddələr	1	1
Mineral maddələr	1	2

Sinir sisteminin ayrı-ayrı şöbələri müxtəlif kimyəvi tərkibə malikdir. Periferik sinirlərdə su az (68–70 %), zülali maddələr (10 – 12 %) və lipidlər isə (20 %-ə kimi) çoxdur.

İnsan beyininin boz maddəsində zülalın miqdarı orta hesabla 8 %, ağ maddədə isə 9 % olur. Beyin qabığında zülallar quru maddənin 51 %-ni, ağ maddədə 33 %-ni və periferik sinirlərdə 29 %-ni təşkil edir.

Sinir toxumasında həm sadə və həm də mürəkkəb zülallara təsadüf edilir.

Mürəkkəb zülallardan beyinin boz maddəsində olan neyroqlobulin (tərkibində 0,5 % fosfor var), neyrostromini, proteolipid olan neyrokeratini, kollageni, elastini göstərmək olar. Bunlar suda həll olmayan zülallardır. Neyroqlobulin dezoksiribonukleoproteiddir, neyrostromin isə ribonukleoproteiddir. Bunların hər ikisi nukleoproteiddir. Neyrokeratin ağ maddədə və sinir liflərində

olur. Boz maddədə albumin və qlobulin tipli həllolan zülallar da vardır.

A. V. Palladinin və Q. E. Vladimirovun laboratoriyasında kağız üzərində elektroforez üsulu ilə beyinin suda həllolan zülallarını 8 – 10 fraksiyaya ayırmışlar. N. M. Polyakova 16-ya kimi fraksiya ayıra bilmişdir.

Beyinin boz və ağ maddəsinin nüvəsində üzvi maddələrin 20 – 45 %-ni nuklein turşuları təşkil edir. Beyinin sinir hüceyrələrinin nüvəsindəkinuklein turşularının 20–30 %-i ribonuklein turşusundan ibarətdir (A. V. Palladin və əməkdaşları).

Sinir toxumasında sulukarbonlardan qlikogen və qlikoza olur. İt və ada dovşanının baş beyinində qlikogenin miqdarı 70 – 150 mq %-ə çatır.

Sinir sisteminin kimyəvi tərkibi lipidlərin miqdarının çoxluğu və nisbətən sabitliyi ilə xarakterlənilir. Beyin toxuması lipidlərin çox müxtəlifliyi ilə də fərqlənir.

Sinir toxumasında neytral yağlar çox azdır. Beyin homogenatının quru maddəsində mitoxondriyalarda neytral yağların miqdarı 3,6 mq % və mikrosomlarda isə 1,1 mq % təşkil edir. Beyin toxumasından fərqli olaraq periferik sinirlərdə triqliseridlərin miqdarı çox olur. Lipoidlərdən fosfatidlər (xolinfosfatidlər, kolaminfosfatidlər, serinfosfatidlər, inozitfosfatidlər və qeyriləri), sterinlər (xolesterin), steridlər, serebrozidlər olur. Lipoidlərdə olan yağ turşularının doymamışlığı çoxdur. Araxidon turşusunda 4 ədəd, klupanodon turşusunda 5 ədəd ikiqat rabitə vardır.

Yağ turşularının çoxu fosfatidlərin və serebrozidlərin tərkibindədir, sfinqomielinlər və xüsusən qliseridlər də azdır. Beyində olan yağlar başqa toxumaların yağlarından tərkibcə də fərqlənirlər. Beyində fosfatidlər və xolesterin də çoxdur. Fosfatidlərdən də çoxluğu təşkil edən plazmalogenlərdir (cədvəl 29).

Qaramalın beyininin lipidləri  
(quru maddədə faizlə miqdarı)

Xolesterin – 20,3	Fosfatidilserin – 7,2
Serebrozidlər – 16,7	Sulfatidlər – 3,5
Lesitin – 11,0	Qanqliozidlər – 2,8
Sfinqomielin – 7,9	Poliqliserofosfatidlər – 2,4

Sinir sistemində xolesterin sərbəst halda olur. Onun çoxu ağ maddədədir. Baş beyindəki fosfatidlərin və sterinlərin (xolesterinin) bir qismi zülalla möhkəm və möhkəm olmayan kompleks birləşmələr formasındadır. Sinir impulslarının təsiri ilə bu biokomplekslər parçalanır və yenidən əmələ gəlirlər. Baş beyində yaşdan asılı olaraq xolesterinin miqdarı artır.

Lipoidlərin miqdarı beyinin müxtəlif hissələrində eyni olmur. Beyinin boz maddəsinə nisbətən ağ maddəsində lipoidlərin miqdarı 2 dəfə çox olur, xolesterin, serebrozidlər və sfinqomielinlər isə boz maddədə çoxdur (cədvəl 30).

Sinir sisteminin hissələrində lipoidlərin  
faizlə miqdarı

N ö v	Sinir sisteminin sahəsi	Xolesterin		Fosfatidlər	Serebrozidlər
		ümumi	sərbəst		
İnsan	Boz maddə	1,0	1,0	3,1	1,2
	Ağ maddə	4,0	3,7	6,2	4,7
İt	Boz maddə	1,4	1,3	4,2	1,5
	Ağ maddə	5,4	5,4	9,0	6,8
Pişik	Boz maddə	1,3	1,2	4,5	1,0
	Ağ maddə	4,4	4,4	8,2	4,8

Sinir toxumasında zülali maddələrin, sulukarbonların və lipidlərin çevrilmələrini sürətləndirən fermentlər də vardır. Onlardan amilazanı, maltazanı, laktazanı, saxarazanı, fosforilazanı, fosfatazaları, lipazanı, lesitinazanı, nukleazanı, adenzintrifosfatazanı, proteazaları, xolinesterazanı, xolinasetilazanı, dehidrogenazaları, qlikoliz fermentlərini, sitoxrom sistemini və qeyrilərini göstərmək olar. Onlardan amilaza, heksokinaza, adenzintrifosfataza, katalaza və başqaları baş beyinin boz maddəsində çox olur. Sitoxromoksidaza yalnız boz maddədə olur.

Sinir toxumasında azotlu və azotsuz ekstraktiv maddələr də vardır. Azotlu ekstraktiv maddələrdən kreatinfosfatı, kreatini, adenzinüçfosfatı, sidik turşusunu, asetilxolini, simpatini, xolini, sərbəst aminturşularını, tiramini, serotoninini, triptamini, histamini, qlütamini, asparagini və başqalarını göstərmək olar. Bunların içərisində mediatorlar (asetilxolin və simpatin) sinirlərdən oyanmanı effektor üzvlərə verilməsində mühüm rol oynayırlar. Beyində sərbəst aminturşularının miqdarı qana nisbətən 8 dəfə çox olur. Bunlardan ən çox olan qlütamin turşusu (90–170 mq %) və qlütamindir (45–80 mq %). Beyindəki sərbəst alfa-amin azotunun 80 %-i bunların payına düşür. Beyinin fəal hissəsində qlütaminin miqdarı çox olur. Beyində kreatinin də miqdarı çoxdur. Beyində azotsuz ekstraktiv maddələrdən qlikogen, qlükoza, süd turşusu, piroüzüm turşusu, inozin, krebs sikli məhsulları müşahidə olunur. Beyində qlikogenin miqdarı 0,1 %-ə, qlükozanınkı 0,05 %-ə yaxın olur.

A. V. Palladin və onun əməkdaşları tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, sinir toxumasının kimyəvi tərkibi yaşdan asılı olaraq kəskin dəyişir. Heyvanların kiçik yaşlarında baş beyində fosforlu birləşmələr (xüsusən adenzinüçfosfat və kreatinfosfat) çox olur.

Sinir toxumasının kimyəvi tərkibi heyvanın növündən, cin-

sindən, ilin fəslindən və qeyri amillərdən də asılıdır (A. V. Palladin, M. F. Quliy, V. V. Kovalski, H. İ. Səfərov, Q. B. Xəlilov və qeyriləri).

### 14.3.1.2. Mineral maddələr

Sinir toxumasında suyun miqdarı olduqca çoxdur. Bu da maddələr mübadiləsinin şiddətli getməsində mühüm rol oynayır.

Sinir sistemində mineral maddələrdən kaliuma, natriuma, kalsiuma, maqneziuma, sinkə, misə, dəmirə, fosfora, xlorə, kükürdə, alüminiuma, manqana, yoda, bromə və qeyrilərinə təsadüf edilir. Bu elementlər sinir toxumasının müxtəlif hissələrində miqdarca eyni deyildir.

Cədvəl 31.

Məməlilərin baş beyində elektrolitlərin miqdarı (100 qramda mmol-la)

Elektrolitlər	Boz maddə	Ağ maddə
Natrium	5,0 – 9,0	4,5 – 10,0
Kalium	5,5 -10,0	4,5 – 10,0
Kalsium	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5
Maqnezium	0,9 – 1,0	1,1 – 1,7
Xlor	3,1 – 6,2	2,5 – 5,1

Sinir hüceyrələrinin daxilində xaricinə nisbətən kalium ionunun qatılığı 20 – 30 dəfə çox olur, hüceyrə xaricində isə natrium və xlor ionları üstünlük təşkil edir.

İnsanın orta beyində yodun miqdarı başqa şöbələrə nisbətən çoxdur.

### **14.3.2. Sinir toxumasının maddələr mübadiləsi**

Sinir toxumasında tənəffüs çox intensiv gedir. Beyin oksigeni ən çox istifadə edən orqandır. Orqanizmdə istifadə olunan oksigenin 20 – 25 %-ni baş beyin sərf edir. Beyindən keçən qanda oksigenin miqdarı 8 % azalır. Narkoz zamanı beyində oksigen az mənimsənilir. Etil spirtinin az miqdarı beyində tənəffüsü nizamlayır, çox olduqda isə zəiflədir. Qanda oksigen çatışmadıqda (hipoksemiya) psixik pozğunluqlar baş verir. Karbon qazının artıqlığı da sinir sistemində ayanmanı ləngidir. Baş beyin qabığına yüksək həssaslığı da oksidləşmə reaksiyaları ilə əlaqədardır.

Sulukarbonların mübadiləsinin tənəffüs əmsalı xarakterizə edir. Beyində tənəffüs əmsalının qiymətinin vahidə yaxın olması sulukarbonların əsas enerji materialı olduğunu göstərir. Beyindən keçən qanda oksigen kimi qlükoza da azalır. Bu orqanın enerji ilə təmin olunması əsasən qlükozanın hesabına gedir. 100 qram beyin toxuması 1 dəqiqədə 5,4 mq qlükoza istifadə edir. Beyindəki qlükozanın 90 %-i su və karbon qazına kimi tam oksidləşir. Qlükozadan plastik material kimi də istifadə olunur. Qlükozaya qlükogenə, pentoza sikli üzrə nukleotidlərin, serebrozidlərin, qlükoproteidlərin komponentlərinə çevrilə bilər. Narkotik maddələr qlükozanın oksidləşməsini ləngidir, mərkəzi əsəb sisteminin oyanmasını isə əksinə artırır.

Periferik sinirlərin tənəffüs əmsalı 0,8-ə bərabərdir.

Hipoqlikemiya mərkəzi əsəb sistemini kəskin pozaraq, ölümə səbəb ola bilər. B<sub>1</sub>-avitaminoz zamanı sulukarbonların mübadiləsi pozulduğundan sinir sisteminin fəaliyyəti kəskin dəyişir.

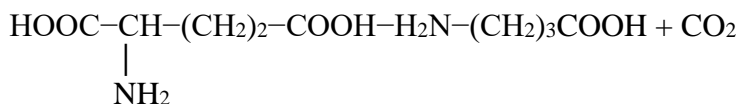
Beyində mübadilə olunan qlükozanın 85 %-ə yaxını tam oksidləşir.

Beyində qlükogen çox deyil (100 mq%) və enerji mübadilə-

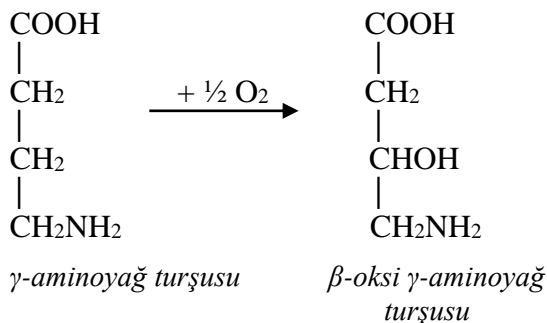
sində az əhəmiyyətlidir. Qlikogenin fəaliyyəti üçün tələb olunan enerjinin 10 %-ə qədəri qlikogenin hesabına ödənə bilər. Beyində qlikogenin 20 %-i sərbəst, 60 %-i zülallarla və 20 %-i lipidlərlə birləşmiş haldadır (A. V. Palladin və onun əməkdaşları). Sinir sisteminin başqa şöbələrində isə qlikogen enerji materialı kimi nisbətən çox istifadə olunur. Sinir sistemində qlikogen əsasən hidrolitik yolla parçalanır.

Baş beyində enerji ilə zəngin fosforlu birləşmələrin (ATF, kreatinfosfat və qeyriləri) təzələnməsi də şiddətli gedir. Bu da aerob oksidləşmənin və tənəffüs prosesində fosforlaşmanın üstünlüyü ilə əlaqədardır.

Sinir sisteminin fəaliyyətinin artması azot mübadiləsinin şiddətlənməsi ilə də əlaqədardır. Baş beyin qabığında sinir mərkəzlərinin fəaliyyətinin artması beyində zülalların (xüsusən fosfoproteidlərin) parçalanmasını və amin azotunun miqdarını artırır. Oyanma zamanı zülal mübadiləsi şiddətlənir, zülalların təzələnməsi tezləşir. Bu zaman adenil turşusunun aminsizləşməsi nəticəsində sinir toxumasında ammoniyak da çoxalır. Beyində ammoniyakın artması sinir oyanması üçün xarakterik əlamət sayılır. Ammoniyakın zərərsizləşməsi qlütamin turşusundan qlütaminin əmələ gəlməsi yolu ilə gedir. Bunlar baş beyində mübadilədə mühüm rol oynayırlar. Amin azotunun 80 %-ə yaxını bunların payına düşür. Baş beyində qlütamin turşusu və onun amidinin miqdarı qan zərdabına nisbətən 15 dəfə çoxdur. Baş beyində qlütamin turşusunun dekarboksilləşməsi şiddətli gedir. Qlütamindekarboksilazanın təsiri ilə qamma-aminoyağ turşusu əmələ gəlir.

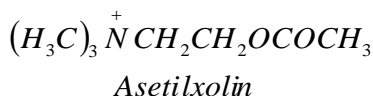


Beyinin fəaliyyətinin ləngiməsində azot mübadiləsi zəifləyir, Ammonyakın miqdarı azalır, sinir hüceyrələrində ləngimə amili: qamma-amino-yağ turşusu və onun oksidləşmə məhsulu olan beta-oksi-qamma-aminoyağ turşusu əmələ gələrək çoxalır.



Sinir toxumasında lipidlərin mübadiləsi təxirlə gedir. Fosfatidlərdən beyində nisbətən çox istifadə olunan inozitfosfatidlər, xüsusilə inozitdifosfatidlərdir.

