

**N. M. YUSİFOV, K. Ş. DAŞDƏMİROV**

# **BİOLOJİ KİMYA**

Bakı 2012

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL  
NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI KƏND  
TƏSƏRRÜFATI NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT AQRAR UNİVERSİTETİ

Nazim Yusifov  
Kamandar Daşdəmirov

**BİOLOJİ KİMYA**  
(Ali məktəblər üçün dərslik)

BAKİ 2012

**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 İaşə məhsullarının texnologiyası  
və turizm kafedrasının müdiri

N. M. Yusifov, K. Ş. Daşdəmirov. Bioloji kimya  
Ali məktəblər üçün dərslik. Bakı 2012

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

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

## MÜQƏDDİMƏ

Bioloji kimya (biokimya) - canlı materiyanın kimyəvi tərkibini, insan, heyvan, bitki və mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyətini təşkil edən kimyəvi çevrilmələri və bu çevrilmələr zamanı orqanizmdə baş verən dəyişiklikləri öyrənən elmdir.

Bioloji kimya müstəqil elm kimi XIX əsrin ortalarında yaranmışdır. Onun bir elm kimi formalaşmasında üzvi kimyanın, fiziologiyanın və anatomiyanın böyük rolu olmuşdur. Lakin onun sürətlə inkişafı XX əsrdən başlayır. XX əsrin başlanğıcında bioloji kimyanın kimyəvi əsasları yaranmışdır. Bu dövrdə canlı materiyanın tərkibinə daxil olan birləşmələrin əsas tipləri ayırd edilmişdir. XX əsrin ortalarından sonra bioloji kimya sürətlə inkişaf etdi. Molekulyar biologiya, gen mühəndisliyi, biotexnologiya, bioqeyri-üzvi və bioüzvi kimya kimi elm sahələrinin yaranması və inkişafı bioloji kimyanın sürətli inkişafına stimül yaratdı.

Biokimyəvi proseslər termodinamikanın (termokimyanın) qanunları ilə sıx bağlıdır. Biokimyəvi reaksiyalar ani vaxtda millisaniyə (ml. san), mikrosaniyə (mk. san.) ərzində sulu mühitdə başa çatır.

Su molekulasında olan hidrogen rabitəsi biomolekullarda əmələ gələn hidrogen hidrofob rabitələrinin yaranmasına bir stimül verir.

Biomolekullar əsasən kovalent rabitə hesabına əmələ gəlmişlər. İon rabitəsi ilə əmələ gələn birləşmələr əsasən bioüzvi birləşmələrin quruluşunun saxlanması və biokimyəvi reaksiyaların getməsində mühüm rol oynayır.

Təqdim etdiyimiz dərslikdə statik biokimyanın əsas bölmələri-canlı materiyanın kimyəvi tərkibini, karbohidratların,

lipidlərin, zülalların, nuklein turşularının, fermentlərin, vitaminlərin, hormonların quruluşu, xassələri və onların müxtəlif bioloji obyektlərdə yayılması miqdarını öyrənir. Dinamik biokimya maddələr mübadiləsi və enerji mübadiləsi, karbohidratların, lipidlərin, zülalların mübadiləsi, mineral maddələr mübadiləsi, maddələr mübadiləinin əlaqəsi və vəhdəti öyrənilir.

Bioloji kimyadan Azərbaycan dilində latın qrafikası ilə yazılmış dərsliyin az olması bu sahədə fənnin ali məktəblərin tələbələri tərəfindən öyrədilməsini olduqca çətinləşdirir. Məhz bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün bu dərslik yazılmışdır.

Kitabın yazılmasına əsas səbəblərdən biri də mövcud ədəbiyyatların köhnəlməsi və biokimyayın sürətlə inkişaf etməsidir. Belə ki, biomolekulların-elektron mikroskopiya, rentgenospektroskopiya, nüvə maqnit rezonansı (N. M. R.), xromatoqrafiya və elektroforezin yeni üsulları ilə tədqiqi bu kitabda nəzərə alınmışdır.

Kitabda müəyyən nöqsanları da gələcəkdə aradan qaldırmaq üçün öz məsləhətləri ilə kömək edən oxuculara müəlliflər əvvəlcədən səmimi təşəkkürünü bildirir.

# I FƏSİL

## I. CANLI ORQANİZMİN KİMYƏVİ TƏRKİBİ

Canlı orqanizmin müxtəlif növlərinin orqan və toxumalarında məlum olan kimyəvi elementlərin çoxusuna təsadüf edilir. Onlardan 20 elementə bütün canlıların orqan və toxumalarında rast gəlinir. Bunlar *C, N, H, O, S, P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, Co* az miqdarda *Mo, B, Cl, I, Se* olur.

Bunlar insan və heyvan orqanizmində yayılma miqdarına görə 2 qrupa ayrılır: makroelementlərə (miqdarı 0,001%-dən artıq olanlar) *C, N, H, O, S, P, K, Na, Ca*, mikroelementlərə (miqdarı 0,001%-dən az olanlar) *B, Mn, Zn, Cu, Mo, Co, B, Se, Ba, I, Sr* və s. aiddir.

Cədvəl 1.  
Orqanizmdə kimyəvi elementlərin miqdarı

Element	Miqdarı %-lə	Element	Miqdarı %-lə
O	62,48	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

Orqanizmin ümumi kütləsinin 96%-dən çoxunu, hüceyrənin 99%-ni əsas 4 element *O, C, H* və *N* təşkil edir. Onlar canlı orqanizmin əsasını təşkil edən əsas üzvi maddələrin (zülalların,

lipidlərin, karbohidratların) və suyun tərkibinə daxildir. Bunlar *orqanogen elementlər* adlanırlar.

Canlı orqanizmin 70%-dən çoxunu su təşkil edir. Su orqanizmdə az da olsa dissosiasiya edir  $H^+$  və  $OH^-$  ionlarına. Su orqanizmdə bütün toxuma və orqanlarda olur. Az bir hissəsi hüceyrədə birləşmiş haldadır. Suda bütün mineral və üzvi maddələr ion və ya hidrat halında olur. Canlı orqanizmin 10%-ə qədərini mineral maddələr təşkil edir. Orqanizmin əsas hissəsini zülallar (40-50%), karbohidratlar, nuklein turşuları, lipidlər və s. 50-60% təşkil edir.

## Cədvəl 2.

### Bəzi orqan və toxumaların kimyəvi tərkibi, %-lə (S. M. Rappoportun göstəricilərinə görə)

Orqan və toxuma	Su	Zülal	Lipid	Mineral maddə
Dəri	58	27	14	0,6
Sümük	28	20	25	27,0
Əzələ	70	22	6	1,0
Yağlı toxuma	23	6	71	0,2
Qaraciyər	71	22	3	1,4
Beyin	75	11	12	1,4

Hüceyrə canlıları cansızlardan fərqləndirən əsas xüsusiyyətlərə malikdir. Hüceyrə canlıların əsas quruluş və funksional vahididir. Ayrı-ayrı orqan və toxumaların hər birinin özünə məxsus hüceyrə quruluşu vardır. Hüceyrənin tərkibində üzvi və qeyri-üzvi birləşmələr müxtəlif miqdardadır.

2-ci cədvəldən görüldüyü kimi orqanizmin əsas kütləsini

su təşkil edir. Belə ki, dərinin 58%, əzələnin 70%, qaraciyərin 71%, beynin isə 75%-ni su təşkil edir. Həmçinin zülal, lipid, karbohidratlar və mineral maddələr bütün orqan və toxumalarda müxtəlif miqdarda yayılmışdır.

Cədvəl 3.

Hüceyrənin kimyəvi tərkibi  
( A. Hezenin göstəricilərinə görə)

Maddə	Hüceyrə kütləsində qatılığı %-lə	Orta molekul kütləsi	Molekul sayının DNT molekuluna nisbəti
Su	85	18	$1,2 \cdot 10^7$
Zülallar	10	$36 \cdot 10^3$	700
DNT	0,4	$10^6$	1,0
RNT	0,7	$4 \cdot 10^4$	44
Lipidlər	2	700	$7 \cdot 10^3$
Digər üzvi birləşmələr	0,4	250	$4 \cdot 10^3$
Mineral maddələr	1,5	55	$6,8 \cdot 10^4$

Hüceyrənin kimyəvi tərkibi onun növündən, funksional vəziyyətindən, canlı orqanizmin növündən, yaşından və s. faktorlardan asılıdır.



# 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 *pentoza*, 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, qlükogen, inulin, pentozanlar və s.) monosaxaridlərin bioloji polimerləridir.

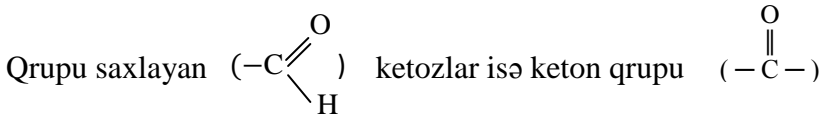
Karbohidratlar mühüm bioloji vəzifə daşıyır. Belə ki, onlar vacib energetik material, ehtiyat qida maddəsi, sementləşdirici maddə sayılır. Bütün canlılar əsasən bunların oksidləşməsindən alınan enerji hesabına fəaliyyət göstərir. Bu birləşmələr bitkilərdə istinad toxuması, insan və heyvanlarda müdafiə, 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, monoqulyar, 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. Aldozlar tərkibində aldehid



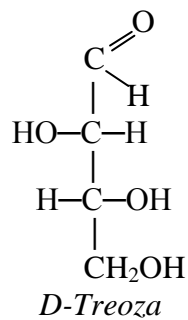
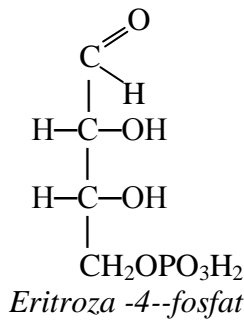
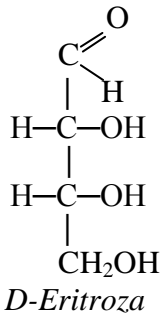
saxlayan monosaxaridlərdir. Bunların fosfat turşusu, pirofosfat turşusu, amin turşuları, sirkə turşusu və bir sıra qeyri turşularla əmələ gətirdikləri mürəkkəb efirləri bioloji cəhətdən çox əhəmiyyətliyətlidir.

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

sal qliserin aldehidi və ketotriozalara-dioksiaseton göstərilə bilər.

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

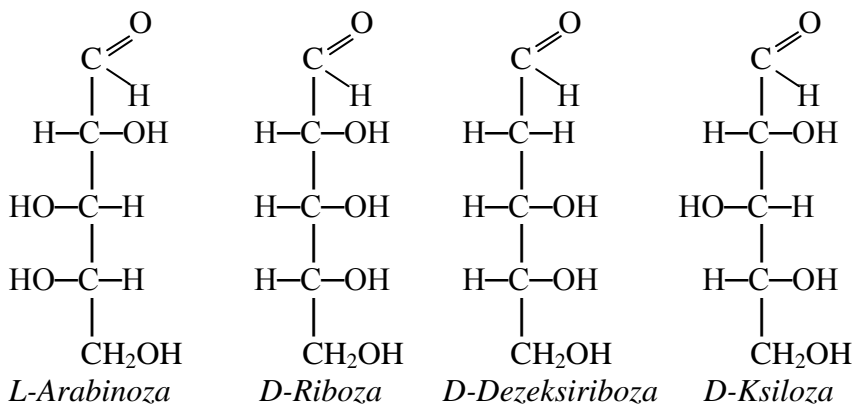
**Tetrozalar.** Tetrozalar ( $C_4H_8O_4$ ) tərkibində dörd karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Onların nümayəndələrindən eritroza və treozanı göstərmək olar. Eritroza aldotetrozalardandır. Buna insan, heyvan və bitkilərdə fosfat turşusunun efiri (eritroza 4-fosfat) şəklində fotosintez prosesinin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



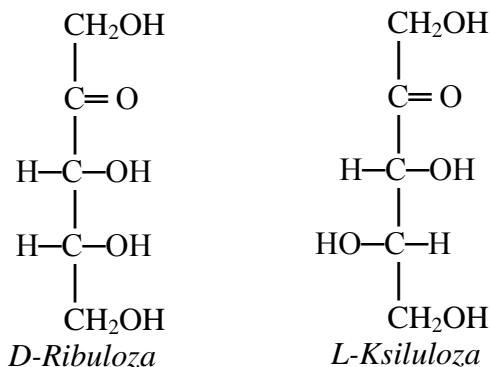
**Pentozalar.** Pentozalar ( $C_5H_{10}O_5$ ) tərkibində beş karbon atomu saxlayan monosaxaridlərdir. Bunlar da aldopentozalara və ketopentozalara bölünür. Sonunculara pentulozalar da deyilir. Bu da keton qrupu saxlayan monosaxaridlərdə “*oza*” şəkilçisinin “*uloza*” ilə əvəz edilməsindən yaranır.

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.

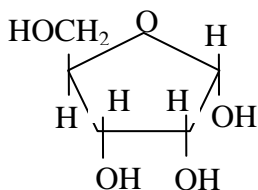


Pentozaların keto-formalarına ribuloza, ksiluloza və başqaları aiddir.

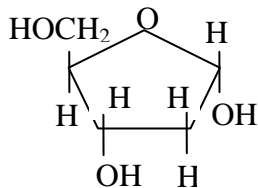


Aldo-və ketopentozalarda heksozalarda olduğu kimi asiklik və tsiklik formalarda müvafiq proyeksiya və konformasiyalarda təsadüf edilir.

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



*α-d-riboza*



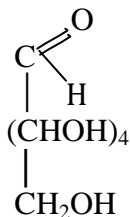
*α-d-dezoksiriboza*

Arabinoza polisaxaridlərdən olan arabanların, ksiloza ksilanların tərkibini təşkil edir.

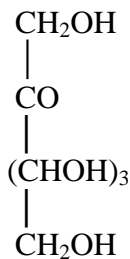
Monosaxaridlərin bioloji cəhətdən çox əhəmiyyətli heksozalar və pentozalardır.

**Heksozalar.** Heksozalar ( $C_6H_{12}O_6$ ) 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.

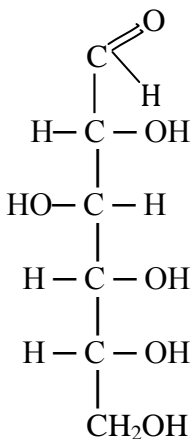


*Aldoheksoza*

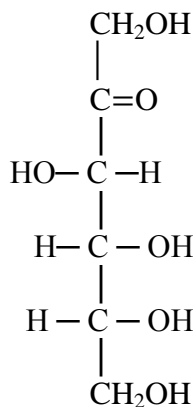


*Ketoheksoza*

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:



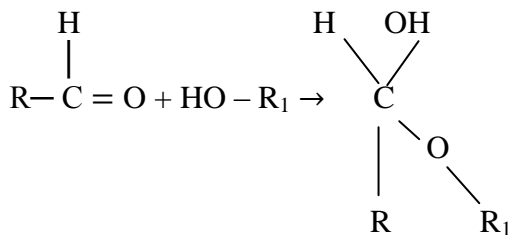
*Qlükozanın açıq və ya aldehid forması*



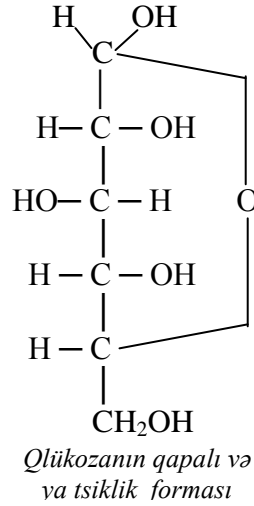
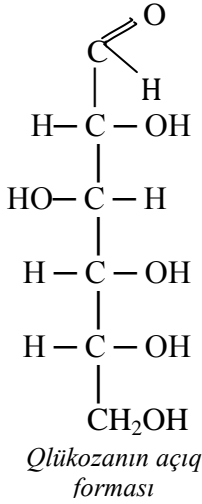
*Frukozanın açıq və ya keto forması*

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:

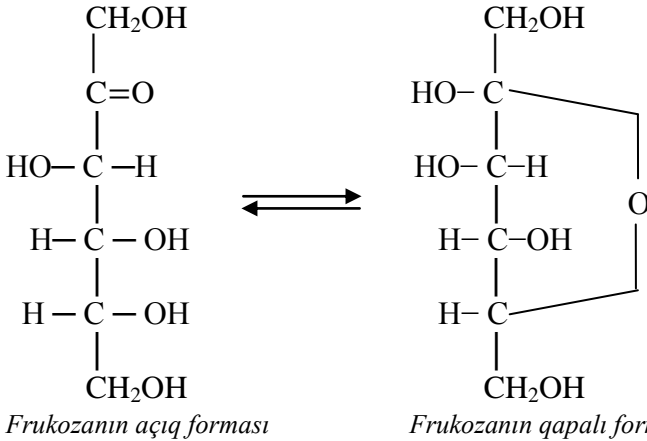


Sxemdən göründüyü kimi sikilləşmə aldehid və spirt qrupları hesabına yaranır. Bunu qlükozanın misalında daha aydın görmək olar. Bu zaman sikilləşmə qlükozanın aldehid qrupu hesabına gedir:



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

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



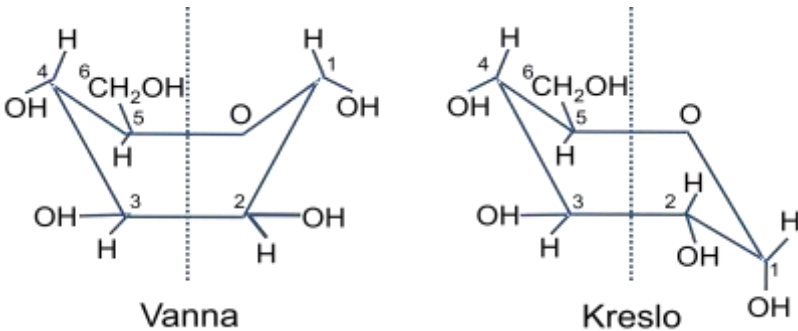
Bütün piranoza və furanozaların, həm də qlükopiranoza və

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



Xeuosun 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 sikloheksanınkına bənzədiyindən iki tipdə: kreslo və vanna (qayıq) formasında olur. Bunlara *konformerlər* deyilir.