Sinir oyanmaları müxtəlif sinirlərin uclarında ayrılan xüsusi maddələrlə verilir. Onlardan asetilxolin və simpatinləri (adrenalin, noradrenalin, histamin və onların çevrilmə məhsulları) göstərmək olar. Bunlara mediatorlar deyilir. Asetilxolin sirkə turşusu ilə xolinin mürəkkəb efridir, xolinasetilaza və koenzim A-nın iştirakı ilə sintez olunur.



Bu parasimpatik və hərəkət sinirlərinin mediatorudur. Hər bir sinir impulsunda müəyyən miqdarda asetilxolin ayrılaraq, sinir oyanmasının sinir hüceyrəsindən başqa üzvə və ya sinir hüceyrələrinə verir. Lakin ayrılan asetilxolin dərhal xolinesterazanın təsi-



rilə parçalanaraq fəallığını itirir. Odur ki, uzun müddət sinir impulslarının verilməsi asetilxolinin təkrar ayrılması ilə törənir.

Asetilxolin sinir sistemində bərabər paylanmamışdır. Baş beyinin boz maddəsində ağ maddəsinə və uzunsov beyinə nisbətən asetilxolin çox olur.

Sakitlik zamanı asetilxolin baş beyində zülallarla və ya lipidlərlə birləşmiş halda olur. Oyanmada isə zülal kompleksindən ayrılır.

Noradrenalin simpatik sinirlərin və histamin isə hiss sinirlərinin mediatorudur. Baş beyində serotoninə (5-oksitriptamin) həm əmələ gəlir, həm də parçalanır. Bu da mediatorudur.

#### **14.4. BİRLƏŞDİRİCİ TOXUMANIN KİMYASI**

Birləşdirici toxuma orqanizmin çəkisinin 50 %-dən artığını təşkil edir və bir sıra funksiyalar (istinad funksiyası, müdafiə funksiyası, metabolik funksiyası, toplama funksiyası və s.) daşıyır.

Birləşdirici toxumanın (vətlər, bağlar və s.) tərkibində çoxluğu istinad zülalları (kollagen, elastin, prokollagen, mukoidlər) təşkil edir. Bunlardan başqa birləşdirici toxumada lipidlər, ekstraktiv maddələr və qeyri-üzvi birləşmələr də vardır.

Birləşdirici toxumalar kimyəvi tərkibcə fərqlənirlər. Belə ki, vətlərdə kollagen çox, elastin isə az olur. Vətlərdə su, bağlarda isə quru maddə çoxluğu təşkil edir.

Birləşdirici toxumanın, xüsusilə kollagen liflərinin əsasını kollagen təşkil edir. Sümük və qığırdaq toxumasının da üzvi əsası kollagendən ibarətdir.

Kollageni suda turşu əlavə etməklə uzun müddət qaynatdıqda qlutinə (jelatinə) keçir. Bu zülalda çoxlu miqdarda (30 %-

dən artıq) qlisin vardır, prolin də (15,1 %) çoxdur, triozin (1 %), histidin (0,7 %) və triptofan isə yox dərəcəsidədir. Kollagenə başqa zülallardan fərqli olaraq oksiprolin (14,5 %) və oksilizin də (1,2 %) vardır.

Cədvəl 32.

Öküzün birləşdirici toxumasının kimyəvi tərkibi (%-lə)

Maddələr	Axilov vətəri	Ənsə bağı
Su	63,0	57,6
Quru maddə	37,0	42,4
O cümlədən:		
Lipoidlər	2,8	2,7
Kollagen	85,1	17,0
Elastin	4,4	75,0
Mukoidlər	3,5	1,2
Albumin və qlobulinlər	0,6	1,4
Ekstarktiv maddələr	3,2	2,3
Qeyri-üzvi maddələr	0,5	0,4

Yaşdan asılı olaraq kollagenin aminturşu tərkibi dəyişir. Kollagen firillyar zülal olub, suda və neytral duzların məhlullarında həll olmur, lakin suda şişərək həlməşik əmələ gətirir. Kollagen birləşdirici toxuma hüceyrələrində fibroblastlarda əmələ gəlir. Bu prosesin normal getməsi üçün askorbin turşusu da tələb olunur.

Birləşdirici toxumada kollagenə yaxın başqa zülal prokolagen də müəyyən edilmişdir. Bunlar aminturşu tərkiblərinə görə də fərqlənirlər.

Birləşdirici toxumanın elastik liflərinin əsas komponenti

elastindir. Elastin suda həll olmur, kimyəvi maddələrin təsirinə davamlıdır. Kollagendən bir sıra fiziki və kimyəvi xassələrinə, molekulyar quruluşuna görə fəqlənir. Elastin elastikliyi çox olan toxumaların (arteriyaların, ağciyərlərin və s.) tərkibində olur. Elastinin tərkibində qlisin (28,2 %), alanin (6,2 %), valin (13,8 %) və lizin (0,5 %) azlıq təşkil edir.

Birləşdirici toxuma zülallarından qlüko- və mukoproteidləri də göstərmək olar. Bunların tərkibində sulukarbonlardan və onların törəmələrindən heksozalar (qalaktoza, mannoza, qlükoza, fruktoza), heksozaminlər (asetilqlükozamin, N-asetilqalaktozamin), sial turşuları olur.

### **14.4.1. Sümük toxumasının kimyası**

Sümük toxumasının tərkibində 20 – 25 % su və 75 – 80 % quru maddə vardır. Quru maddənin 60 %-ni qeyri-üzvi birləşmələr və 40 %-ni isə üzvi birləşmələr təşkil edir. Qeyri-üzvi maddələrin 21 – 25 % kalsium duzlarından, 9 – 13 % fosforlu birləşmələrdən, 5 %-ə kimi karbonatlardan və 1 %-ə qədəri maqnezium duzlarından ibarətdir. Bunlardan başqa sümüklərdə az miqdarda kalium, natrium və flüor da vardır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının sümüklərində qeyri-üzvi birləşmələr kalsium fosfat, kalsium fosfat, apatitlər (oksiapatit və qeyriləri) şəklində olur.

Sümüklərdə üzvi birləşmələrdən zülallar (ossein, ossealbuminoid, elastin, osseomukoid, mukoproteid və qeyriləri), qlikogen, fermentlər (proteinazalar, peptidazalar, fosforilazalar, qələvi fosfatazası), vitaminlər (A vitamini, C vitamini) vardır.

Qıyırdaq toxumasında çoxluğu mukopolisaxaridlər təşkil

edir. Onlardan xarakterik nümayəndə olan qıgırdaq zülalı, xondroalbumoidi göstərmək olar. Xondroalbumoiddə oksiaminturşuları yoxdur, sistində azdır.

Dişlər emal (və ya mina), dentin və sement maddələrindən ibarətdir. Sement dişlərin kökünü xaricdən örtür. Bu maddələrdən əsasən suyun miqdarına görə fərqlənirlər. Emalda 2%, dentində isə 25 % su vardır. Bunlarda üzvi maddələrin miqdarı da eyni deyildir. Emalda 1% və dentinin quru maddəsində 25 % üzvi birləşmələr vardır. Dişin emalında az miqdarda (0,01 %) flüoridlərə də təsadüf edilir. Karies içilən suda flüoridlər az olan rayonlarda müşahidə olunur. Dişlərin inkişafında güman ki, flüoridlər də iştirak edir.

Sümüklərin əmələ gəlməsi fosfat turşusu efiirlərinin fosfatə təsirindən parçalanması ilə başlayır. Bu zaman fəal sümükləşmə sahələrində fosfat turşusu ionlarının qatılığı artır. Sonuncular kalsiumla kalsium fosfat və kalsium hidrofosfat çöküntüləri əmələ gətirir. Sümüklərdə onların əmələ gəlmə dövründə həmişə fosfatə olur.

Sümükləşmə prosesi mineral maddələrlə çox mürəkkəb, lakin labil biokimyəvi komplekslər əmələ gətirən zülalların iştirakı ilə gedir.

Sümükləşmə prosesində paraqalxanvari vəzin və vitaminlərin də (D-vitamini, C vitamini və başqaları) rolu böyükdür. Bunlar kalsium və fosforun mübadiləsində iştirak etməklə, sümükləşmə prosesini tənzim edirlər.

## 14.5. QARACİYƏRİN BİOKİMYASI

Qaraciyər ən böyük parenximatoz orqandır. Onun çəkisi insan və heyvanlarda (at, inək, camış, donuz, qoyun, it, ada dovşanı) diri çəkinin 1,1 – 3,5 %-ni təşkil edir. Həzm üzvlərindən qana keçən bütün maddələr qarı venası sistemi ilə qaraciyərə daxil olur və orada müxtəlif dəyişikliklərə uğrayırlar. Burada qaraciyərdə kapilyar sisteminin zənginliyi mühüm rol oynayır. Belə ki, qaraciyərdən 1 sutkada 2000 l-ə yaxın qan keçir. Bunun 80 %-i qarı venası sistemindən və 20 %-i qaraciyər arteriyasından daxil olur.

Qaraciyərdə zülallar (hemoqlobin, qan plazmasının zülalları), yağlar, xolesterin, xolesteridlər, qlikogen, purin maddələri, aminturşuları, sidik cövhəri, hippur turşusu, efirkükürd və efirqlükuron turşuları və qeyri birləşmələr sintez olunur, vitaminlər toplanır, öd və bir sıra biokimyəvi komplekslər də əmələ gəlir.

Qaraciyərdə zülali maddələr, sulukarbonlar və yağların parçalanma prosesləri də törənir. Bu orqanda daimi oksidləşmə, reduksiya, dekarboksilləşmə, metilləşmə, metilsizləşmə, aminsizləşmə, təkrar aminləşmə, fosforlaşma, asetilləşmə və başqa çevrilmələr də törənir.

### 14.5.1. Qaraciyərin kimyəvi tərkibi

Qaraciyərdə orta hesabla 70 % su və 30 % quru maddə (cədvəl 33) vardır. Bu orqan suyun deposu hesab olunur. Müxtəlif işlərdə suyun miqdarı 80 %-ə çata bilər.

Quru maddənin çoxunu (50 %-ə yaxın) zülallar təşkil edir. Bunların 90 %-ə yaxını qlobulinlərin payına düşür.

## Kənd təsərrüfatı heyvanlarının qaraciyərinin kimyəvi tərkibi

Maddələr	Miqdarı, %	Maddələr	Miqdarı, %
Su	70	Xolesterin	0,3 – 0,5
Quru maddə	30	Natrium	0,2
		Kalium	0,3
Zülallar	13	Kalsium	0,01
Albuminlər	2	Xlor	0,3
Qlobulinlər	10	Maqnezium	0,02
Qlikogen	1,5 – 5,0	Dəmir	0,01
Qlükoza	0,1		
Yağlar	2,0		
Fosfatidlər	2 – 3		

Qaraciyərdə albumin və qlobulinlərdən başqa kollagen və nukleoproteidlər də vardır. Ribonuklein turşusu da çoxdur, dezoksiribonuklein turşusu isə nisbətən azdır. İnsanın qaraciyərində ribonuklein turşusunun (RNT) miqdarı 12 qrama və dezoksiribonuklein turşusunun (DNT) isə 4 qrama çata bilir (A. Fişer). Nuklein turşularının miqdarı heyvanlarda da təxminən bu nisbətədir. Camışların qaraciyərində nuklein turşularının miqdarı 65,3 mq %-ə (fosfora görə) bərabərdir. Bunun 47,9 mq %-ni ribonuklein turşularının və 15,2 mq %-ni isə dezoksiribonuklein turşularının fosforu təşkil edir (Q. B. Xəlilov, K. M. Əkbərov). Maraqlı zülallardan tərkibində 20 %-ə kimi dəmir saxlayan ferritinlərdir. Bunlar xromoproteidlər qrupuna mənsubdur. Belə zülalların varlığı dalax və sümük iliyində də aşkar edilmişdir.

Qaraciyərdə qlikogenin miqdarı 1,5 – 15 % arasında tərəddüd etdiyi halda, sulukarbonlarla, zəngin yemlərlə qidalanmada 20 %-ə kimi çata bilir. Aclıq zamanı qlikogenin miqdarı azalır, normal qidalanmada isə yenidən bərpa olunur. Toyuqlarda qlikogenin

miqdarı 15,3 %-ə, itdə 1,5 %-dən 19 %-ə və ada dovşanında 6,5 %-dən 16,9 %-ə kimi olur.

Qaraciyərin çəkisinin təxminən 5 %-ə yaxını lipidlərin payına düşür. Bunun 90 %-ni fosfatidlər, 10 %-ni neytral yağlar təşkil edir. Neytral yağların əmələ gəlməsində əsasən doymamış yağ turşuları iştirak edirlər.

Qaraciyərdə fosfatidlərdən lesitin, kefalin, inozitfosfatidlər, serinfosfatidlər, asetalfosfatidlər olur. Xolesterinə sərbəst və zülalla birləşmiş halda təsadüf edilir.

Fosfatidlər və steridlər qaraciyərdə sintez olunmaqla, maddələr mübadiləsində, xüsusilə yağların mübadiləsində fəal iştirak edir.

Qaraciyər fermentlərlə (proteaza, lipaza, amilaza, maltaza, xolesteraza, arginaza, fosforilaza, dezamidaza, karboksilaza, dehidrogenaza, sitoxromlar və qeyriləri) də zəngindir.

Qaraciyər maddələrin aralıq mübadiləsində mühüm rol oynayır. Bu orqanda qlikoliz, qlikogenin sintezi, yağların sintezi və oksidləşməsi də törənir. Mikrosomlar qan plazması zülallarının: fibrinogenin, protrombinin, albuminlərin və bəzi qlobulinlərin sintezi prosesi gedir. Yemlə zülallar çox qəbul edildikdə amin turşularının 60 %-ə qədəri qaraciyərdə qlikogenə çevrilə bilər. Bu proses, yəni qaraciyərdə sulukarbon mənşəli olmayan maddələrdən qlikogenin əmələ gəlməsi *qlikoneogenez* adlanır.

Yağlarda və suda həllolan vitaminlər (karotin, A, D, E, K vitaminləri, B qrupunun vitaminləri, nikotin turşusu) və başqaları qaraciyərdə toplanırlar. Vitaminlərdən insanın qaraciyərində ən çox olanı C və PP vitaminləri (15 mq %), pantoten turşusu (10 mq %), A vitamini (7,5 mq %) və qeyriləridir. Tiamin və biotin isə azdır (0,1 mq % və 0,3 mq %).

Bağirsaqalarda mübadilə nəticəsində yemlərin parçalanma-

sından əmələ gələn bir sıra zəhərli maddələr (krezol, fenol, indol, skatol və s.) qaraciyərdə zərərsizləşdirilir.

Qaraciyərin mineral maddələri müxtəlifdir. Xörək duzu, kalium xlorid, kalsium xlorid duzları ilə yanaşı bu orqanda çox miqdarda mis, kobalt, sink, manqan və başqa metallar da olur. Misin miqdarı təzə doğulmuş körpələrin qaraciyərində (10 – 16 mq %) yaşlılara (1,2 – 1,5 mq %) nisbətən çox artıq olur. Qaraciyərdə mineral maddələr, xüsusən ağır metallar da toplanır. Bəzi xəstəliklərdə ayrı-ayrı elementlərin miqdarı çoxalır. Hemoxromatoz zamanı qaraciyərdə dəmirin miqdarı təxminən 10 dəfə artaraq, 0,2 %-ə çatır.

Qaraciyər “universal kimya laboratoriyası” sayılır. Qaraciyərin müxtəlif funksiyalarının öyrənilməsində bir sıra göstəricilərin (şəkər və hippur turşusunun sintezi sınaqları, urobilin, bilirubin, aminturşularının təyini və qeyriləri) təyinindən geniş istifadə edilir.

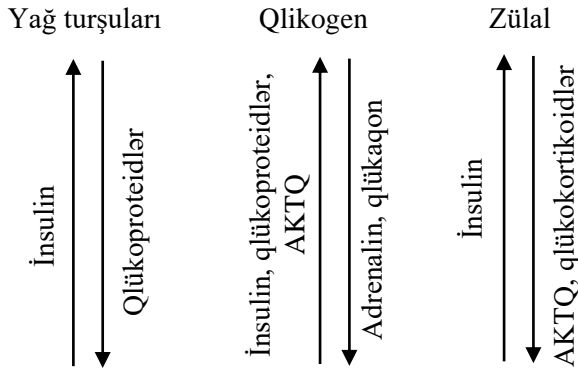
### **14.5.2. Qaraciyərin maddələr mübadiləsində rolu**

Qaraciyər maddələr mübadiləsində mühüm rol oynayır. Sulukarbonların mübadiləsindəki rolu qanda qlükozanın miqdarının sabit saxlanmasıdır. Bu da qaraciyərdə qlikogenin əmələ gəlməsinin və parçalanmasının nizamlanması yolu ilə olur. Bu prosesdə hormonların da rolu böyükdür. İnsulin qlükoza-6-fosfatının fəallığını azaldır və qlükozanın sintezini nizamlayır. Bununla da qlikogenin toplanmasına şərait yaradır. Qlükokortikoidlər isə zülallar və yağların sulukarbonlara çevrilməsinə şərait yaratmaqla, qaraciyərdə qlikogenin miqdarını artırır. Adrenokortikotrop hormon da qlikogenin çoxalmasına səbəb olur.



Adrenalin və qlükaqon fosforilazanı fəallaşdırmaqla qlikogenin parçalanmasına şərait yaradır. Noradrenalin və tiroksin də qlikogenin miqdarını azaldır.

Qaraciyərdə sulukarbonların mübadiləsinə hormonların təsirini sxematik belə göstərmək olar:



## Q L Ü K O Z A

Qaraciyərdə qlikogenin mübadiləsinə kalium və natrium ionları da təsir edir. Kalium qlikogenin sintezini, natrium isə parçalanmasını artırır (Xastinqs).

Qaraciyərdə qlikogen nəinki qlükozadan, həmçinin piroüzüm və süd turşularından, fruktozadan da sintez olunur.

Qaraciyər yağların da mübadiləsində iştirak edir. Yağların həzmi və sorulması üçün lazım olan öd qaraciyərdə əmələ gəlir. Ödün 90 %-ni su təşkil edir. Quru maddə zülallardan, lipidlərdən (lesitin, xolesterin və s.), öd turşularından, öd piqmentlərindən (bilirubin) və başqa birləşmələrindən ibarətdir. Bunların içərisində əsas yeri öd turşuları (xol, qlikoxol, dezoksixol, xenodezoksixol turşuları) tutur. Öd turşuları qaraciyərdə xolesterindən əmələ gəlir. Xolesterinin təxminən 80–90 %-i bu məqsəd üçün istifadə olunur.

Yağların aralıq mübadiləsində də qaraciyərin rolu az deyil-

dir. Yağların parçalanmasında qaraciyər mühüm rol oynayır. Belə ki, bu proses üçün lazım olan koenzim A-nın ehtiyatə əsasən qaraciyərdə saxlanılır. Qaraciyərdə koenzim A-nın miqdarı əzələlərə nisbətən 20 dəfə və böyrəklərə nisbətən 2 dəfə çox olur. Qaraciyər aseton cisimciklərinin də əsas sintez yeri sayılır. Qaraciyərdə yağların miqdarı onun çəkisinin 2 %-nə çata bilər. Lakin patoloji hallarda (fosfolipidlərin sintezi pozulduqda, yağların parçalanması azaldıqda və s.) bu miqdar kəskin arta bilər. Buna *qaraciyərin yağ infiltrasiyası* deyilir.

Palmitin turşusunun 60 %-i yalnız qaraciyərdə oksidləşir.

Qaraciyərdə xolesterin də sintez olunur. Onun bir qismi öd turşularına çevrilir və bir qismi də yağ turşuları ilə birləşib xolesterinin efirlərini (xolesteridləri) əmələ gətirir. Bunlar da sonra qana keçirlər. Ona görə də qanda xolesterinin miqdarını təyin etməklə qaraciyərin bu funksiyası haqda mühakimə etmək mümkündür.

Qaraciyər sutkada 2 q xolesterin sintez edə bilər. Qaraciyərdə başqa steroid təbiətli maddələr də (böyrəküstü vəzlərin qabıq hissəsinin hormonları, cinsiyyət hormonları və s.) dəyişikliklərə uğrayır. 17-ketosteroidlərə çevrilərək sidiklə ayrılırlar.

Qaraciyər zülalların həm sintezində və həm də parçalanmasında iştirak edir. Qan plazması albuminlərinin hamısı, alfa-qlobulinlərin 90 %-nə kimi və beta-qlobulinlərin 50 %-i qaraciyərdə əmələ gəlir. Qamma-qlobulinlərin sintezi isə sümük iliyində gedir. Sağlam qaraciyərdə sutkada 18 qrama qədər albumin sintez olunur. Protrombin, fibrinogen, prokonvertin, proakselerin kimi qiymətli zülallar da bu üzvdə əmələ gəlir.

Qaraciyərin zülalları 7 gün ərzində təzələnir. Bu proses yəni zülalların təzələnməsi başqa üzvlərdə ləng gedir, 17 gün və daha artıq çəkir.

Zülalların parçalanması sayəsində əmələ gələn aminturşu-

larının aminsizləşmə prosesində də qaraciyərin rolu böyükdür. Aminsizləşmədə ayrılan ammoniyak qaraciyərdə sidik cövhərinin sintezi yolu ilə zərərsizləşir. İnsanda sidik turşusunun da əsas qismi qaraciyərdə əmələ gəlir.

Qaraciyərdə təkrar aminləşmə prosesi də törənir. Bəzi aminturşuları bu üzvdə xüsusi çevrilmələrə uğrayırlar. Buna misal metionindən xolinin əmələ gəlməsini və başqalarını göstərmək olar. Qaraciyər yağda həllolan vitaminlərin mübadiləsində də iştirak edir. Öd A, D, E və K vitaminlərinin bağırsaqdan sorulmasına şərait yaradır. Karotinlər, A və K vitaminləri, tiamin, riboflavin, B<sub>12</sub> vitamini, nikotin turşusu və başqa vitaminlər də qaraciyərdə toplanır. B<sub>12</sub> vitamininin miqdarı qaraciyərdə daha çoxdur. Ona görə qaraciyərin xəstəliklərində qanda bunların miqdarı azalır.

Qaraciyər müxtəlif maddələrin (histamin, xinin, morfin, sulfanilamidlər, novokain, fenollar, ammoniyak və s.) zərərsizləşdirilməsində də mühüm rol oynayır.

Zərərsizləşmə oksidləşmə, reduksiyalaşma, metilləşmə, asetilləşmə və başqa yollarla gedir. Nəticədə neytral (indefeferent) cüt (və ya qoşa) birləşmələr əmələ gəlir. Zərərsizləşmə sintetik yolla da törənir. Buna misal qaraciyərdə sidik cövhərinin sintezi nəticəsində ammoniyakın zərərsizləşməsini göstərmək olar.

Bağırsaqda çürümə nəticəsində mikrofloranın təsiri ilə bəzi aminturşularından (fenilalanin, tirozin, triptofan) toksiki maddələr (fenol, krezol, skatol, indol) əmələ gəlir. Bunlar qanla qaraciyərə aparılaraq, orada kükürd və qlükuron turşuları ilə qoşa birləşmələr (indoksilkükürd və skatoksilkükürd turşuları, qoşa qlükuron turşuları və qeyriləri) əmələ gətirməklə zərərsizləşdirilirlər. Bu proseslərin getməsi üçün enerji tələb olunur. Bu işə adenozinüçfosfatdan (ATF) alınır. Qlükuron turşusu işə qlükozadan sintez olunur.

Qoşa birləşmələr müxtəlif turşuların duzları (indoksilkü-

kürd turşusunun kalium duzu və s.) şəklində sidiklə ayrılırlar.

Qlükuron turşusu öd piqmenti olan sərbəst bilirubinın zərərsizləşməsində də iştirak edir. Bu zaman bilirubinın mono- və diqlükuronoidləri əmələ gəlir. Steroid hormonlarının da çoxu qlükuronoidlər şəklində ifraz edirlər.

Öd rüşuları qlisin və taurinlə birləşmiş şəkildə olurlar. Belə çevrilmələr başqa birləşmələrdə də müşahidə olunur. Nikotin turşusu qlisinlə nikotinurturşusu əmələ gətirir. Bu da nikotin turşusu mübadiləsinin son məhsullarından olub, sidiklə ifraz olunur. Qlisin benzoy turşusu ilə birləşib, hippur turşusu da əmələ gətirir. Bunun əmələ gəlməsi qaraciyərin antitoksik funksiyasının göstəricisi ola bilər. Bu sınaq sadəliyinə görə klinikada geniş tətbiq olunur.

Metilləşmə yolu ilə zərərsizləşməyə misal PP vitaminindən N metilnikotinamidin əmələ gəlməsini göstərmək olar. Asetilləşmə qaraciyərdə daha şiddətli gedir. Qaraciyərdə koenzim A-nın miqdarının çoxluğu da bununla izah olunur. Sulfanilamid preparatları da koenzim A-nın iştirakı ilə asetilləşmə yolu ilə zərərsizləşdirilirlər.

Reduksiyalaşma ilə zərərsizləşməyə misal xloralhidratın üçxloretil spirtinə çevrilməsini göstərmək olar.

Oksidləşmə yolu ilə aromatik karbohidrogenlər müvafiq karbon turşularına çevrilməklə zərərsizləşirlər.

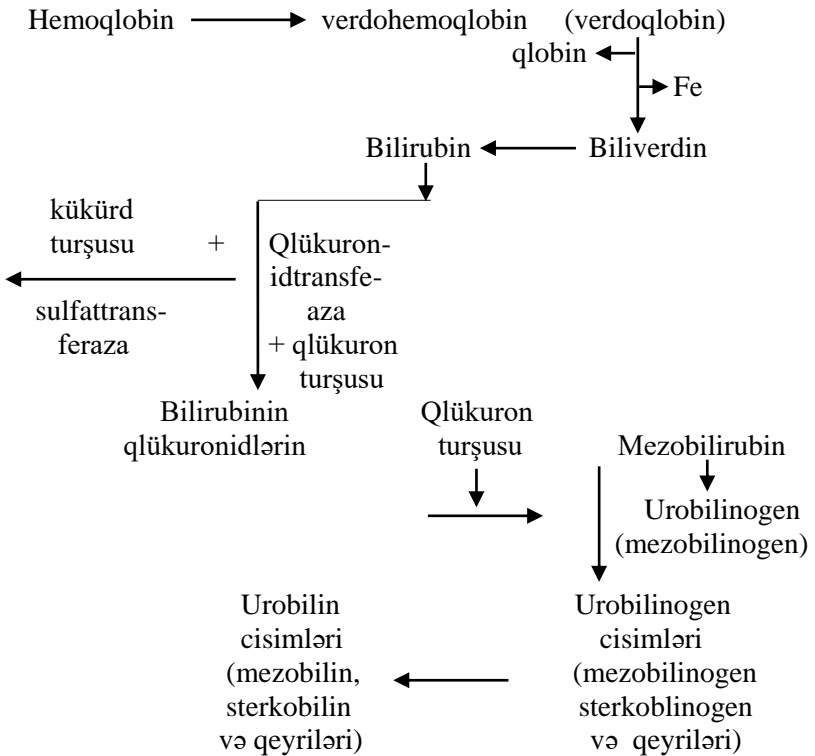
Qüvvətli təsir edən fizioloji fəal maddələr (adrenalin, histamin və başqaları) da aminoksidazaların (mono- və diaminoksidaza) təsiri ilə oksidləşərək, zərərsizləşdirilirlər.

Qaraciyər bir sıra hormonların qeyri-fəal hala keçməsində də iştirak edir. Bu da onları fəallığı az olan maddələrə çevirmək yolu ilə olur. Buna misal estradiolun az fəal estrona və estriola keçməsini, steroid hormonlarının qeyri-fəal qlükuronidlərə və sulfatlara çevrilməsini göstərmək olar. Lakin bəzi hormonlar (estro-

genlər) dəyişikliyə uğramadan ödlə ayrılırlar. Bütün göstərilən misallardan aydın olur ki, qaraciyərin antitoksik funksiyası da çox mühümdür, onun əsas rollarından sayılır.

Qaraciyər müxtəlif pıqmentlərin həm sintezində və həm də parçalanmasında iştirak edir. Onlardan əsasən tərkibində dəmir olan pıqmentləri: hemoqlobini, mioqlobini, sitoxromları və qeyrilərini göstərmək olar.

Hemoqlobinin parçalanması retikulo-endotelial hüceyrələrdə, xüsusilə kupfer hüceyrələrində törənir. Bu proses sxematik olaraq belə gedir.



Bilirubin urobilinogenə əsas çevrilmə yeri bağırsaqdır. Sterkoblinogen kalla (nəcislə) ifraz olunur. O havada oksidləşərək, sterkoblinə çevrilir və kalın əsas piqmentlərindən sayılır.

Sterkoblinogenin az qismi qanla böyrəklərə və oradan da sidiyə keçir. Ona görə də sterkoblinogen az miqdarda sidikdə də olur.

Bilirubin əsas hissəsi sterkoblinogenə çevrilir, az qismi isə dəyişikliyə uğramadan kalla ayrılır.

Bir sıra patoloji hallarda (sarılıq və s.) öd piqmentlərinin mübadiləsi pozulur, qanda bilirubin miqdarı artır (hiperbilirubiniya), nəticədə bilirubin sulfatları şəklində ayrılır.

Qaraciyər hemoqlobinin sintezində də iştirak edir. Ona görə də onun xəstəliklərində hemoqlobinin əmələ gəlməsi də pozulur.

Hemoqlobinin parçalanması nəticəsində ayrılan dəmir yenidən yeni xromoproteidin–ferritin sintezi üçün istifadə olunur. Bu zülalda 23 %-ə yaxın dəmir vardır. Ona görə də ferritin dəmirin deposu sayılır. Bu da yenidən transferrin şəklində sümük iliyində hemoqlobinin sintezində istifadə edilir.

Göstərilənlərdən aydın olur ki, maddələr mübadiləsində qaraciyərin rolu çox böyükdür. Bu isə yüzlərlə müxtəlif biokimyəvi, kliniki-fizioloji sınaqlarla müəyyənləşdirilir. Bunların köməyi ilə qaraciyərin funksiyalarının vəziyyəti təyin olunur.