Pirianoza halqasının konformasiyaları.

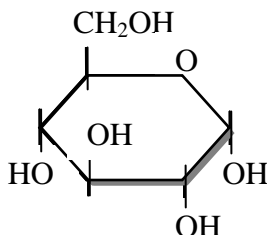
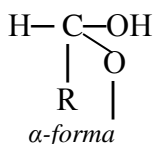
Molekullar kreslo konformasiyasında vanna formasına nisbətən davamlı olur. Bu göstərilənlər başqa heksozalara da (qalak-



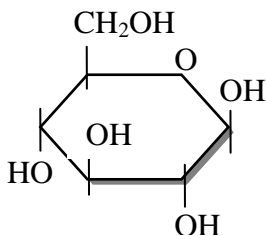
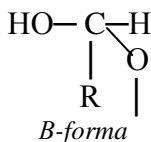
toza, mannoza və qeyriləri) aiddir.

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



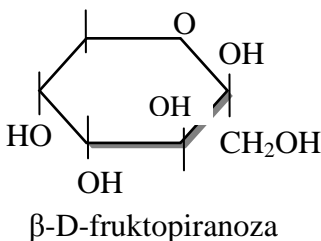
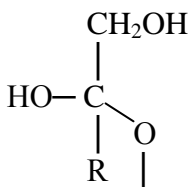
$\alpha$ -D-qlükopiranoza



$\beta$ -D-qlükopiranoza

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

da olur.



$\beta$ -D-fruktopiranoza

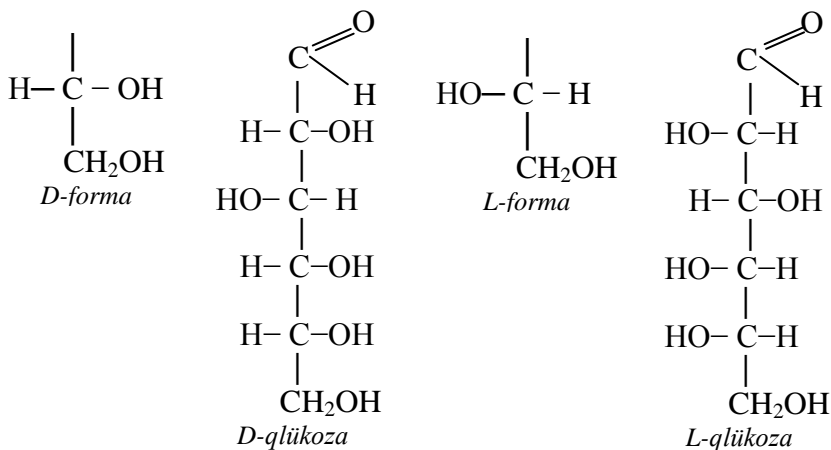
Heksozaların bu formaları *anomerlər* adlanır. Anomer karbon atomunun yanındakı hidroksilə *qlikozid* hidroksili və ya *poluasetal* hidroksili də deyilir. Bu qrupun iştirakı ilə yaranan rabitə isə qlikozid rabitəsi, birləşmələr isə qlikozidlər adlanır. Bunlara misal oliqosaxaridlər, polisaxaridlər və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

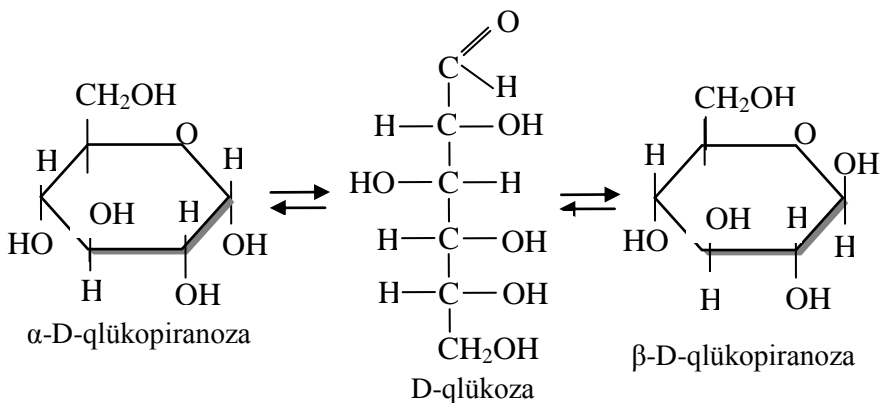
Təbiətdə heksozaların əsasən *D*-formalarına təsadüf edilir. Bunlar ağ kristallik maddələrdir, suda yaxşı həll olur, şirin dadı malikdir.



Müxtəlif şəkərlərin şirinlik dərəcələri aşağıdakı kimidir:

Laktoza-16	Ksiloza-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 tsiklik formadadır. Məsələn, qlükozanın 37%-ə qədər  $\alpha$ -D-qlükopiranoza, 63%  $\beta$ -D-qlükopiranoza formasında olur.

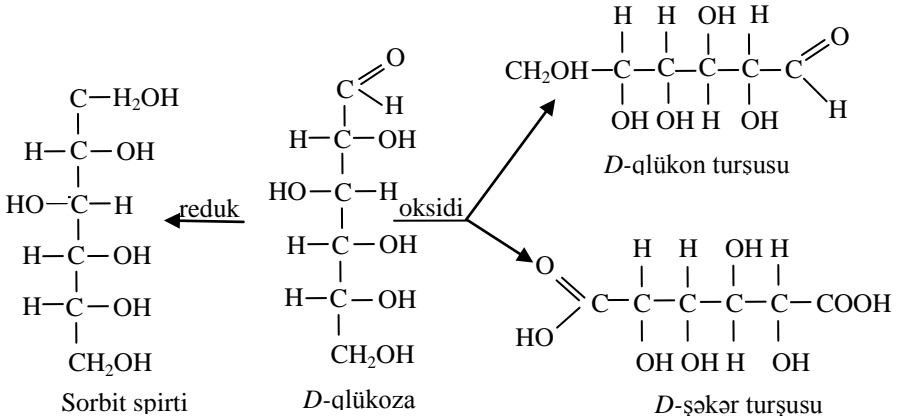


Bu formalar dinamikdir, biri digərinə keçir. Bununla yanaşı məhlulun optik fəallığı da dəyişilir. Dinamik müvazinət yarandıqda isə stabilləşir.

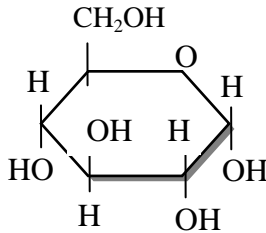
**Heksozaların nümayəndələri. Qlükoza.** Qlükozaya üzüm şəkəri və ya dekstroza da deyilir. Bu aldohexozalardandır.