## **14.6. BÖYRƏKLƏRİN BİOKİMYASI**

Böyrəklər bir sıra mühüm vəzifə daşıyan üzv sayılır. Hüceyrələrdə maddələr mübadiləsi nəticəsində əmələ gələn son məhsullar qanla böyrəklərə aparılaraq, sidik şəklində ifraz olunur.

lar. Sidik böyrəklərdə əmələ gəlir.

Böyrəklər orqanizmdə suyun, osmos təzyiqinin, hidrogen ionlarının qatılığının, elektrolitlərin və qanın tərkibinin sabitliyinin saxlanması, kreatin və histaminin biosintezində də iştirak edirlər. Bu proseslərin icrası böyrəklərin morfoloji quruluşu, kimyəvi tərkibi və onlarda gedən biokimyəvi çevrilmələrlə əlaqədardır.

Böyrəklərin 83 %-ni su və 17 %-ni quru maddə təşkil edir. Sonuncunun çox müxtəlif zülallardan (qlobulinlər, nukleoproteidlər, proteinoidlər və qeyriləri) ibarətdir. İnaəyin böyrəklərində zülalların miqdarı 12,8 %, camışda 12 %-ə bərabərdir.

Böyrəklərdə çəkisinə nisbətən çox qida maddələri və oksigen istifadə olunur. İnsan qəbul etdiyi oksigenin 8 – 10 %-i böyrəklərdə oksidləşmə proseslərinə sərf edilir. Buna görə maddələr mübadiləsi də şiddətli gedir. Qabıq təbəqəsində beyin maddəsinə nisbətən tənəffüs prosesi daha sürətlə gedir.

Böyrəklərin enerjiyə olan təlabatı sulukarbonların oksidləşməsi hesabına ödənilir. Bu üzvlərdə asetosirkə turşusu da çox istifadə olunur. Asetosirkə turşusu yağ turşularının beta-oksidləşməsi yolu ilə əmələ gəldiyindən böyrəklərdə yağların ehtiyat enerjisindən istifadə edildiyini güman etmək olar.

Böyrəklərdə azotlu maddələrin çevrilmələri də şiddətli gedir. Bu da heyvanın növündən də asılıdır. İnaəyin böyrəyində qalıq azotu ümumi azotun 13 %-ni təşkil etdiyi halda, camışda 17,3 %-ə bərabərdir. Böyrəklərdə adenil turşusu, aminturşuları və xüsusilə qlütamindən ammoniyak da əmələ gəlir. Ammoniyakın əmələ gəlməsi orqanizmdə turşu-qələvi müvazinətinin saxlanması (turş məhsulları neytrallaşdırmaqla) mühüm rol oynayır.

Böyrəklərə arteriya damarları ilə daxil olan qan onları qida maddələri ilə təmin etməklə, lazımsız məhsullardan da sidiyin

əmələ gəlməsi ilə azad edir.

Sidiki nefronlarda əmələ gəlir. Nefronların sayca çoxluğu (2 milyona yaxın), onların kanallarının uzunluğu (70 – 100 km) və sahəsinin böyüklüyü (1,5 kv. metr) böyrəklərdən 1 sutka ərzində insanda 1400 – 1900 l qanın keçməsinə imkan verir. Bunun nəti-cəsində qanla böyrəklərə gətirilən mübadilənin son məhsulları qan plazmasının ultrafiltratı və ya ilk sidik şəklində (180 l) ayrılır. Bunun təxminən 99 %-i geri, yenidən qana sorulur, yalnız 1 %-i son sidik şəklində orqanizmdən kənar edilir. Beləliklə qan plaz-masının tərkibi sidiyin tərkibindən kəskin fərqlənir (cədvəl 34).

Cədvəl 34.

Qan plazmasının və sidiyin tərkibi (%-lə)

Maddələr	Plazma	Sidik	Qatılığın dəyişməsi
Su	90 – 93	95	–
Zülallar	7 – 9	–	–
Qlükoza	0,1	–	–
Sidik cövhəri	0,03	2	60
Sidik turşusu	0,004	0,05	12
Kreatinin	0,001	0,075	75
Natrium	0,30	0,35	1
Kalium	0,02	0,15	–
Maqnezium	0,0025	0,036	2
Kalsium	0,008	0,015	2
Ammonyak	0,001	0,04	40
Fosfatlar	0,009	0,15	16
Sulfatlar	0,002	0,18	90
Xloridlər	0,37	0,60	2

İlk sidiyə suda həllolan kiçik molekullu birləşmələr (qlüko-za, sidik turşusu, kreatinin, natrium, kalium, fosfatlar və qeyriləri)



keçirlər. Lakin onun 75 %-i nefronların proksimal kanalından geri sorulur.

İlk sidiyin miqdarı bir sıra amillərdən: əsasən böyrək kapillyarlarının qan təzyiqindən, fəaliyyət göstərən böyrək yumaqlarının sayından asılıdır.

Böyrəklərin fəaliyyəti sinir sisteminin və bəzi daxili sekreşiya vəzlərinin iştirakı ilə nizamlanır. Hormonlardan əsas rol oynayan antidiuretik hormon (və ya vazopressin) və aldosterondur. Vazopressin suyun rezorbsiyasını aqırtırmaqla, çox qatılmış sidiyin ifrazına səbəb olur. Adrenalin sidiyin və onunla ayrılan natriumun, xloridlərin miqdarını azaldır. Böyrəklərin özündə də hormonlar: renin və eritropoetin əmələ gəlir. Renin zülal təbiətli maddə olub, fermentativ fəallığa malikdir. Bunun təsiri ilə zərdab qlobulinlərindən olan hipertenzinogen damarları daraltmaq qabiliyyətinə malik olan hipertenzinə çevrilir. Eritropoetin tərkibində kobalt olan mukoproteiddir. Sümük iliyində qan doğurma prosesini nizamlayır.

### **14.6.1. Sidiyin kimyası**

Maddələr mübadiləsinin son məhsulları, zəhərli maddələr (fenollar və s.), dərman maddələri əsas etibarilə sidiklə ifraz olunur. Sidik mürəkkəb tərkibə malikdir. Onda zülalların, mineral maddələrin, sulukarbonların, yağların, hormonların, vitaminlərin və başqa maddələrin mübadiləsinin müxtəlif məhsulları vardır. Bunların sayı 150-dən az deyildir. Ona görə də sidiyin kimyəvi təhlili insan və heyvanlarda maddələr mübadiləsinin vəziyyətini təyin etməkdə, xəstəliklərin müəyyənləşdirilməsində, gedişinə nəzarət edilməsində, müalicənin səmərəliliyinin təyində və başqa hallarda mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Odur ki, hazırda xəstənin

müayinəsində sidiyin kimyəvi təhlili əsas yer tutur. Bu məqsədlə sutkalıq sidikdən istifadə edilməlidir.

İnsan və heyvanlarda sidiyin miqdarı müxtəlif olub (cədvəl 35), növdən, cinsdən, yaşdan, cinsiyyətdən, içilən suyun miqdarından, qidadan, ilin fəslindən və başqa amillərdən də asılıdır.

Cədvəl 35.

İnsan və heyvanlarda sutkalıq sidiyin miqdarı (l)

İnsan – 1,5 – 2	Q!oyun – 0,5 – 2,0
İnək – 6 – 23	Donuz – 2 – 6
At – 3 – 10	İt – 0,5 – 2,0
Camış – 4 – 24	Pişik – 0,2 – 0,5

Sidiyin miqdarının azalmasına *oliquriya*, çoxalmasına *poliuriya*, sidik ifrazının kəsilməsinə isə *anuriya* deyilir. Poliuriya qorxu zamanı, şəkərsiz diabetdə, anuriya böyrək xəstəliklərində, olıquriya sulu şişlərdə, ishalda, qan itirmədə və başqa hallarda müşahidə olunur.

### 14.6.2. Sidiyin fiziki-kimyəvi xassələri

İnsan və heyvanların təzə sidiyi şəffaf, axıcı mayedir. At da bir qədər bulanlıq olub, yapışqanlığa malikdir. Bu da fosfatlardan və musindən asılıdır. Sidiyin heyvanın növündən asılı olaraq, özünə məxsus iysi və rəngi vardır. İnsan sidiyi samanı-sarı ilə narıncı rəng arasında dəyişir. İtlərdə sarımsaq iysi verir.

Sidiyin rəngi onda olan pıqmentlərdən (uroxrom, urobin, uroeritrin, koproporfin, uroporfin və qeyriləri) asılıdır. Sidiyə sarılıq verən uroxromdur, açıq-gülü rəng isə urobinləndən asılıdır. Uroxrom güman edildiyinə görə triptofanın parçalanması nəticə-

sində əmələ gəlir, kimyəvi quruluşu hələ tam müəyyən edilməmişdir. Urobilin təzə ifraz edilmiş sidikdə işığın təsiri ilə bilirubinə bağırısaqda reduksiyalaşma məhsulu olan urobilinogendən əmələ gəlir. Uroeritrin sidiyə qırmızı rəng verir.

Sidiyin rəngi dərman maddələrinin və bəzi qidaların təsirinə də dəyişir. Piramidonun qəbulundan sonra sidik qızarır.

Təzə sidik havada tez dəyişilir. Oksidləşmə nəticəsində tündləşir, ammoniyak iysi verir, müxtəlif duzların (fosfatlar, uratlar) və üzvi maddələrin çöküntüsü əmələ gəlir.

Sidiyin xüsusi çəkisi müxtəlif heyvanlarda 1,010 – 1,070; osmos təzyiqi (depressiyası 0,5 – 5,0) 6 – 112 atmosfer, pH-ı 5,0 – 8,7 arasında tərəddüd edir (cədvəl 36).

Cədvəl 36.

#### Sidiyin fiziki-kimyəvi xassələri

	Xüsusi çəkisi	Depressiyası	pH
İnsan	1,010 – 1,025	1,2 – 1,6	5,6 – 6,2
At	1,025 – 1,060	1,8 – 2,0	7,2 – 8,8
Qaramal	1,025 – 1,050	1,2 – 2,0	7,7 – 8,7
Camış	1,018 – 1,045		7,2 – 8,4
Qoyun	1,020 – 1,070		
Donuz	1,010 – 1,040	1,0 – 1,5	6,5 – 7,8
İt	1,015 – 1,060	1,5 – 3,7	5,0 – 7,0

İnsan və heyvan çox su qəbul etdikdə osmos təzyiqi azalır. Osmoa təzyiqi sidikdə üzvi və qeyri-üzvi maddələrin miqdarından da asılıdır.

Sidiyin pH-ı otyeyən heyvanlarda zəif qələvi (pH 7,8 – 8,7), ətyeyənlərdə zəif turş (pH 5 – 7) və hər şey yeyənlərdə həm qələvi həm də turş, yaxud zəif turş olur. Qidada heyvan zülalları çox olduqda sidiyin reaksiyası turş olur. Çünki zülalların parça-

lanması və oksidləşməsi nəticəsində çox üzvi və qeyri-üzvi turşular (sulfat turşusu, fosfat turşusu) əmələ gəlir və turş duzlar ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  və qeyriləri) şəklində sidikdə ifraz edirlər. Bitki mənşəli qida çox qəbul edildikdə sulukarbonların artıq olması nəticəsində sidikdə qələvi metalların duzları ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{KHCO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  və başqaları) artır, qələvi reaksiyaya malik olur.

Sidik qaldıqda mikroorqanizmlərin ureazasının təsiri ilə sidik cövhəri ammonium duzlarına parçalandığından onun reaksiyası qələviləşir.

Sidiyin reaksiyası yemləmədən, işdən, xəstəlikdən asılı olaraq da dəyişir. Asetonemiyada, nefritlərdə sidik turşulaşır.

### 14.6.3. Sidiyin kimyəvi tərkibi

Sidiyin tərkibində olan müxtəlif maddələr daimi və ya müvəqqəti xarakter daşıyır. Daimi olan maddələr mübadilənin son məhsullarıdır. Müvəqqəti olan maddələr qida və su ilə daxil olurlar, yaxud dərman maddələridir.

Sidiyin daimi tərkib hissəsinə üzvi, qeyri-üzvi maddələr aiddir. Üzvi maddələr də özlüyündə azotlu və azotsuz birləşmələrə ayrılır.

Sidiyin azotlu maddələrinə (cədvəl ↓) sidik cövhəri, sidik turşusu, purin və pirimidin əsasları, allantoin, kreatin, kreatinin, hippur turşusu, aminturşuları, indikan, oksalat turşusu, ammoniyak və qeyriləri aiddir. Bunlar zülal mübadiləsinin son məhsullarıdır. Sidikdə bunların faizlə, ümumi azota görə və mütləq miqdarı təyin edilir.

İnsan və heyvanların sidiyində azotlu üzvi maddələrin miqdarı (%-lə)

	Ümumi azot	Sidik cövhəri	Sidik turşusu	Kreatinin	İndikan
İnsan	0,576	1,510	0,0370	0,0450	
İnək	0,479	0,173	0,0187	0,0090	0,0024
At	0,158	0,024	0,0239	0,0032	0,0036
Donuz	0,585	0,202	0,0057	0,0100	
İt	0,265	0,462	0,0059	0,0087	

Məməlilərin sidiyinin əsas azotlu maddəsi sidik cövhəri sayılır. Sidik cövhərinin azotu insanda, atda, donuzda, itdə sidikdə olan azotlu maddələrin azotunun 82–85%, qaramalda 74%, camışda 42% (P. P. Astanin), lakin quşlarda 11% təşkil edir. Atın sutkalıq sidiyində 75–150 q, inəkdə 60–100 q, itdə 3–10 q sidik cövhəri olur. Sidikdə sidik cövhərinin miqdarı yeməkdəki zülalların miqdarından, mübadilənin şiddətindən, qaraciyər və böyrəklərin fəaliyyətindən və başqa amillərdən asılıdır. İnsan və heyvan çox su qəbul etdikdə, daxili sekresiya vəzilərinin fəaliyyəti yüksəldikdə və qeyri hallarda sidik cövhərinin ifrazı çoxalır; əksinə sakitlik zamanı, yemdə karbohidratlar çox olduqda, qaraciyər və böyrəklərin xəstəliklərində azalır. Dəvəni az zülallı dietada saxladıqda sidik cövhərinin miqdarı 40 dəfə azala bilər.

Sidikdə purin və pirimidinin törəmələrindən sidik turşusu, allantoin, adenin, quanin, hipoksantin, ksantin, sitozin, urasil və timin olur. Purin əsaslarından əsas yer tutan sidik turşusu və allantoinindir. Sidik turşusuna sidikdə sərbəst və duzlar (uratlar-sidik turşusunun kalium və natrium duzları) şəklində 0,05–0,2 mq % miqdarında təsadüf edilir. Purin azotunun 2–16 %-ni sidik turşu-

sunun azotu təşkil edir. Sidik qaldıqda sidik turşusunun müxtəlif formalı kristalları çökür. Sağlam insan sidiklə sutkada 0,6–0,7 q sidik turşusu ifraz edir. Quşların sidiyində azotlu birləşmələrin əsasını, təxminən 57 %-ni sidik turşusu təşkil edir.

Purin azotunun çoxu (64–97 %) allantoinin payına düşür. Allantoin ən çox itin, donuzun, inəyin, atın, keçinin sidiyində, qoyunun sidiyində isə az olur.

Sidik turşusu və allantoin purin mübadiləsinin son məhsullarıdır.

Kreatin əzələlərdə zülal mübadiləsi nəticəsində əmələ gəlir. Bunun da çox hissəsi kreatininə çevrilir.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarının sidiyində kreatin və kreatinin daimi olur. Əzələlərin gərgin işi zamanı sidikdə kreatinin miqdarı artır. Bu isə kreatinin əmsalı (heyvanın 1 kq çəkisinə düşən sidikdən kreatin və kreatinin milliqramlarla miqdarı) ilə müəyyənləşdirilir. İnsanda kreatinin əmsalı 10–30; atda 6,8–7,5; itdə 8,4 və quşlarda 3,4-ə bərabərdir.

Sidikdə kreatin kreatininə nisbətən az olur. Kreatin körpə heyvanlarda, boğazlıq dövründə, əzələlərin distrofiyasında, aclıq zamanı, qıdada zülal çox olanda, sulukarbonlar azalanda və qeyri hallarda sidikdə artır.

Sidikdə kreatinin varlığı *kreatinuriya* adlanır. Bu hal ən çox skelet əzələlərinin xəstəliklərində müşahidə edilir. Bu zaman qan zərdabında kreatinin miqdarı 1,6 mq %-dən çox olur.

Sidikdə az miqdarda ammoniyak da olur. Bunun miqdarı ilə sidik cövhərinin arasında əks asılılıq vardır. Orqanizmdə turşular çoxaldıqda ammoniyak azalır, onların neytrallaşmasına sərf olunaraq, sidiklə duzlar (ammonium sulfat, ammonium oksalat, ammonium xlorid və s.) şəklində ifraz olunur. Bu da sidik cövhərinin sintezini azaldır.

Sidikdə ammonyakın mütləq miqdarı atda 0,4 q-a yaxın, qoyunda 0,22 q, itdə 0,44 q olur. Konsentrat yemlər, asetonemiya, qaraciyərin sidik cövhərinin sintezinin azalması ilə gedən xəstəlikləri sidikdə ammonyakın çoxalmasına səbəb olur.

Hippur turşusu və ya benzoilqlisin ( $C_6H_5CO-NH-CH_2-COOH$ ) qaraciyərdə qlisinlə benzo turşusundan koenzim A-nın iştirakı ilə əmələ gəlməklə, ən çox otzeyən heyvanların və az miqdarda həşaratyeyənlərin sidiyində olur. At və inəyin sidiyində hippur turşusunun miqdarı 2,5 %-ə kimi olur, insanda isə 0,05 %-ə yaxındır. Hippur turşusunun miqdarı atın sutkalıq sidiyində 160 q, inəkdə 150 q, qoyunda 30 q və itdə 0,2 q-a çatır. Quşlarda hippur turşusunu ornitur turşusu əvəz edir. Bu da benzo turşusu və ornitindən əmələ gəlir.

Sidikdə çox az miqdarda fenasetur turşusu ( $C_6H_5CH_2CONHCH_2COOH$ ) da (atda 0,08–0,1 %, qaramalda 0,2 %) vardır.

Aminturşularından (sərbəst və birləşmiş formada) sidikdə tirozin, histidin, sistin, sistein, leysin, qlisin, ən çox qlutamin və asparagin turşuları, qlutamin, alanin və başqaları, aminlərdən: tiramin, histamin, etilamin, trimetilamin və qeyriləri olur. Bunların da miqdarı azdır. İnsanın sidiyində sutkada 1,1 q aminturşuları, o cümlədən 0,2 q-a kimi histidin ayrılır. Camışın sutkalıq sidiyində çoxluğu histidin (0,49 q), fenilalanin (0,46 q), asparagin (0,35 q) və qlutamin turşuları təşkil edir (R. N. Allahverdiyev).

Sidikdə aminturşularının miqdarı normadan artıq olduqda *aminoasiduriya* adlanır.

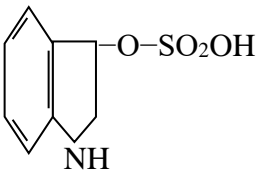
Azotsuz üzvi maddələrdən sidikdə quzuqulaq, piroüzüm, süd, asetosirkə, qlükuron, kəhrəba, qarışqa, sirkə, propion, yağ, valerian turşularına təsadüf edilir. Quzuqulaq turşusu kalsium duzu şəklində olmaqla, sidik çöküntülərinin və daşlarının daimi

tərkib hissəsidir.

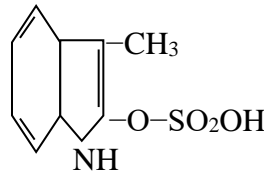
Qlükuron turşusu fenol, indol, skatol və qeyrilərinin efir-  
ləri, dərman maddələrinin (kamfora, mentol, xloralhidrat, skipidar,  
antifebrin və s.) birləşmələri şəklində olur. Dərman maddələrinin  
qəbulundan sonra sidikdə qoşa qlükuron turşularının miqdarı  
çoxalır.

Heyvanların sidiyinin tərkib hissəsinə fenol və parakrezol  
da aiddir. At və inəyin sidiyində fenolun miqdarı 0,09–0,12 %-ə  
çatır. Fenol ( $C_6H_5OH$ ) və parakrezol ( $C_6H_4CH_3OH$ ) yoğun bağır-  
saqda zülalların çürüməsindən əmələ gəlir.

Efiəkükürd turşularından sidikdə fenolkükürd  
( $C_6H_5OSO_2OH$ ), krezolkükürd ( $C_6H_4CH_3OSO_2OH$ ), indoksilkü-  
kürd, skatoksilkükürd, hidroxinonkükürd turşularına və qeyrilərinə  
təsadüf olunur. Bunlar qaraciyərdə sintez olunmaqla zəhərli məh-  
sulları (fenol, krezol, indol, skatol və başqaları) neytrallaşdırırlar.  
Bu birləşmələrin sidikdə miqdarı bağırsaqda çürümə prosesi şid-  
dətləndikdə artır.



İndoksilkükürd  
turşusu



Skatoksilkükürd  
turşusu

İndoksilkükürd turşusunun kalium və natrium duzları indi-  
kan adlanır. İndoksilkükürd və skatoksilkükürd turşuları triptofan-  
dan əmələ gəlir. Sancılar və bağırsağın keçməməzliyində sidikdə  
indikanın miqdarı kəskin artır.

Sidikdə sistin, taurin və onların yarımçıq oksidləşmə məh-



sulları şəklində neytral kükürdə də təsadüf edilir. Bu zülalların aralıq mübadiləsinin məhsuludur. Neytral kükürd sidikdə ümumi kükürdün insanda 16 %-ni, atda 25 %-ni, qoyunda 11–14 %-ni, ada dovşanında 21 %-ni təşkil edir.

Aromatik oksitürşulardan sidikdə p a r a o k s i f e - n i l s i r k ə ( $\text{HOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{COOH}$ ), p a r a o k s i f e n i l p r o - p i o n ( $\text{HOC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) və homogentizin turşuları ( $\text{HOC}_6\text{H}_3\text{OHCH}_2\text{COOH}$ ) olur.

Sidikdə olan maddələrin bəziləri (qlükozanın izi – 18 %, kreatinin–26 %, purin törəmələri – 8 % və s.) reduksiya qabiliyyətinə malikdirlər. Bunlar oksidləri reduksiya etməklə, özləri oksidləşirlər.

Sidikdə vitaminlərə, hormonlara və fermentlərə təsadüf edilir. Onlardan askorbin turşusu, tiamin, riboflavin, piridoksin, sianokobalamin, follikulin, estradiol, prolan, estriol, androsteron, adrenalin, kortikosteron, proteaza, lipaza, amilaza və başqalarını göstərmək olar. Sağlam insan sidiklə sutkada 20–40 mq C vitamini, 5 mq PP vitamini ifraz edir.

Sidikdə mineral maddələr də vardır. İnsan sidiklə sutkada 15 – 25 q mineral duzlar ifraz edir. Bunlara natriumun, kaliumun, kalsiumun, maqneziumun və ammoniumun xlorid, karbonat, fosfat və kükürd turşuları ilə normal, turş və əsasi duzlarını misal göstərmək olar. Kaliuma ən çox fosfatlar ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) və xlorid (KCl) şəklində təsadüf edilir. Bunların sidiklə ifrazı ötlə qidalandıqda çoxalır, bitki məhsullarının qəbulunda isə azalır. Sidikdə kaliumun miqdarı natriuma nisbətən 1,5 dəfə az olur.

Sidikdə mineral duzlardan natrium xlorid, natrium dihidrofosfat, natrium hidrofosfat, natrium hidrokarbonat, kalsium fosfat, kalsium dihidrofosfat, kalsium karbonat, maqnezium hidrofosfat, maqnezium dihidrofosfat və başqaları da vardır.

Turş sidikdə birəvəzli fosfatlar və kalsiumun turş duzları çoxluq təşkil edir. Sidikdə duzlardan ən çox olan xloridlərdir.

Sidikdə az da olsa mikroelementlər (sink, kobalt, mis, yod, fluor və qeyriləri) də vardır.

Kükürd sulfatlar və kükürd turşusunun mürəkkəb efirləri şəklində olur. Kükürdün ümumi miqdarının çoxu (atda 75%, pişikdə 66 %, itdə 52 %) sulfatlar şəklində ifraz olunur.

Sidikdə mineral duzlar arasında müəyyən müvazinət yaranır. Belə ki, bəziləri (məs: xloridlər) çoxaldıqda, digərləri (məs: fosfatlar) azalır.

Sidiyin mineral maddələri asidoz və alkaloz zamanı kəskin dəyişikliyə uğrayırlar. Asidoz zamanı xloridlər, ammonyak, turşuluq çoxalır, natrium, kalium və başqa kationlar azalır. Alkalozluq zamanı göstərilənlərin əksi müşahidə edilir.

#### **14.6.4. Sidiyin patoloji tərkib hissələri**

Müxtəlif xəstəliklərdə (diabet, asetonemiya, nefrit, osteomalasiya və s.) sidikdə bir sıra maddələrə (qan, hemoqlobin, zülallar, öd turşuları, qlükoza, aseton cisimləri və s.) təsadüf edilir. Sidikdə qanın olmasına hematuriya, hemoqlobinin olmasına hemoqlobinuriya, qlükozanın ifrazına qlükozuriya, aseton cisimlərinin (aseton, asetosirkə turşusu və beta-oksiyağ turşusu) ayrılmasına asetonuriya, zülalların müşahidə edilməsinə proteinuriya deyilir. Proteinuriya zamanı ayrılan zülalın azı (33 %) albumin və çoxu (67 %) qlobulinlər, xüsusən alfa-qlobulinlərdir.

Qlükozuriya (pankreasın insulin istehsal etməsi pozulduqda) zamanı sidikdə qlükozanın miqdarı 5–8 %-ə çatır, bəzən daha çox olur. Ketonuriya zülal və yağ mübadiləsi pozulduqda,

hematuriya müxtəlif zəhərlənmələrdə baş verir.

Qidada sulukarbonlar çox olduqda sidikdə fruktoza, qalaktoza, laktoza və pentozalara da (arabinoza və s.) təsadüf edilir. Lakin bu daimi xarakter daşımır.

Sidikdə çöküntülərə və daşlara da təsadüf olunur. Müxtəlif xəstəliklər zamanı sidikdə həllolmuş şəkildə olan mineral duzların və üzvi turşuların duzlarının (uratlar, oksalatlar, tripelfosfat, karbonatlar və s.) bir qismi çöküntüyə keçir, sidik daşlarını (uratları, oksalatları, fosfatları, karbonatları) əmələ gətirirlər.

Turş sidikdə çöküntülərin əmələ gəlməsində əsas yeri sidik turşusunun natrium və kalium duzları, kalsium oksalat, turş kalsium fosfat, qələvi sidikdə isə kalsium fosfat, sidik turşusunun turş ammonium duzu, kalsium karbonat və başqaları tutur.

Sidik çöküntülərinin və daşlarının əmələ gəlməsində sidiyin müdafiə kolloidlərinin (musin) dəyişikliyə uğramasının böyük əhəmiyyəti vardır. Bu zaman suda həll olmayan birləşmələrin stabilliyi itir, çöküntüyə keçir.

Göstərilən maddələrin sidikdə varlığının və miqdarının təyini diaqnostik əhəmiyyətə malikdir.

## **14.7. SÜD VƏZİNİN BİOKİMYASI**

Süd vəzi körpələrin inkişafı üçün yeganə qida – süd istehsal edən üzvdür. Bu da yalnız laktasiya dövründə fasiləsiz fəaliyyət göstərir.

Süd vəzində boğazlıq dövründən başlayaraq, ciddi dəyişikliklər gedir. Nuklein turşularının miqdarı kəskin (RNT-22 dəfə, DNT-5 dəfə) artır, oksigen çox udulur, tənəffüs fermentləri ciddi fəallaşır. Məsələn, qlükoza-6-fosfat-dehidrogenazanın fəallığı təx-

minən 100 dəfə artır. Sulukarbonların parçalanmasında pentoza-fosfat sikli üstünlük təşkil edir. Bu da yağ turşularının əmələ gəlməsi üçün lazım olan NADF-la təminatı yaxşılaşdırır. Yağ turşularının və zülalların biosintezi sürətlənir.

Süd istehsalında bütün üzvlər, xüsusilə qaraciyər iştirak edir. Qanda müxtəlif qida maddələri (zülallar, polipeptidlər, amin-turşuları, qlükoza, lipidlər, asetosirkə və asetoyağ turşuları və qeyriləri) süd vəzinə gətirilərək, bir hissəsi (vitaminlər, hormonlar, mineral maddələr) olduğu kimi, digər hissəsi isə çevrilməyə uğrayaraq, (cədvəl ↓) südün əmələ gəlməsi üçün istifadə olunur. Süd vəzində süd alveollarda, axarlarda və xüsusi ambarlarda daimi toplanır. Bir litr südün əmələ gəlməsi üçün inəyin yelnindən 400–500 litr qan keçməlidir.

Süd zülallarının (kazeinogen, laktalbuminlər və laktoqlobulinlər) 30–45 %-i qanla gətirilən aminturşularından və qalanı isə zərdab zülallarından, əsasən qlöbulinlərdən sintez edilir. Aminturşularının süd zülallarının sintezinə sərf edilməyən hissəsi aminsizləşir və onlardan əmələ gələn alfa-ketoturşular oksidləşərək energetik məqsəd üçün istifadə edilir, qalan hissəsindən isə yağlar, sulukarbonlar sintez olunur.