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

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



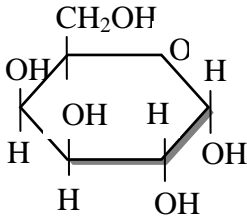
Qlükozanın siklik quruluşu belədir:



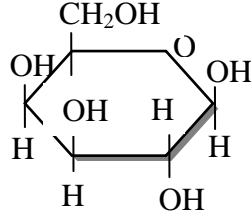
Qlükon turşusu aldon turşuları qrupuna, şəkər turşusu (və ya qlükər turşusu) isə aldar turşuları qrupuna aiddir. Aldar turşula-



Qalaktozanın siklik quruluşu belədir:



$\alpha$ -d-qalaktoza

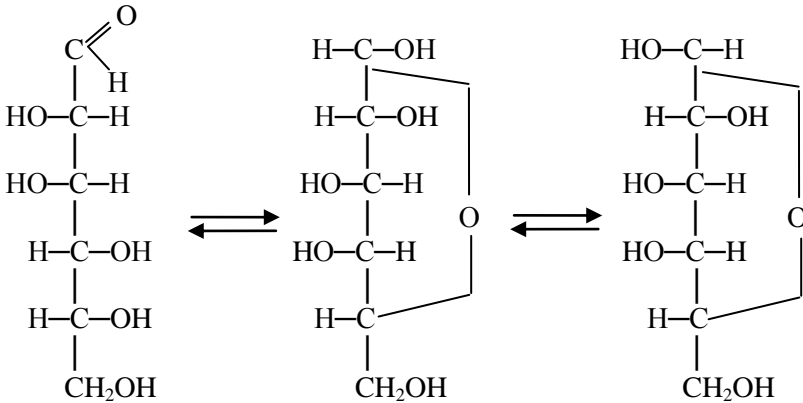


$\beta$ -d-qalaktoza

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, rafinoza, 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:

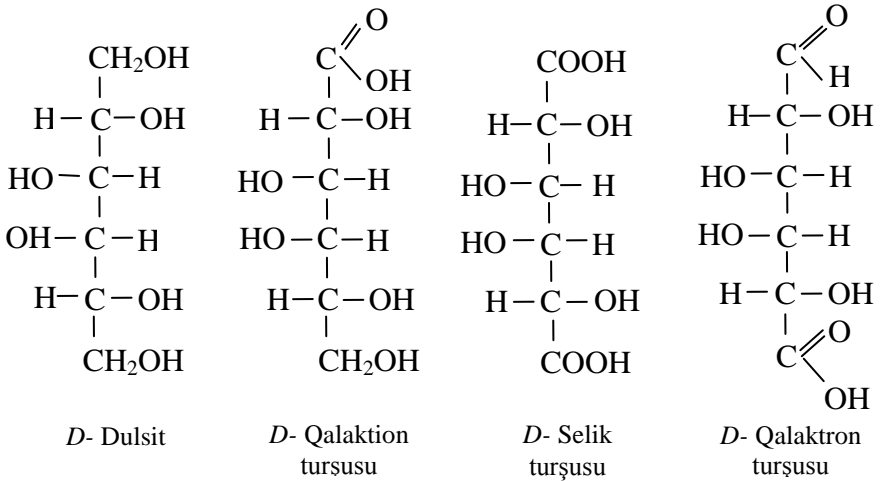


*D*-Mannozanın aldehid forması

*D*- Mannozanın siklik alfa  $\alpha$  və beta  $\beta$  formaları

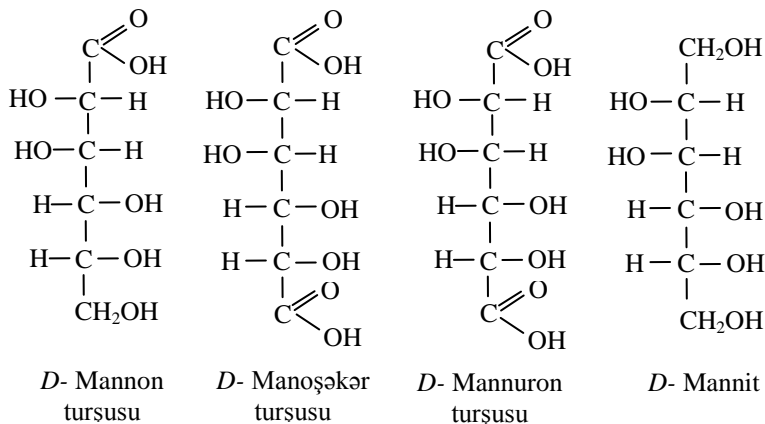
*d*-mannoza da qlükoza və qalaktozadan –H və –OH qruplarının fəzada yerləşməsi ilə fərqlənir. Onun molekulunun ikinci karbon atomunda hidrogen ilə hidroksil qrupunun yerləşməsi qlükozadakının əksinədir. Axırını 4 və 5-ci karbondada olan OH qrupları qlükozada olduğu kimidir. Bu cür H və OH-ın yerləşməsi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

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



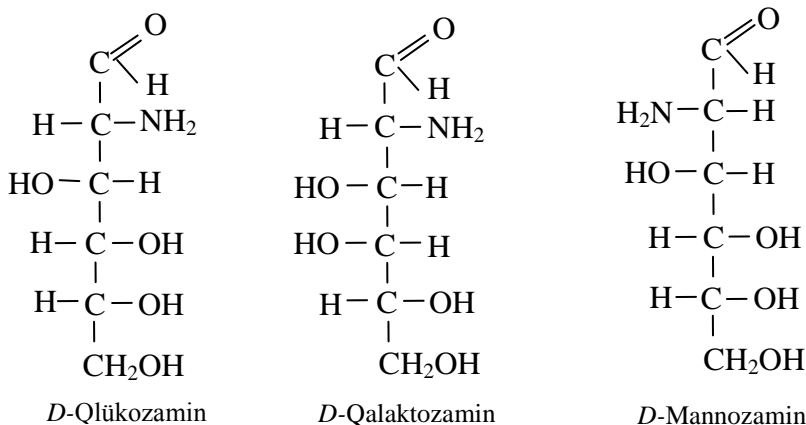
Mannoza zəif oksidləşdikdə mannon turşusuna, kəskin oksidləşdikdə mannoşəkər turşusuna, *D*-mannuron turşusuna və reduksiya olunduqda mannit spirtinə çevrilir.

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.



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.



Göstərilən birləşmələrə *aminşəkərlər* də deyilir.

Qlükozaamin hialuron turşuunun tərkibinə daxildir. Qığırdağ toxumasının əsasını qalaktozaaminin polimeri təşkil edir.

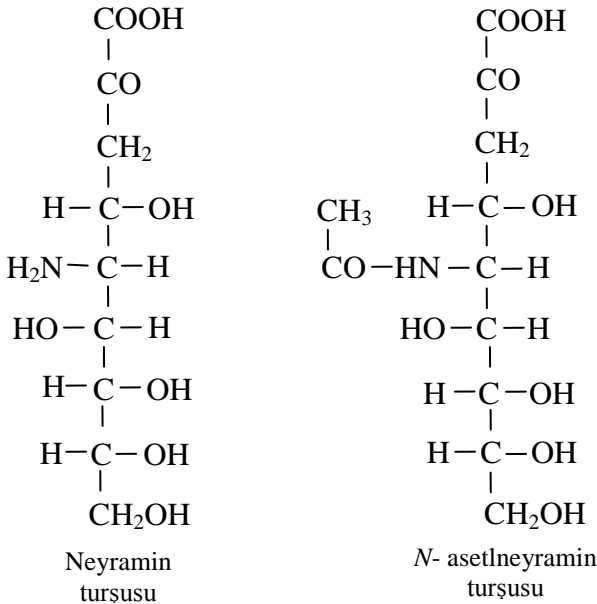


Heksozaaminlər mukopolisaxaridlərin tərkibində asetat turşusu ilə birləşmiş şəkildə olur. Aminoşəkərlər kimyəvi xassələrinə görə adi monosaxaridlərdən fərqlənir. Onlar əsasi xassəlidir.

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

Aminoşəkərlər təbiətdə geniş yayılmış üzvi birləşmələrdir.

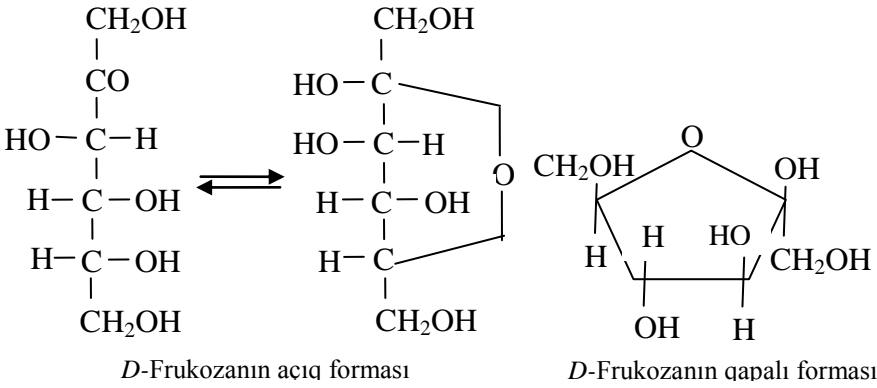
Aminoşəkərlərin törəmələrindən neyramin turşusu, *N*-asetilneyramin turşusu və s. polisaxaridlərin əmələ gəlməsində tikinti materialı kimi istifadə olunur. Neyramin turşusunun *N*-asetilneyramin törəmələrinə *sial turşuları* da deyilir.