Cədvəl 38

İnəyin qan plazmasının və südünün tərkibi (%)

Maddələr	Qan plazması	Süd
Su	91,0	87,0
Qlükoza	0,05	–
Laktoza	–	4,7
Kazein	–	2,7
Albumin	3,2	0,4
Qlobulin	4,4	0,05

Aminturşuları	0,003	0,002
Yağ	0,2	3,9
Limón turşusu	izi	0,2
Kalsium	0,009	0,12
Fosfor	0,011	0,10
Natrium	0,34	0,05
Kalium	0,03	0,15
Xlor	0,35	0,11

Aminturşularından süd zülallarının əmələ gəlməsi məlum qaydada nuklein turşularının və adenozintrifosfatın iştirakı ilə gədir. Zərdab zülalları da (albumin və qamma-qlobulinlər) ya aminturşularına və yaxud polipeptidlərə qədər parçalanaraq, təkrar peptidləşmə yolu ilə süd zülallarının sintezi üçün istifadə olunurlar. Bu yolla süd zülalları çox az sintez edilir. Süd zülallarının sintezində qismən sirkə turşusu, qlükoza və bikarbonatlar da iştirak edir. Sağlam inəyin süd vəzində 1 dəqiqədə 0,6 q zülal sintez olunur, yaxud hər hüceyrədə 1 saniyədə 10000 molekul kazein əmələ gəlir.

Laktozanın (80 %-nin) sintezi üçün qlükozadan istifadə olunur. Qlükozanın bir hissəsi molekul daxili çevrilmə yolu ilə fermentlərin iştirakı nəticəsində qalaktozaya keçir. Bu prosesin gedişində adenozintrifosfat (ATF) və uridintrifosfat da (UTF) iştirak edir.

Laktozanın biosintezi sxematik olaraq belə gədir:

1. Qlükoza+ATF → qlükozafosfat+ADF
2. Qlükozafosfat+UTF → UDF-qlükoza+pirofosfat
3. UDF-qlükoza → UDF-qalaktoza
4. UDF-qalaktoza+qlükoza-1-fosfat → laktoza-1-fosfat+  
+UDF
5. Laktoza-1-fosfat → laktoza+fosfat turşusu

Sağlam inəyin süd vəzi hər dəqiqədə 0,8 q laktoza sintez edir, yaxud hər bir süd vəzi hüceyrəsində 1 saniyədə 4 milyon laktoza molekulu əmələ gəlir. Laktozanın əmələ gəlməsi üçün sulu-karbonların (süd turşusu) və bəzi aminturşularının parçalanma məhsulları (alfa-ketoturşular) əsasən istifadə edilmir. Laktozanın sintezində az da olsa (20 %) sirkə və propion turşularından da istifadə olunur.

Süd yağı qan plazmasında olan neytral yağlardan əmələ gəlir. Bu məqsəd üçün plazma neytral yağlarındakı iri molekululu yağ turşularının 65 %-i və müəyyən dərəcədə asetosirkə və beta-oksiyağ turşuları istifadə edilir. Kiçik molekululu yağ turşularından əsas yer tutan qanla gətirilən sirkə turşusudur. Bir litr südün əmələ gəlməsi üçün 7–8 q sirkə turşusu lazımdır. Bu məqsəd üçün qlükozadan da istifadə olunur. Yağların sintezi üçün ada dovşanı həm qlükoza və həm də sirkə turşusundan, gövşəyən heyvanlar əsasən sirkə turşusundan, sığovul isə qlikosadan istifadə edir. Gövşəyən heyvanlar (inək, camış, qoyun və qeyriləri) süd yağının sintezi üçün lazım olan sirkə sirkə turşusunu əsasən onların işgənbəsində mikroorqanizmlərin təsiri ilə sulukarbonların qıvcırması nəticəsində əmələ gələn sirkə turşusunun hesabına ödəyir.

Sirkə turşusu qliserinin sintezində də fəal iştirak edir. Bu məqsəd üçün qlükoza və propion turşusu da istifadə olunur.

Südü yağları tərkibcə qidanın və qan plazmasının yağlarından fərqlənir. Süd yağlarının turşularında karbon atomları cüt sayda olur. Lakin süd yağlarının turşuları ilə yem yağlarının turşuları arasında əlaqə də vardır. Belə ki, sonuncuların bir hissəsi dəyişikliyə uğramadan birincilərin sintezi üçün istifadə edilir. Bununla yanaşı yemdə və qanda olan yağların yağ turşularının müəyyən hissəsi süd vəzində dəyişilir: karbon atomlarının sayı azalır və hidrogensizləşir. Bunun nəticəsində həm 4-dən 18-ə və

daha çox karbonlu və həm də doymamış yağ turşuları əmələ gəlir. İri molekullu yağ turşularının sintezində işgənbədə qıvcırma nəticəsində əmələ gələn yağ turşusundan ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) və qlükozanın parçalanma məhsulu olan fəal sirkə turşusundan ( $\text{CH}_3\text{CO-SKoA}$ ) da istifadə edilir. Bu turşular fəallaşır və sonra qlisirlə birləşərək, südün neytral yağlarını əmələ gətirirlər.

Sağlam inəyin süd vəzi hər dəqiqədə 0,66 q yağ sintez edir, yaxud hər bir süd vəzi hüceyrəsində 1 saniyə ərzində 4,1 milyon yağ molekulu əmələ gəlir.

Süd vəzində zülalların, yağların və laktozanın biosintezi ilə yanaşı bəzi maddələr (vitaminlər, fermentlər, hormonlar, mineral maddələr və qeyriləri) olduğu kimi südün əmələ gəlməsi üçün istifadə olunaraq, onun tərkibinə daxil olurlar. Bu da sadəcə olaraq onların qandan süzülməsi ilə deyil, fəal fizioloji proses nəticəsində törəyir.

Süd vəzində laktasiya dövründə mübadilə prosesləri, xüsusilə sintetik proseslər çox şiddətli gedir.

Süd vəzində törənən biokimyəvi çevrilmələr (maddələr mübadiləsi və südün əmələ gəlməsi) daxili sekresiya vəzilərinin iştirakı ilə əsəb sistemi tərəfindən nizamlanır. Ona görə də mənfi, mənəvi təsirlərdən, ağrılardan qadının südü azalır, yelinin denervasiyası heyvanın südünün kəsilməsinə səbəb olur. Laktasiyada reflektor təsirin də rolu vardır. Heyvanlarda sağım qabağı aparılan əməliyyat südün ayrılmasını sürətləndirir.

Süd vəzində maddələr mübadiləsinin gedişini sxematik olaraq belə göstərmək olar:

Q a n	Süd vəzi	S ü d
Yağlar, betaoksibutirat, asetilasetat	<p>→ Yağ turşularının sintezi →</p> <p>↑</p> <p>→ NADF·H<sub>2</sub> ↑ Sirat sikli</p> <p>↓</p> <p>Asetil-KoA</p> <p>↑</p> <p>Piruvat</p> <p>→ Qliserin →</p> <p>←</p> <p>pentoza-fosfat sikli</p>	Yağlar
Qlükoza	<p>→ Qlükoza-6-fosfat</p> <p>↓</p> <p>Qlükoza-f → Qalaktoza → Laktoza</p>	→ Laktoza
Aminturşuları. peptidlər, immun zülalları	<p>→ Zülal sintezi →</p> <p>Kazein</p> <p>Laktalbumin</p> <p>Laktoqlobulin</p>	→ Zülallar
Kalsium Fosfor	→	Kalsium Fosfor
Vitaminlər	→	Vitaminlər

Süd vəzinin inkişafına və laktasiyaya hormonlar da təsir edir. Hipofizdə istehsal olunan laktogen hormon (və ya prolaktin) süd vəzinin inkişafının və südün əmələ gəlmə prosesini stimullaşdırır. İnsulin yağların sintezi üçün lazım olan asetatin mənimsənilməsini sürətləndirir. Laktasiya bu və ya digər yolla qalxanvari vəz, böyrəküstü vəzlər və qalxanvariətraf vəzi də təsir göstərir. Qalxanvari vəz çıxarıldıqda süd azalır, onun tərkibi dəyişilir: laktoza, yağ və qeyri maddələr azalır. Tiroksin və ya yodlu zülallar



laktasiyaya müsbət təsir göstərir. Südün miqdarına və tərkibinə bir sıra amillər (növlər, cinslər, fizioloji hal, iqlim, qida, yaş, laktasiya dövrü; sağımın üsulu; xəstəlik və qeyriləri) də təsir göstərirlər (M. İ. Tamarçenko, İ. M. Zaxarçenko, Q. S. İnixov, E. Novikov, İ. Popov, A. Solovyeva, Y. Y. Babayev, A. Ə. Ağabəyli, C. M. Axundov, M. H. Əliyev, İ. Hüseynov və başqaları).

### 14.7.1. Südün kimyəvi tərkibi və xassələri

Süd ağ sarıyaçalan, qeyri-şəffaf, şirintəhər tamlı, özünə-məxsus iysi olan mayedir. O, çoxkomponentli polidispers sistemdir. Xüsusi çəkisi 1,028–1,036 arasında tərəddüd edir, reaksiyası neytrala yaxındır (pH 6,6–7,0). Südün osmos təzyiqi 6,6-atmosferdir, elektrik keçiriciliyi  $46 \cdot 10^{-4}$  ( $38 \cdot 10^{-4}$ – $60 \cdot 10^{-4}$ ) oma bərabərdir. Özlüklüyü 20<sup>0</sup>S-də 1,75 santipuaza, səthi gərilməsi isə 20 din/sm-ə yaxındır.

Süddən müxtəlif zülallar, sulukarbonlar, neytral yağlar, fosfatidlər, sterinlər, vitaminlər, fermentlər, ekstraktiv üzvi maddələr; immun cisimləri, su, mineral maddələr və qazlar vardır (cədvəl 39).

Cədvəl 39.

İnsan və müxtəlif heyvanların südünün tərkibi (%-lə)

	Su	Zülal	Yağ	Laktoza	Duz
Qadın	88,0	2,0	3,2	6,5	0,3
İnək	87,3	3,4	3,8	5,0	0,7
Camış	83,0	4,6	7,4	4,2	0,9
Madyan	90,3	1,8	1,1	6,0	0,4
Qoyun	84,0	5,1	6,0	4,2	0,8

Donuz	82,4	6,1	6,4	4,0	1,1
Maral	65,0	10,9	17,1	2,8	1,5
Zebu	83,3	4,3	7,7	3,6	0,8
İt	77,0	9,7	9,3	3,1	0,9

Bu maddələr süddə körpələrin inkişafını tam təmin edəcək nisbətdə və miqdardadır. İnsan və heyvanların inkişafı ilə südün tərkib hissələri arasında müəyyən uyğunluq vardır. İnkişafı sürətlə gedən heyvanlarda (qoyun, it, ada dovşanı) süddə zülalın miqdarı çox (6,5–10,4 %), zəif gedən heyvanlarda (at, inək) və insanda isə az (1,6–3,5 %) olur.

Doğumun ilk günlərində (7 gün) ifraz edilən süd kimyəvi tərkibinə və xassələrinə görə adi süddən fərqlənir və ağız südü adlanır. Bu sarıyaçalan, qatı, zəif turş realsiyalı mayedir. Tərkibində albuminlərin və xüsusilə qlobulinlərin miqdarı kazeinə nisbətən 3–5 dəfə çoxdur. Ağız südündə zülalların çoxluğunun bir sıra heyvanlarda (at, inək, camış, donuz, qoyun və qeyriləri) böyük əhəmiyyəti vardır. Belə ki, bu heyvanlarda yeni doğulmuş balanın qanında ümumi qlobulinlərin (qamma-qlobulinlər) olmur. Onların bu dövrdə qamma-qlobulinlərə olan tələbi ağız südü ilə qəbul edilən çoxlu zülal, xüsusilə immun qlobulinləri hesabına ödənilir. Bununla da körpələr doğumun ilk günlərində yolxucu xəstəliklərdən qorunurlar. Ağız südündə lesitinin, fermentlərin miqdarı da artıqdır, laktoza və yağ isə az olur. Ağız südünün yağı doymamış yağ turşuları və A-vitamini ilə zəngindir. Ağız südündə karotinin miqdarı adi südə nisbətən 50–100 dəfə, A-vitamini 10 dəfə, D-vitamini 3 dəfə çoxdur. Mineral maddələrdən dəmir (10–17 dəfə), fosfat turşusu (2 dəfə), kalsium və maqnezium çox olur.

Südün zülallarına kazeinlər, alfa-laktoalbuminlər, zərđab albumini, beta-laktoqlobulin, lipoproteidlər, immun zülalları aid-

dir. Bunlardan vacibi kazeindir. Bu fosfoproteidlərdən olub, süd zülallarının 80 %-ni təşkil edir. Elektroforez zamanı 3-fraksiyaya: alfa-, beta- və qamma-kazeinə ayrılır. Bu fraksiyalar tərkiblərindəki fosforun miqdarına görə də fərqlənirlər. Alfa-kazeində 1 %, beta-kazeində 0,6 % və qamma-kazeində 0,1 % fosfor vardır. Ümumi kazeinin 70 %-ni alfa-forma, 25 %-ni beta-forma və 5 %-ni qamma-forma təşkil edir. Kazeinlər elektroforetik hərəkiliyinə və başqa xassələrinə görə də fərqlənirlər.

Kazeinlər suda mürəkkəb kazeinat: kalsium-fosfat kompleksləri şəklində olur. Bu komplekslər izoelektrik nöqtəsində turşuların təsiri ilə asan parçalanırlar.

Kazeinlər xarakterik turş zülallardan olduğundan qələvilərlə asan titrlənirlər. Bunlar dörd, beş və hətta səkkizəsəslı turşular qrupuna aid edilir.

Kazein molekulunda müxtəlif ionogen funksional qruplar: karboksil-, amin-, imidazol-, hidoksil-, guanidin qrupları və qeyriləri də vardır. Bu qruplara görə də kazein formaldehidlə, asetaldehidlə, laktoza, qlükoza və başqa maddələrlə də reaksiyaya girir.

Təzə süddə kazein həllolmuş (kazeinogenin kalsium duzu) şəklində olur və kazeinogen adlanır. Bunun tərkibində 0,9 %-ə yaxın fosfat turşusu vardır. Südü turşulaşdırdıqda (pH 4,5–4,7 olduqda) və ya şırdan fermentinin təsiri ilə kazeinogen həllolma qabiliyyətini itirir və həllolmayan kazein (kazeinin kalsium duzu) şəklində çökür. Bu çöküntü süddən ayrıldıqda qalan hissə süd zərdabı adlanır.

Kazein aminturşu tərkibinə görə (cədvəl 40) tam dəyərlı zülaldır.

Süd zülallarının aminturşu tərkibi (%)  
Qordon və Branda görə

Aminturşuları	Kazein	Alfa-lakto- albumin	Beta-lakto- albumin
Qlikokol	2,7	3,2	1,4
Alanin	3,0	2,4	7,4
Valin	7,2	4,7	5,8
Leysin	9,2	11,5	15,6
İzoleysin	6,1	6,8	8,4
Prolin	11,3	1,5	4,1
Fenilalanin	5,0	4,5	3,5
Sistin	0,3	6,4	2,3
Metionin	2,8	1,0	3,2
Triptofan	1,2	7,0	1,9
Arginin	4,1	1,2	2,9
Histidin	3,1	2,9	1,6
Lizin	8,2	11,5	11,4
Asp. turşusu	7,1	18,7	11,4
Qlü. turşusu	22,44	12,9	19,5
Serin	6,3	4,8	5,0
Treonin	4,9	5,5	5,8
Tirozin	6,3	5,4	3,8

Süddə beta-laktoqlobulinlər də çoxdur. Onun zülallarının 11 %-ni təşkil edir. Bu zülal bioloji cəhətdən çox qiymətlidir (cədvəl ↑). Südün qamma-qlobulinləri xassəcə qan zərdabının qamma-qlobulinlərinə bənzəyir.