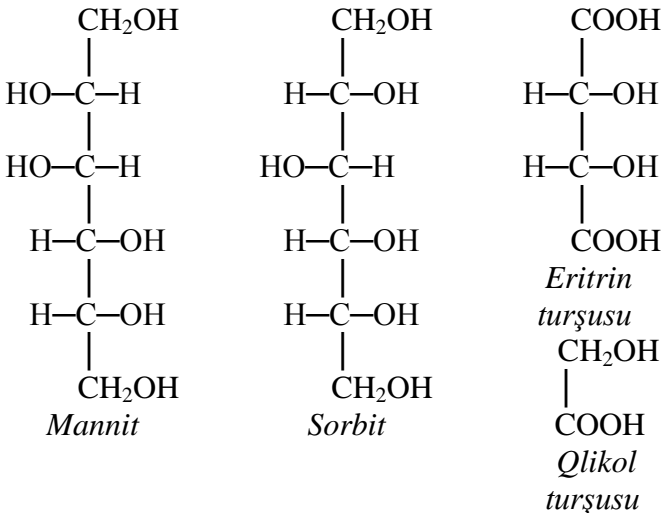
Neyramin turşusu *D*-mannozaminlə piroüzüm turşusunun qalığında və *N*-asetilneyramin turşusu isə neyramin turşusu ilə sirkə turşusunun qalığında ibarətdir.

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

qrupu vardır. Bu da açıq və qapalı formalarda olur.

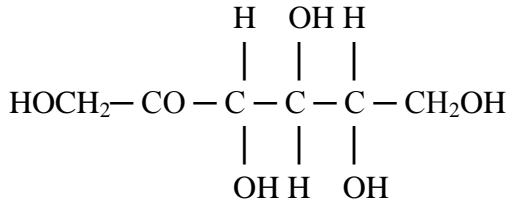


Fruktoza reduksiya olunduqda mannit və sorbit spirtlərinə, oksidləşdikə isə parçalanaraq eritrin və qlikol turşularına çevrilir.



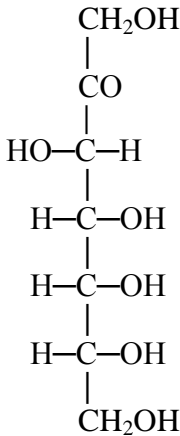
Fruktoza birləşmiş halda saxarozanın tərkibində, polisaxaridlərdən inulində, çoxlu miqdarda meyvələrdə, bitkilərin çiçəyində olan nektarda, georginin yumrularında, sərbəst halda isə üzümün şirəsində və balda olur.

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

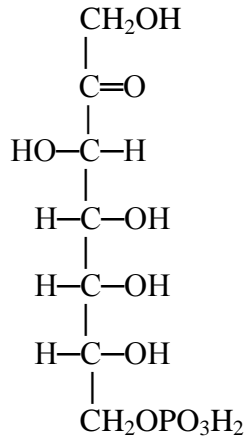


Sorboza sorbit spirtinin oksidləşməsindən əmələ gəlir. Bundan askorbin turşusunun sintezində də istifadə olunur.

**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*

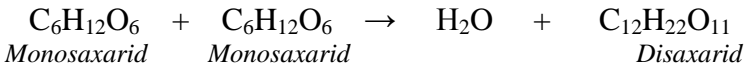


*Sedoheotuloza-7-fosfat*

## 1.2 Oliqosaxaridlər

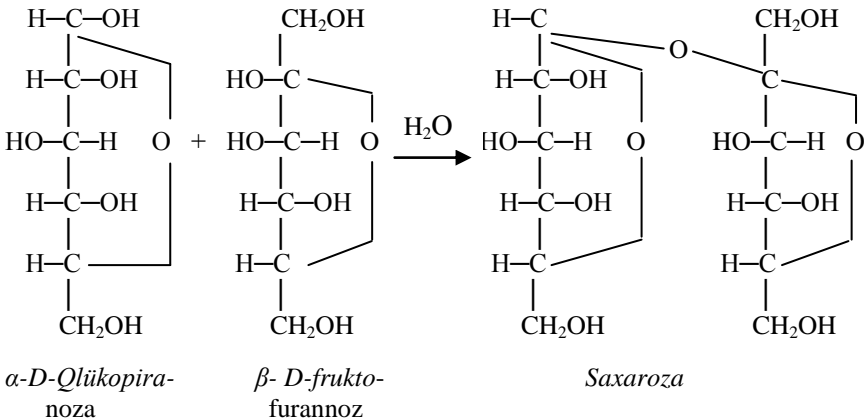
Oliqosaxaridlər iki və daha çox (təxminən 10-a kimi) monosaxaridlərin qalığında əmələ gəlmişdir. Bunlar tərkiblərinəki monosaxaridlərin qalığının sayından asılı olaraq disaxaridlərə, trisaxaridlərə və s. ayrılır.

**Disaxaridlər.** Disaxaridlər ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) iki eyni və ya müxtəlif monosaxaridin qalığında 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:



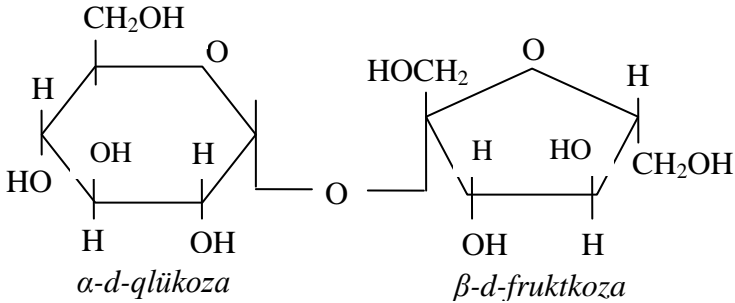
Disaxaridlərə saxaroza, laktoza, maltoza və qeyriləri aiddir

**Saxaroza.** Saxaroza və ya qamış şəkəri qlükoza ( $\alpha$ ,  $D$ -qlükopiranoza) ilə fruktozanın ( $\beta$ ,  $D$ -fruktofuranoza) 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 meyvələrinə çoxlu miqdarda saxarozaya rast gəlmək olur. Saxarozaya həzm sistemində saxarozaya fermentinin təsiri ilə hidrolizə uğrayıb bərabər miqdarda qlükoza və fruktoza əmələ gətirir.

Saxarozada, reaksiyadan görüldüyü 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 mənfi nəticə verir. Çünki onun molekulunda sərbəst aldehid və keton qrupu yoxdur.

Saxarozanın tərkibində asimmetrik karbon atomları olduğundan optik fəaldır.

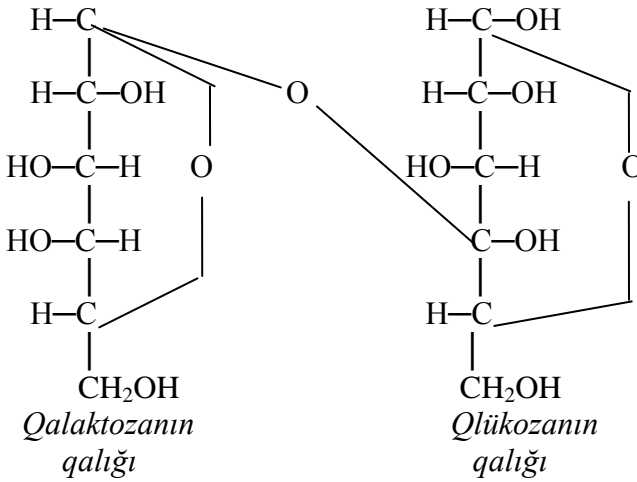
Polyarizasiya müstəvisinin  $66,5^0$  sağa fırladır. Müxtəlif amillərin (fermentlər, turşular və s.) təsirindən parçalandıqda yəni qlükoza və fruktozaya ayrılır, invertləşmiş şəkər əmələ gəlir. Ona görə də polyarizasiya müstəvisini sağa çevirmədən sola çevirmə daha qüvvətli olur. İnersiya fırlatma istiqaməti 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. Üzümədə saxaroza az: 0,2-1,5% olur.

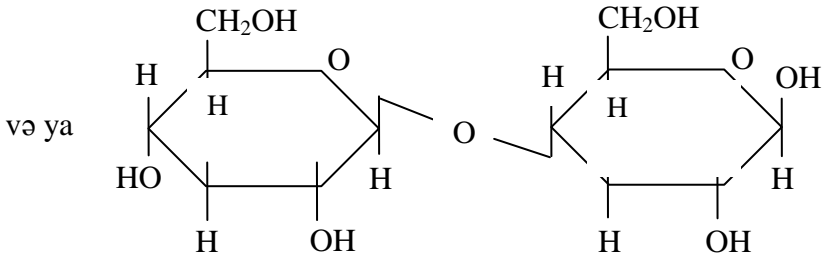
Saxaroza şəkər çuğundurundan da alınır. Bu isə ən çox Ukraynada, Qırğızıstanda, İranda və s. ölkələrdə əkilir.

**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 rabitəsi qalaktozanın birinci karbonu ilə qlükozanın dördüncü karbonu arasında yaranır.

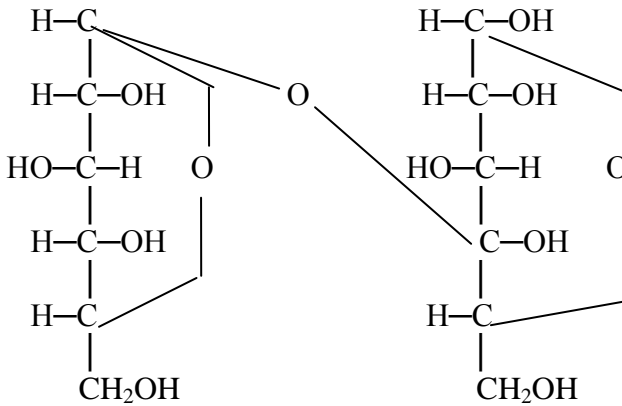


Onun quruluş formulu aşağıdakı kimidir:

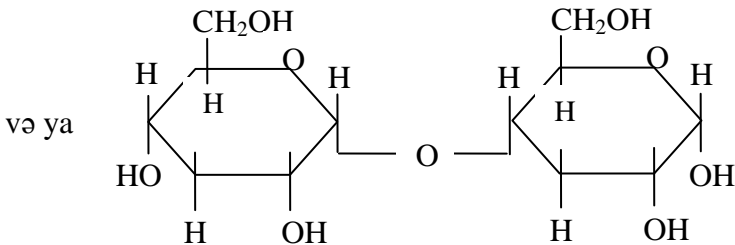


Süd şəkəri optik fəaldır, az şirindir. Felinq mayesini reduksiya edir. Laktoza əsasən insan və heyvanların südündə olub, 4-7% arasında dəyişir.

**Maltoza.** Maltoza nişastanın və qlükogenin 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*



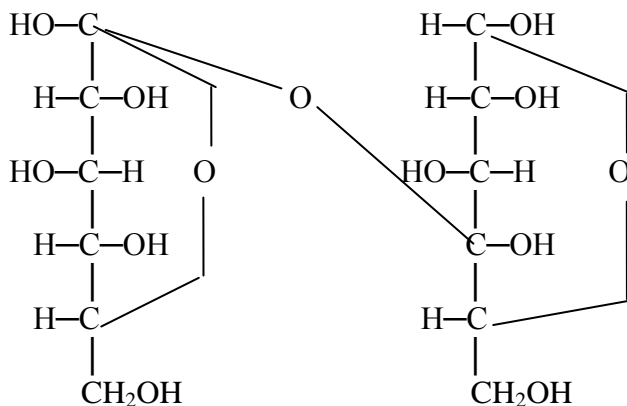
Maltozaya  $\alpha$ , D-qlükozid-D-qlükoza və ya 4- $\alpha$ -D-qlükopiranozid-1,  $\alpha$ , -D-qlükopiranozid də deyilir. O, saxaroza-ya nisbətən az şirindir. Felinq mayesi ilə müsbət reaksiya verir.

Optik fəaldır, polarizasiya müstəvisini  $130,4^{\circ}$  sağa döndərir.

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

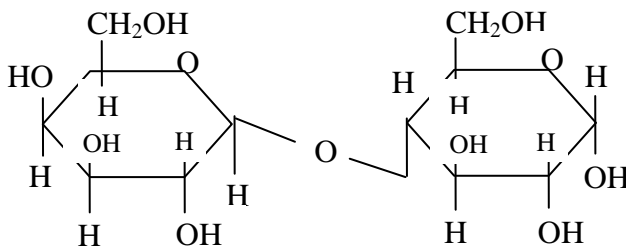
**Sellobioza.** Sellobioza iki molekul  $\beta$ -D qlükozadan əmələ gəlir. Buna 4- $\beta$ , D-qlükozid-qlükaza da deyilir.

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



*Sellobioza*

Sellobioza birləşmiş halda sellülozanın tərkibində olur.

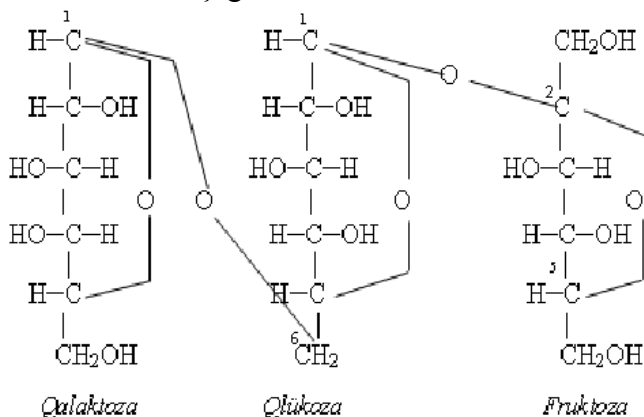


**Trisaxaridlər.** Trisaxaridlər ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ) üç molekul monosaxariddən iki molekul suyun kənar edilməsi ilə əmələ gəlir.



Monosaxaridlər 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 qalaktoza, 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 qalığından 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.

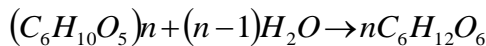
Polisaxaridlər bir sıra fizioloji funksiyalar yerinə yetirir: onlar (məsələn, nişasta, qlükogen) energetik material və ehtiyat maddələri sayılır. Bunların bəzi törəmələri müdafiə vəzifəsi daşıyır.

### ***1.3.1 Homopolisaxaridlər***

Homopolisaxaridlər hidroliz olunduqda bir növ monosaxaridlərə ayrılır. Bunların empirik tərkibi  $(C_6H_{10}O_5)_n$  kimi yazılır.

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

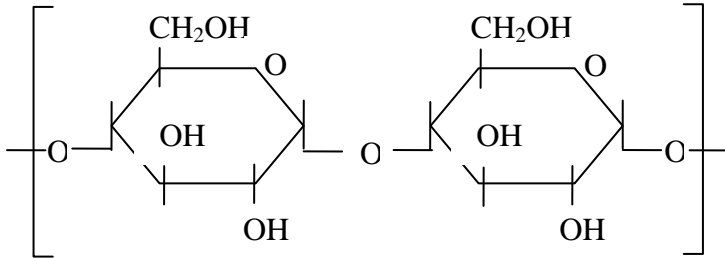
**Nişasta.** Nişasta mürəkkəb homopolisaxariddir. Suda həll etdikdə kolloid məhlul əmələ gətirir. Nişasta hidroliz olunduqda əvvəlcə bir sıra aralıq məhsullara (dekstrinlərə) və ən nəhayət qlükozaaya ayrılır. Reaksiya sxematik belə gedir:



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.

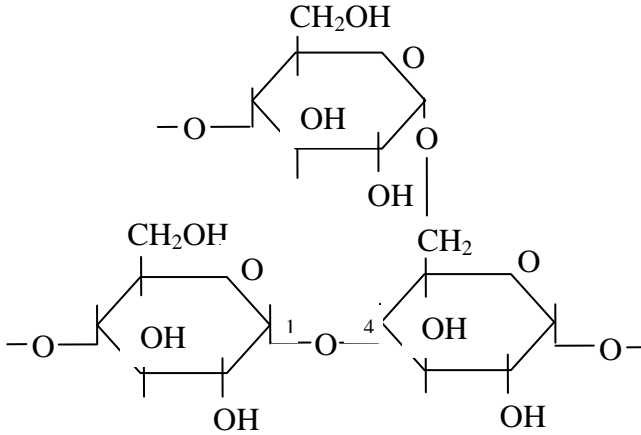


Amilopektinin tərkibində isə monosaxaridlərin qalıqları bir-birilə birinci və dördüncü karbonlarla  $\alpha$ -1,4 rabitə ilə yanaşı, birinci və altıncı karbonlar arasında da  $\alpha$ -1,6-qlükozid rabitələri yaratmaqla çox şaxələr verir. Son zamanlar müəyyən edilmişdir ki, amilopektində hər 8-12 qlükoza 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%), soğə-naqlarda, 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  $\alpha$ -1,2” qlikozid rabitələri ilə birləşməklə, şaxələnmişdir. Şaxələnmə orta hesabla hər 8-10 qlükoza qalığında bir başlanır. Yan zəncirlərdə 6-12 qlüloza qalığı vardır.

Qlikogendə şaxələnmə daha çoxdur.

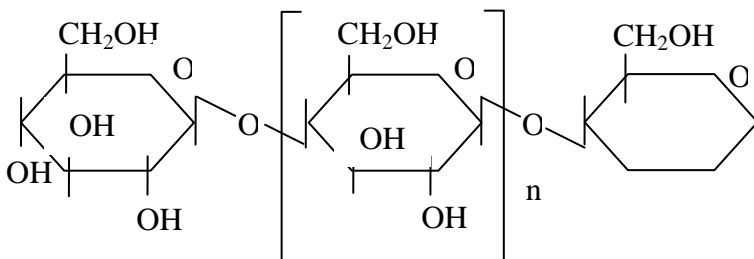
Qlikogen yüksək polidispers maddədir, isti suda yaxşı həll olur, hidrofil kolloiddir. Optik fəaldır, polyarizasiya müstəvisini  $196,6^0$  sağ fırladır, molekulunun forması sferik quruluşa yaxındır.