Süd albuminləri və qlobulinləri istiliyə davamlıdır, 100<sup>0</sup>-yə kimi qızdırdıqda (neytral mühidə) pıxtalaşmırlar. Turşulaşmada isə çökürlər.

Alfa-laktoalbumin (cədvəl ↑) albumin tipli tam dəyərli zülaldır. Süd zülallarının 2,4 %-ni təşkil edir. İzonöqtəsi 5,12 –dir.

Zərdab albumini də buna yaxındır, izonöqtəsi 4,72-dir. Beta-laktoalbumin qlobulin tipli zülaldır, zəif və doymuş duz məhlullarında həll olur, pH 5,2 olduqda və 80<sup>0</sup>-də koaqulyasiya edir. Molekul çəkisi 42000-ə yaxındır, izonöqtəsi 4,5–5,5 arasındadır.

İmmun zülalları qan zərdabının qlobulinləri tipindədir. Bunlar beta-laktoqlobulinlərdən molekul çəkilərinin çoxluğu və tərkiblərində sulukarbonların (qlükoza və qlükozamin) varlığı ilə fərqlənirlər.

Lipoproteidlər yağ kürəcikləriörtüyündə olan zülal, fosfatidlər, xolesterin, qliserin və yağ turşularının çox zəif kompleksindən ibarətdir. Bunlar spirt təsirindən asan pozulur. Yağ kürəcikləri örtüyündə zülalların mis və dəmirlə də kompleksləri olur. Lakin bunlar kifayət qədər öyrənilməmişdir.

Süd zərdabı zülallarının tərkibində zülalların parçalanma məhsulu olan polipeptidlərə də rast gəlinir.

Süddə qeyri-zülal təbiətli azotlu maddələr də vardır. Onlardan sərbəst aminturşularını (2–3 mq %), sidik cövhərini, sidik turşusunu, allantoini, kreatini, purin əsaslarını, hippur turşusunu, xlorofil və başqalarını göstərmək olar. Bunların süddə miqdarı 0,05 – 0,2 % arasında tərəddüd edir. Madyan südündə inək südüne nisbətən çox olur.

Süd yağları emulsiya şəklində qliseridlərdən ibarət olub, tərkiblərində olein və palmitin turşuları çox, miristin, kefalinlər və sterinlər də vardır. Yağda həllolan vitaminlər: karotinlər, tokoferollar da yağ fraksiyasında olur.

Süddə vitaminlər də: A; E; D; K; B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; B<sub>6</sub>; B<sub>12</sub> vitaminləri və qeyriləri də vardır. Bunlardan çoxluğu təşkil edən A və B<sub>2</sub> vitaminləridir. D və E vitaminləri isə çox az olur. Süddə vitaminlərin miqdarı yayda və payızda qısa və yaza nisbətən çox olur. Papiros çəkən qadınların südündə C vitamini az olur və onlar C

vitaminini qəbul etdikdə də artmır (Venulet, Danış).

Süddə fermentlər də: katalaza, laktaza, fofataza, lipaza, amilaza, ksantinoksidaza, dehidrogenazalar və qeyriləri də olur. Süd qaynadıldıqda fermentlər pozulurlar.

Süddə hormonlardan tiroksin, adrenalin, insulin, cinsiyyət hormonları və qeyrilərinin varlığı müəyyən edilmişdir.

Südün sulukarbonlarından vacibi laktozadır, az miqdarda qlükoza da vardır. Laktoza kumılda, prostakvaşada süd turşusu qıçqırmasına uğradıqda süd turşusu əmələ gəlir. Bu disaxarid spirt, yağ turşusu və propion turşusu qıçqırmasına da uğrayır.

Süddə 0,2 %-ə yaxın limon turşusu da vardır. Bu birləşməyə əsasən kalsium (P. A. Kometiani), natrium və kalium duzları (Van-slayk, Bosvort) şəklində təsadüf edilir. Limon turşusu süddə duz müvazinətinin yaranmasında mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Südün mineral maddələri çox müxtəlifdir. Onlar kalsium, fosfor, natrium, maqnezium, dəmir, xlor və qeyriləri aid olub, miqdarları 0,00001-dən 0,1 % arasında tərəddüd edilir. Mikroelementlərdən manqan, mis, kobalt, yod, sink, litium, alüminium, nikkell, qalay, qurğuşun və qeyrilərinə təsadüf edilir. Camış südündə mikroelementlər (kobalt, mis, sink, dəmir) inək südünə nisbətən 2 dəfə çox olur. Südün mineral maddələrinin 26 %-i kalium duzlarının, 20 %-ə kimi kalsium duzlarının və 5 %-ə qədər natrium duzlarının payına düşür. Turşulardan əhəmiyyətli fosfat turşusudur. Bu, mineral maddələrin 20 %-ni təşkil edir. Mineral maddələrdən vacibi dəmirdir. Çünki bu hemoqlobinin sintezi üçün lazımdır.

Süddə müxtəlif qazlar da (1 litrdə 50–80 ml) vardır. Onlardan karbon qazı, oksigen və azotu göstərmək olar. Çox az miqdarda (1 ml/l) ammonyak da vardır. Süd qızdırıldıqda və sentrifuqlaşdırıldıqda onda qazların miqdarı azalır, sağımdan sonra isə artır.

## 14.8. YUMURTANIN KİMYASI

Məməlilərdən fərqli olaraq, quşlarda mayalanma yumurta hüceyrəsindən embrionun inkişafı ananın bədənindən xaricdə gedir. Bu məqsəd üçün embrion yumurtanın qida maddələrindən istifadə edir.

Yumurta xarici sərt təbəqədən – qabıqdan, ikiqatlı qabıqaltı təbəqədən, yumurta zülalından və sarısından ibarətdir. Bunlardan qabıq və qabıqaltı təbəqə yumurtanın ümumi çəkisinin (45 – 65 q) 11,5 %-ni, yumurta zülalı 58,5 %-ni və sarısı isə 30 %-ni təşkil edir.

Quş yumurtasının tərkibinə embrionun boy və inkişafını tam təmin edən bütün maddələr daxildir.

Quşların yumurtasında vitaminlər və müxtəlif fermentlər də vardır.

Yumurtanın əsas tərkib hissəsini, yəni onun 74 %-ni su təşkil edir. Sudan sonra ikinci yeri üzvi maddələr, xüsusilə zülallar (13 %) və yağlar (12 %) tutur. Sulukarbonların miqdarı 1 %-dən artıq deyildir. Qeyri-üzvi maddələrin miqdarı da 1 %-ə çatır (cədvəl 41).

Cədvəl 41.

Müxtəlif quşların yumurtasının kimyəvi tərkibi

Maddə	Toyuq	Hinduşka	Ördək	Qaz
Su	73,6	73,7	69,7	70,6
Quru maddə	26,4	26,3	30,3	29,4
Üzvi maddələr	25,6	25,5	29,3	28,2
Zülallar	12,8	13,1	13,7	14,0
Lipidlər	11,8	11,7	14,4	13,3
Sulukarbonlar	1,0	0,7	1,2	1,2
Qeyri-üzvi maddələr	0,8	0,8	1,0	1,2

Yumurthanın qabığının kimyəvi tərkibi başqa hissələrinin tərkibindən fərqlənir (cədvəl 42).

Cədvəl 42.

Yumurthanın müxtəlif hissələrinin kimyəvi tərkibi (%)

Maddələr	Qabıq	Zülal	Sarı
Su	1,6	87,9	48,7
Quru maddə	98,4	12,1	51,3
Üzvi maddələr	3,3	11,5	50,2
Zülallar	3,3	10,6	16,6
Lipidlər	izi	0,03	32,6
Karbohidratlar	–	0,9	1,0
Qeyri-üzvi maddələr	95,1	0,6	1,1
Fosfor	–	0,02	0,59
Kükürd	–	0,20	0,02

Qabığın çox hissəsini qeyri-üzvi duzlar və müəyyən hissəsini isə üzvi maddələr təkil edir. Qabıqaltı təbəqələrin üzvi maddələri zülallardan ibarət olub, keratinə yaxın tərkibə malikdir. Ovokeratində kükürdün miqdarı yumurthanın başqa zülallarına nisbətən 1,5–3 dəfə çoxdur. Qabığın mineral hissəsində də zülallar vardır. Bunlar sümük və qığırdaqda olan kollagen tipinə aid edilə bilər.

Qabıqaltı təbəqənin bəzən gülü rəngə çalması porfirin təbii piqmentlərin varlığı ilə əlaqələndirilir.

Yumurthanın qabığının rəngi iki piqmentdən: ooporfirindən (qırmızı-qəhvəyi) və oosiandan (göyümtül-yaşıl) asılıdır. Bunların tərkibində pirrol nüvəsi vardır. Qabıq piqmentlərinin tərkibcə qanın hemoqlobininə yaxın olduğu güman edilir.

Yumurthanın qabığının 95 %-i qeyri-üzvi maddələrdən iba-



rətdir. Onun 98 %-ni kalsium duzları (kalsium-karbonat), az miqdarda maqnezium və fosfor (maqnezium karbonat və maqnezium fosfat) təşkil edir, dəmir və kükürdün izi vardır.

Qabıqda müxtəlif mikroelementlərin də varlığı müəyyən edilmişdir. Onlardan yod, manqan, molibden, qurğuşun və başqalarını göstərmək olar.

Yumurta zülalının 88 %-i sudan ibarətdir. Ona görə də embrionun inkişafı üçün su ehtiyatı sayılır. Yumurta zülalının üzvi maddəsini əsas etibarilə proteinlər təşkil edir, az miqdarda karbohidratlar və mineral maddələr də vardır, lipidlərin isə izinə təsadüf olunur.

Yumurta zülalı əsasən 7 proteindən ibarətdir. Onlardan: ovalbumin, lizosim və qlobulin sadədir; konalbumin, ovomukoid, ovomusin və avidin mürəkkəbdir, qlükoproteidlərdəndir. Ovalbumin yumurta zülalının 50–75 %-ni, konalbumin 15 %-ni, ovomukoid 13 %-ni, ovomusin 7 %-ni, lizosim 3 %-ni və ovoqlobulin 2 %-ni təşkil edir. Bunların aminturşu tərkibləri ↓ cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 43.

Toyuq yumurtası zülallarının aminturşu tərkibi (%)

<b>Aminturşular</b>	Ovalbumin	Konalbumin	Lizosim	Ovomukoid	Vitellin	Fosvitin	Livetin
Alanin	5,7	4,4	5,8	2,3	4,0	1,5	6,2
Arginin	5,9	7,6	12,7	3,7	8,4	4,8	5,6
Asp. turşusu	9,2	13,3	18,2	13,0	8,1	4,4	3,0
Sistin		3,8	6,8	6,7	1,5	0,0	3,5
Qlü. turşusu	15,7	11,9	4,3	6,5	11,0	3,4	6,8
Qlisin	3,2	5,7	5,7	3,8	2,8	1,6	
Histidin	2,4	2,6	1,0	2,2	3,0	4,8	0,9
İzoleysin	7,1	5,0	5,2	1,4	5,3	0,5	
Leysin	9,9	8,8	6,9	5,1	8,6	1,0	10,6
Lizin	6,4	10,0	5,7	6,0	6,9	5,9	5,0

Metionin	5,4	2,0	2,1	1,0	2,8	0,3	
Fenilalanin	7,5	5,7	3,1	2,9	4,0	0,6	2,0
Prolin	3,8	4,9	1,4	2,7	4,4	1,0	2,2
Serin	8,5	6,3	6,7	4,2	11,2	33,0	
Treonin	4,0	5,9	5,5	5,5	4,7	1,4	
Triptofan	1,3	3,5	10,6	0,3	1,1	0,6	1,3
Tirozin	3,5	4,6	3,6	3,2	3,8	0,1	3,6
Valin	8,8	8,2	4,8	6,0	6,2	1,1	

Elektroforez üsulu ilə yumurta zülalında 10-dan artıq fraksiyanın varlığı müəyyən edilmişdir. Ovalbumin 2, ovoqlobulin 3 fraksiyaya ayrılı bilər.

Yumurta zülalında zülalsız azotlu maddələr də vardır. Bunlardan azotlu əsaslar 88,8 %, ammonyak 4,2 %, sərbəst aminturşuları 7 % təşkil edir, kreatininin isə izi vardır.

Yumurta zülalının sulukarbonları kifayət qədər öyrənilmişdir. Ovalbumindən mannoza və qlükozamindən ibarət sulukarbon ayrılmışdır.

Yumurta zülalında bir pıqment: suda həllolan ovoflavin vardır.

Yumurta zülalı başqa heyvan toxumalarından fermentlərin çox azlığı ilə fərqlənir. Onun tərkib hissələrindən fermentativ təsərə malik olan lizosimdir. Yumurta zülalında az miqdarda tributirinaza, peptidaza və katalaza vardır.

Mineral maddələrdən yumurta zülalında kükürd, kalium, natrium və xlorə təsadüf edilir. Bunların miqdarı yumurtanın sarısındakına nisbətən azdır. Kalsium da vardır, ovalbuminlə birləşmiş halda olduğu güman edilir.

Yumurta zülalında 20-yə yaxın mikroelementin varlığı müəyyən edilmişdir. Onlardan miqdarca çox olan güman edilir.

Yumurta sarısının kimyəvi tərkibi çox mürəkkəbdir. Onun tərkibində çoxluğu lipidlər təşkil edir. Yumurtada olan lipidlərin

99 %-i sarısında. Onların 62 %-i neytral yağlardan və 33 %i fosfatidlərdən (ovolesitin, ovokefalin, ovosfinqomielin) və 5 % sterinlər və serebrozidlərdən (ovofrenozin, ovokerazin) ibarətdir. Neytral yağların tərkibində çoxluğu olein (50 %) və palmitin turşuları (27 %) təşkil edir, linolen, stearin və linol turşuları azdır.

Yumurta sarısının əsas zülalı vitellindir. Bu fosfoproteidlərdən olub, qlutamin turşusu, serin, leysin, asparagin turşusu, arginin və lizininlə zəngindir, triptofan və sistin isə azdır (cədvəl ↑). Sarıda olan fosforun 30 %-i vitellinin tərkibindədir. Fosfitin zülalı da fosforla zəngindir. Bunda 9,7 % fosfor vardır. Aminturşularından ən çox olanı (33 %) serindir. Qalanları, xüsusilə tirozin, metionin, izoleysin, triptofan və fenilalanin çox azdır (cədvəl ↑).

Sarıda olan zülallara alfa-, beta- və qamma-livetinlər də aiddir. Bunlarda fosfor az, kükürd isə çoxdur. Sarıdakı kükürdün təxminən 30 %-i livetinlərdədir. Yumurta sarısında ovovitellomukoid də vardır. Bu xarci görünüşcə mukoidə bənzəyir. Lakin kimyəvi təbiəti öyrənilməmişdir.

Yumurta sarısının zülalları lipidlərlə kompleks birləşmələr şəklindədir.