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

rində olur.

**Sellüloza.** Sellüloza bitki aləmində ən geniş yayılmış homopolisaxariddir. Karbon birləşmələrinin yarısından çoxunu sellüloza təşkil edir. Bu ən çox kətanda (80-90%), çətəndə, 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 molekul 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 kimyevi təsirlərə çox davamlıdır. Yalnız Şvesyser reaktivində (mis-ammonyak kompleksi) həll olur.

**İnulin.** İnulin homopolisaxariddir. Suda yaxşı həll olur. Molekul 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. Molekul kütləsi 10-40 min olur. Hidroliz olunduqda  $\beta$ -D-qlükopiranozaya ayrılır. Qlükoza molekulalarının 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 qaninkına 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-rabitələrlə) 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 qalakturn turşusundan əmələ gəlmiş poliqaqakturon turşusu və ya pektin turşusu da olur. Burada  $\alpha$ -D-qalakturn 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 aşağı-

dakılar aiddir: hialuron, xondroitin—kükürd, xondroitinsulfat turşuları, 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 mayələrdə (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—qlükozemin, D—qlükuron turşusu və sulfat turşusu daxildir. Onun molekul 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 aminturşuları da vardır. Qlükolipidlərin tərkibində isə karbohidratlarla yanaşı yağ turşuları da olur. Lipoqlükoproteinlərin tərkibində isə karbohidratlarla bərabər yağ turşuları, aminturşuları 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 yağabənzər 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.

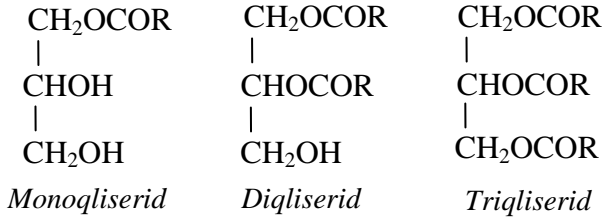
## Cədvəl 4.

## 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	Dokoza 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-Dokoza 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 Dokozahek-saen turşusu	$\text{C}_{21}\text{H}_{31}\text{COOH}$

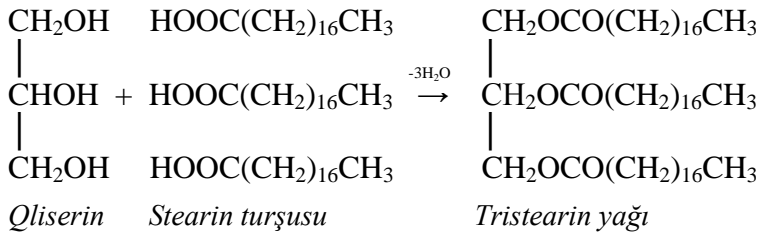
Doymuş ali spirtlər		
10	Dekanol-1	$C_{10}H_{21}OH$
12	Dodekanol-1 (laurin spirti)	$C_{12}H_{25}OH$
14	Tetradekanol-1 (miristin spirti)	$C_{14}H_{27}OH$
16	Heksadekanol-1 (setil spirti)	$C_{16}H_{33}OH$
18	Oktadekanol-1 (stearin spirti)	$C_{18}H_{37}OH$
20	Eykozanol-1	$C_{20}H_{41}OH$
26	Heksakozanol-1	$C_{26}H_{53}OH$
30	Triakontanol-1	$C_{30}H_{61}OH$
Doymamış ali spirtlər		
14	Sis-9-Tetrasen 1-ol (miristol-olein spirti)	$C_{14}H_{27}OH$
16	Sis-9-Heksasen 1-ol (palmitilolein 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 (meristol 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 aslı olaraq monoqliseridlərə, diqliseridlərə və triqliseridlərə bölünür.

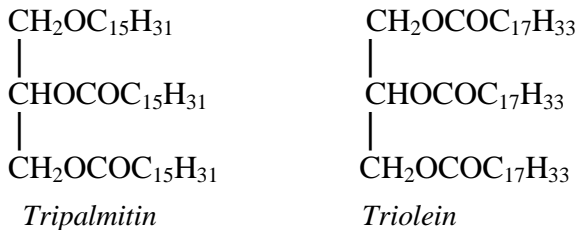


Üçatomlu spirt-qliserin stearin, palmitin, olein, linol, linolen turşuları və s. ilə birləşərək neytral yağları əmələ gətirir.

Müasir üsullarla ana südü yağında indiyə qədər məlum olmayan 40-a yaxın turşuları 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.

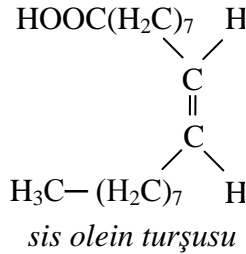


Bitki yağlarının tərkibində doymamış yağ turşularından: olein, linol və linolen turşuları çoxluğu təşkil edir.

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.

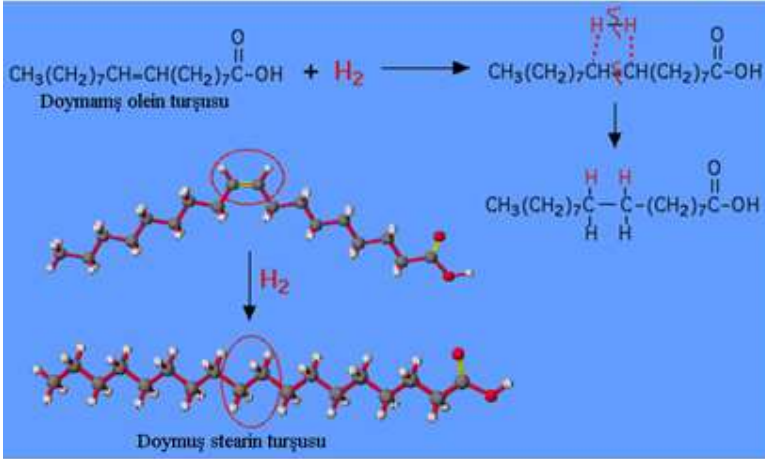
Rentgenoqrafiya analiz üsulu ilə müəyyən olunmuşdur ki, doymuş və doymamış yağ turşularının karbon zənciri bir-birinə iki paralel vəziyyətdə yerləşir ki, bu da onların lipid zülal biokomplekslərinin əmələ gəlməsində mühüm rol oynayır.

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.

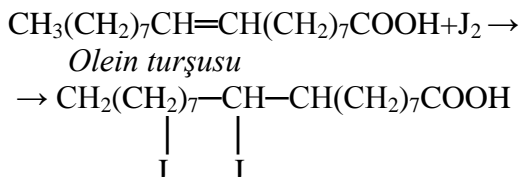
Yağların hidroliz məhsulunun hər 5 qramı destillə edildikdə, ondan su ilə birlikdə buxarlanan turşuların neytrallaşması üçün sərf olunan *0,1 n* qatılıqlı *NaOH* məhlulunun *ml*-lə miqdarına *Reyxert-Meyssel ədədi* deyilir.

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



ibarətdir.

Mumlar güman edildiyinə görə mühafizə funksyasını yerinə yetirir.

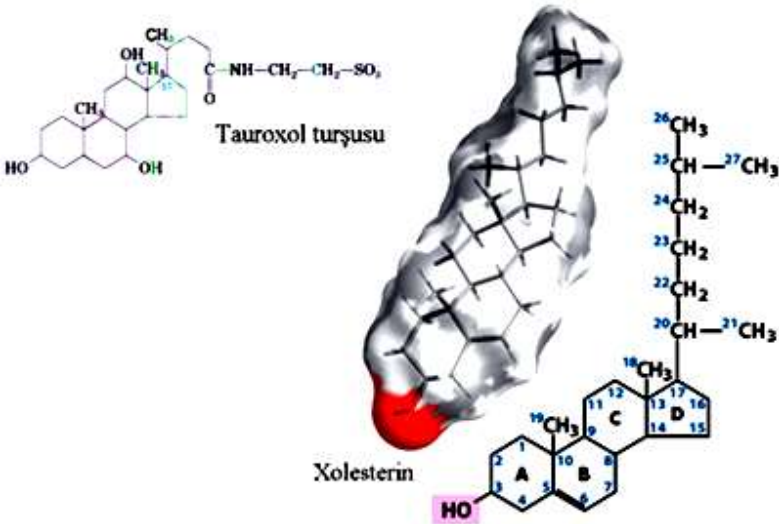
Onlar heyvanlarda dərinə suyun daimi təsirindən, bəzi hallarda isə həddindən artıq buxarlanmadan qoruyur.