Sarının sulukarbonları mannoza və qlükozamindən ibarət olub, zülallarla birləşmişdir.

Yumurtanın sarısında fermentlər də (tributirinaza, peptidaza, katalaza, amilaza, fosfataza) vardır. Tributirinaza və amilaza livetinlə birləşmiş haldadır.

Fermentlərin miqdarı yumurtanın sarısında zülalına nisbətən çoxdur. Bunların hər ikisində oksidləşdirici fermentlər yoxdur.

Yumurta sarısının mineral maddələrinin miqdarı 1 %-ə yaxındır. Bu da embrionun toxumalarının formalaşmasında istifadə olunur.

Mineral maddələrdən sarıda fosfor çox olur. Onun 61 %-i

lesitindədir. Sarıda kalsium, maqnezium, xlor, kalium, natrium da vardır. Kükürd və dəmir az miqdardadır. Dəmir qeyri-üzvi birləşmələr və kükürd isə üzvi maddələr şəklindədir.

Yumurtanın sarısında 22-mikroelementin olması aşkar edilmişdir. Onlardan flüor, yod, mis, sink, alüminium, manqan, molibden və qeyrilərini göstərmək olar.

Yumurta sarısının rəngi iki piqmentin – ksantofil və karotinin varlığından asılıdır. Ksantofil karotinə nisbətən 2 dəfə çox olur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Афонский С. И. Биохимия животных. Москва 1970.
2. Чечеткин А. В., Головацкий И. Д., и др. Биохимия животных. М., Высшая школа, 1982.
3. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3т. – Москва. Мир, 1985.
4. Xəlilov Q. B. Heyvan biokimyasının əsasları. Bakı. 1987. Maarif.
5. Həsənov Ə. S., Rzayev N. A., İslamzadə F. Q., Əfəndiyev A. M. Bioloji kimya. Bakı 1989.
6. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия.- Москва. Медицина, 1990.
7. Кононский А. И. Биохимия животных. Москва 1992.
8. Филиппович Ю. Б. Основы биохимии. Москва. Агар, 1999.
9. Кольман Я., Рем К. Г. Наглядное биохимия –Москва. Мир, 2000.
10. Северин Е. С., Алейникова Т. Л., Осипов Е. В. Биохимия.-Москва. Мир, 2000.
11. Рыбальченко В. К. Физиология и биохимия пищеварения животных и человека. Москва 2002.
12. Северин Е. С., Алейникова Т. Л., Осипов Е. В. Биохимия. - Москва. Медицина. 2003.
13. Эллиот В., Эллиот Д. Биохимия и молекулярная биология. - Москва. Мир, 2003.
14. Зайцев С. Ю., Конопатов Ю. В. Биохимия животных. Москва 2005.
15. Ковалевский Н. И. Биологическая химия. Москва. Академия 2008.

16. В. В. Рогожин. Биохимия животных. Москва 2009.
17. Yusifov N. M., Daşdəmirov K. Ş. Biokimyadan xülasə. – Gəncə. Araz, 2010.
18. Mövsümov E. M., Yusifov N. M. Qida kimyası. – Bakı, MVM. MMC - 2010.
19. Хазипов Н. З. Биохимия животных с основами физколлоидной химии. Москва 2010.
20. Yusifov N. M., Daşdəmirov K. Ş. Bioloji kimya. Bakı 2012.

# MÜNDƏRİCAT

MÜQƏDDİMƏ.....	3
I FƏSİL	
I. HEYVAN ORQANİZMİNİN KİMYƏVİ TƏRKİBİ.....	5
1. KARBOHİDRATLAR.....	8
1.1 Monosaxaridlər.....	9
1.2 Oliqosaxaridlər.....	27
1.3 Polisaxaridlər.....	32
1.3.1 Homopolisaxaridlər.....	33
1.3.2 Heteropolisaxaridlər.....	37
II FƏSİL	
2. LİPİDLƏR.....	42
2.1. Lipidlərin təsnifatı və biokimyəvi xüsusiyyətləri.....	42
2.2. Neytral yağlar.....	44
2.3 Mumlar.....	49
2.4 Steridlər.....	51
2.5 Fosfatidlər.....	52
2.5.1 Xolinfosfatidlər.....	53
2.5.2 Kolaminfosfatidlər (kefalinlər).....	54
2.5.3 Serinfosfatidlər.....	55
2.5.4 İnozinfosfatidlər.....	56
2.5.5 Asetalfosfatidlər.....	57
2.5.6 Sfinqofosfatidlər.....	57
2.6 Qlikolipidlər.....	58
III FƏSİL	
3. Zülallar.....	62
3.1 Zülalların tərkibi və funksiyaları.....	62
3.2 Zülalların ayrılması və təmizlənməsi üsulları.....	63
3.3 Zülalların xassələri, molekulunun forması və nisbi molekulyar kütləsi.....	64
3.4 Zülalların aminturşu tərkibi.....	66

3.5 Peptidlər.....	69
3.6 Zülalların quruluşunun müasir izahı.....	72
3.7 Zülalların birinci quruluşu.....	79
3.8 Zülalların ikinci quruluşu.....	81
3.9 Zülalların üçüncü quruluşu.....	82
3.10 Zülalların dördüncü quruluşu.....	84
3.11 Zülalların təsnifatı və qısa xarakteristikası.....	86
3.12 Sadə zülallar.....	86
3.13 Mürəkkəb zülallar.....	87
3.13.1. Nukleoproteidlər.....	88
3.13.2. Xromoproteidlər.....	88
3.13.3. Mioqlobin də xromoproteiddir.....	88
3.13.4. Metalloproteidlər və metalloiddproteidlər.....	89
3.13.5. Fosfoproteidlər.....	89
3.13.6. Lipoproteidlər.....	89
3.13.7. Qlikoproteidlər.....	90
IV FƏSİL	
4. NUKLEİN TURŞULARI.....	100
4.1 Nuklein turşularının kimyəvi tərkibi və növləri.....	100
4.2 DNT və NT- in birinci quruluşu.....	110
4.3 DNT və RNT-in ikinci quruluşu.....	112
4.4 NT-ın üçüncü quruluşu.....	114
4.5 Nukleoproteidlər.....	116
V FƏSİL	
5. FERMENTLƏR.....	118
5.1 Fermentlərin ayrılması və təmizlənməsi.....	119
5.2 Fermentlərin quruluşu və kimyəvi təbiəti.....	121
5.3 Fermentlərin təsnifatı və nomenklaturası.....	124
5.4 Fermentlərin tətbiqi.....	132
VI FƏSİL	
6. VİTAMİNLƏR VƏ KOFERMENTLƏR.....	135



6.1 Vitaminlərin təsnifatı və nomenklaturası.....	136
6.2 Vitaminlərin təyin edilmə üsulları.....	139
6.3 A vitamini.....	139
6.4 D vitamini.....	143
6.5 E vitamini.....	144
6.6 K vitamini.....	147
6.7 F-vitamini.....	148
6.8 Q vitamini. Ubixinon.....	149
6.9 B <sub>1</sub> vitamini.....	150
6.10 B <sub>2</sub> vitamini.....	152
6.11 B <sub>3</sub> vitamini.....	154
6.12 B <sub>5</sub> -vitamini (və ya PP).....	156
6.13 B <sub>6</sub> vitamini.....	158
6.14 B <sub>12</sub> vitamini.....	160
6.15 C vitamini.....	162
6.16 P vitamini.....	165
6.17 H vitamini.....	166
6.18 Antivitaminlər.....	167
<b>VII FƏSİL</b>	
<b>7. HORMONLAR.....</b>	<b>170</b>
7.1 Hormonların təsir mexanizmi.....	175
7.2 Hormonların təsnifatı.....	176
7.3 Qalxanvari vəzi hormonları.....	177
7.4 Qalxanvari ətraf vəzilər.....	180
7.5 Böyrəküstü vəziləri hormonları.....	181
7.6 Mədəaltı vəzi hormonları.....	184
7.7 Tənasül vəziləri hormonları.....	187
7.8 Hipofiz vəzi hormonları.....	190
7.8.1 Somatotropin.....	190
7.8.2 Honadotrop hormonlar.....	191
7.8.3. Folikultənzimedicci hormon.....	191

7.8.4. Lüteinləşdirici hormon.....	192
7.8.5. Laktogen hormon (laktotropin).....	192
7.8.6. Andenokortikotropin (AKTH).....	192
7.8.7. Tireotropin.....	193
7.8.8. Hipofizin orta payının hormonu.....	193
7.8.9. Hipofizin arxa payının hormonları.....	194
7.8.10. Oksitosin (pitosin).....	195
7.8.11. Vazopressin (antidiuretik hormon).....	196
7.9 Hormonoidlər.....	196

## VIII FƏSİL

8. MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİ VƏ ENERJİ.....	199
8.1 Maddələr mübadiləsinin öyrənilmə üsulları.....	207
8.2 Həzmin biokimyası.....	210
8.3 Müxtəlif heyvanlarda həzmin biokimyasının xüsusiyyətləri....	218
8.4 Həzm kanalından maddələrin sorulması.....	224
8.5 Bioloji oksidləşmə.....	225
8.6 Bioloji oksidləşmənin mexanizmi.....	227
8.7 Oksidləşməklə fosforlaşma.....	239
8.8 Makroergik birləşmələr.....	244

## IX FƏSİL

9. NUKLEİN TURŞULARININ MÜBADİLƏSİ.....	249
9.1 Nuklein turşularının həzm sistemində parçalanması.....	249
9.2 Nuklein turşularının bioloji sintezi.....	254
9.2.1. DNT biosintezinin inisiasiyası.....	263
9.2.2. DNT sintezinin elonqasiya mərhələsi.....	263
9.2.3. RNT-nin biosintezi (transkripsiya).....	264
9.3 Nuklein turşuları mübadiləsinin pozğunluqları.....	268

## X FƏSİL

10. ZÜLALLARIN MÜBADİLƏSİ.....	272
10.1 Zülal və aminturşuların parçalanması.....	272
10.2 Aminturşuların biosintezi.....	285

10.3 Zülalların biosintezi.....	289
---------------------------------	-----

## XI FƏSİL

11. KARBOHİDRATLARIN MÜBADİLƏSİ.....	298
11.1 Karbohidratların həzm sistemində çeyrilməsi.....	299
11.2 Karbohidratların aralıq mübadiləsi.....	302
11.3 Dixotomik yolla (anaerob) qlükoza-6-fosfatın parçalanması.....	304
11.4 Spirtə qıvcırma.....	310
11.5 Karbohidratların aerob parçalanması (piroüzüm turşusunun mübadiləsi).....	311
11.6 Karbohidratların oksidləşməsinin pentozofosfat yolu (apotomik oksidləşmə).....	314
11.7 Fruktoza və qalaktozanın mübadilə xüsusiyyətləri.....	319
11.8 Karbohidratların biosintezi.....	323
11.9 Şəkər mübadiləsinin neyro-humoral tənzimi.....	328
11.10 Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları.....	330
11.10.1. Şəkərli diabet.....	332
11.10.2. Fruktozuriya.....	335
11.10.3. Qalaktozemiya.....	336
11.10.4. Qlikogenozlar.....	336

## XII FƏSİL

12. LİPİDLƏRİN MÜBADİLƏSİ.....	339
12.1 Yağların parçalanması.....	340
12.2 Qliserin və yağ turşularının mübadiləsi.....	341
12.3 Keton cisimciklərinin yaranması (ketogenezi) və oksidləşmə (ketoliz).....	349
12.4 Yağabənzər maddələrin mübadiləsi.....	356
12.5 Sterinlərin mübadiləsi.....	359
12.6 Ali doymuş yağ turşularının biosintezi.....	360
12.7 Doymamış ali yağ turşularının biosintezi.....	365
12.8 Yağların (triqliseridlərin) sintezi.....	367

12.9 Lipid mübadiləsinin pozğunluqları.....	369
12.9.1 Lipidlərin həzm və sorulmasının pozulması.....	369
12.9.2 Lipidlərin aralıq mübadiləsinin pozğunluqları.....	370
12.9.2.1. Qaraciyər piy infiltrasiyası.....	370
12.9.2.2. Ketonemiya və ketonuriya.....	372
12.9.2.3. Xolesterin mübadiləsinin pozğunluqları.....	374

### XIII FƏSİL

13. MİNERAL MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİ.....	376
13.1 Suyun mübadiləsi.....	377
13.2 Duzların mübadiləsi.....	379
13.3 Mikroelementlər.....	384
13.4 Maddələr mübadiləsinin orqanizmlə əlaqəsi (vəhdəti).....	387
13.4.1. Nuklein turşularının və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.....	390
13.4.2. Nuklein turşularının və karbohidratların mübadiləsi arasında əlaqə.....	390
13.4.3. Nuklein turşularının və lipidlərin (triqliseridlərin) mübadiləsi arasında əlaqə.....	391
13.4.4. Karbohidratların və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.....	391
13.4.5. Zülalların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.....	391
13.4.6. Karbohidratların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.....	393

### XIV FƏSİL

14. TOXUMALARIN BİOKİMYASI.....	394
14.1. QANIN BİOKİMYASI.....	394
14.1.1. Qanın funksiyaları.....	394
14.1.2. Qanın fiziki-kimyəvi xassələri.....	395
14.1.3. Qanın və plazmanın kimyəvi tərkibi.....	398
14.1.3.1. Azotsuz üzvi maddələr.....	405
14.1.3.2. Makro- və mikroelementlər.....	407

14.1.4. Qanın laxtalanması.....	411
14.2. ƏZƏLƏ TOXUMASININ BİOKİMYASI.....	414
14.2.1. Əzələlərin kimyəvi tərkibi.....	415
14.2.1.1. Zülali maddələr.....	416
14.2.1.2. Əzələlərin azotlu ekstraktiv maddələri.....	422
14.2.1.3. Əzələlərin azotsuz maddələri.....	426
14.2.2. Əzələ qısalmasının biokimyası.....	428
14.3. SİNİR SİSTEMİNİN BİOKİMYASI.....	432
14.3.1. Sinir toxumasının kimyəvi tərkibi.....	432
14.3.1.1. Üzvi maddələr.....	432
14.3.1.2. Mineral maddələr.....	437
14.3.2. Sinir toxumasının maddələr mübadiləsi.....	438
14.4. BİRLƏŞDİRİCİ TOXUMANIN KİMYASI.....	441
14.4.1. Sümük toxumasının kimyası.....	443
14.5. QARACİYƏRİN BİOKİMYASI.....	445
14.5.1. Qaraciyərin kimyəvi tərkibi.....	445
14.5.2. Qaraciyərin maddələr mübadiləsində rolu.....	448
14.6. BÖYRƏKLƏRİN BİOKİMYASI.....	454
14.6.1. Sidiyin kimyası.....	457
14.6.2. Sidiyin fiziki-kimyəvi xassələri.....	458
14.6.3. Sidiyin kimyəvi tərkibi.....	460
14.6.4. Sidiyin patoloji tərkib hissələri.....	466
14.7. SÜD VƏZİNİN BİOKİMYASI.....	467
14.7.1. Südün kimyəvi tərkibi və xassələri.....	473
14.8. YUMURTANIN KİMYASI.....	479
ƏDƏBİYYAT.....	485