**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 steroid 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.

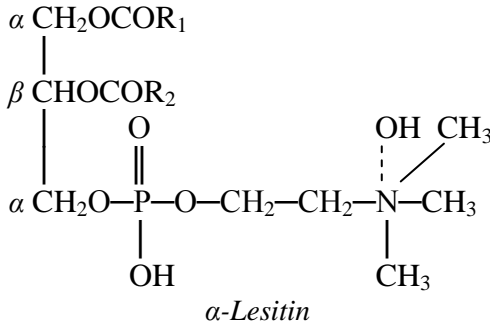
Fosfatidlər yağ həlledicilərinin çoxunda (benzol, efir, xloroform) həll olur, lakin asetonun təsirindən çöküntü verir və hiqroskopikdir. Suda şişərək kolloid məhlul əmələ gətirir. Bunlar optik aktiv olub, polyarizasiya müstəvisini sağa fırlayır (*d*-izomer).

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, mitoxondrilər) əsasını təşkil edir. Müxtəlif maddələrin bir toxumadan digərinə daşınmasını təmin edir. Tərkibində olan spirtin növünə görə fosfatidlər aşağıdakı yarımqruplara bölünürlər:

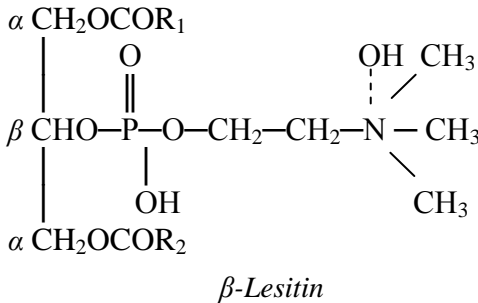
Xolinfosfatidlər (lesitinlər), kolaminfosfatidlər (kefalinlər), asetilfosfatidlər (plazmogenlər), serinfosfatidlər, inozitfosfatidlər və sfinqofosfatidlər.

**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:



Lesitinlər xolinfosfatın qliserinin hansı karbon atomunun yanında olmasından asılı olaraq *α*- və *β*- formada təsadüf edilir. *α*-lesitində fosfat turşusunun və xolinin qalığı qliserinin *α*-karbonu, *β*-lesitində isə *β*-karbonu ilə birləşirlər.



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

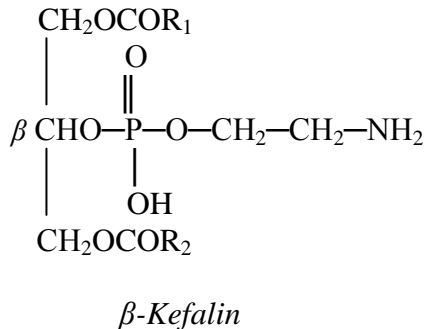
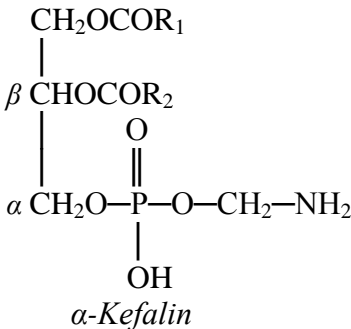
Lesitin maolekulundakı doymamış yağ turşusu hidroliz edildikdə lizolesitin adlanan yüksək hemolitik təsirə malik olan maddələr əmələ gəlir. İlan zəhərinin tərkibində göstərilən prosesi kataliz edən spesifik fermentlər vardır. İlan sancmış adamın qanında eritrosidlərin hemolizə uğraması həmin fermentin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

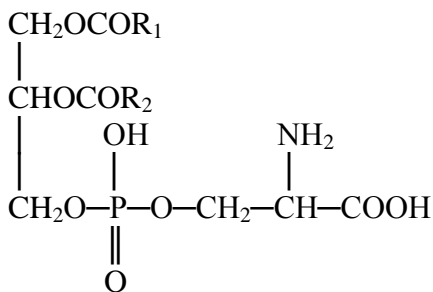
Kolaminfosfatidlərin nümayəndələri kefalinlərdir. Bunlara *fosfatidiletanolaminlər* də deyilir. Kefalinlərin tərkibində bir molekul qliserinin, iki molekul yağ turşusunun, bir molekul fosfat turşusunun və bir molekul da kolaminin qalığı vardır.

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*

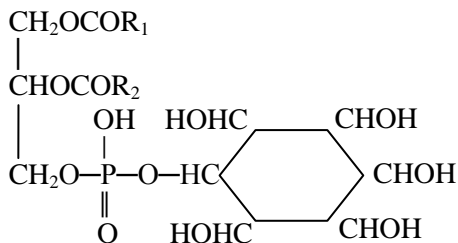
Serinfosfatidlərin (və ya fosfatidilserin) tərkibində bir molekul qliserinin, fosfat turşusu, serin aminturşusunun qalığı və iki molekul yağ turşusu olur.

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

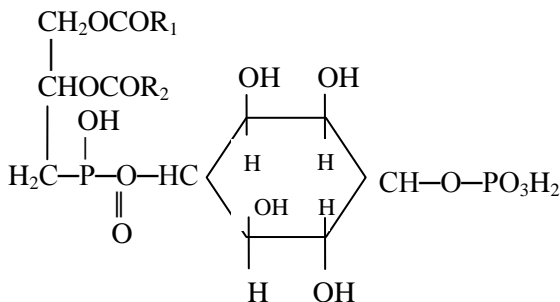
Lesitinlər, kefalinlər və serinfosfatidlər mübadilə prosesində bir-birinə çevrilə bilirlər. Serin karboksizləşərək kolaminə, kolamin isə metilləşərək xolinə çevrilirlər. Bu da onlar arasında genetik əlaqənin olmasına sübutdur. Serinfosfatidlər heyvanlarda bitkilərə nisbətən çoxdur. Son zamanlar müəyyən 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.



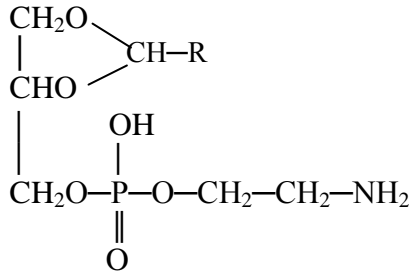
*Monoinozitfosfatid*



*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.

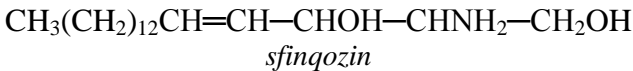
**2.5.5 Asetalfosfatidlər.** Asetalfosfatidlərə *plazmogenlər* də deyilir. Bunlar hidroliz olunduqda qliserinə, turşu aldehydlərinə (palmitin və stearin aldehydlərinə), fosfat turşusuna, kolamunə və ya xolinə ayrılır.



*Plazmogen*

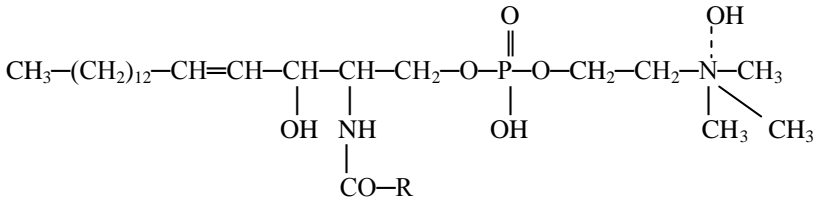
O, plazmanın tərkibində tapılmış fizioloji rolu hələ tam müəyyən olunmamışdır. Orqanizmdə yaşın artması ilə əlaqədar olaraq onların miqdarı azalır. Ən çox beyində, eritrositlərdə, əzələ toxumasında, qaraciyərdə, yumurtada asetilfosfatidlər tapılmışdır.

**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 aminospirt-sfinqozin olur və *trans* vəziyyətdə mövcud olur.



Müxtəlif toxumalardan alınmış sfinqofosfatidlər bir-birindən tərkibində olan alifatik turşuya görə fərqlənirlər. 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.

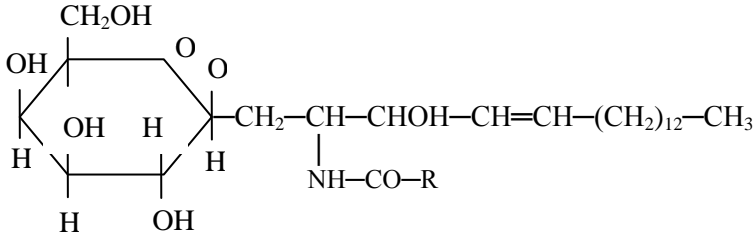
Qlikolipidlərin əmələ gəlməsində monosaxaridlər (əsasən qalaktoza), sfinqozin və yağ turşusu iştirak edir.

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

## Qlikolipidlər



Serebrozidlərin quruluşu ümumi şəkildə belə yazılır:



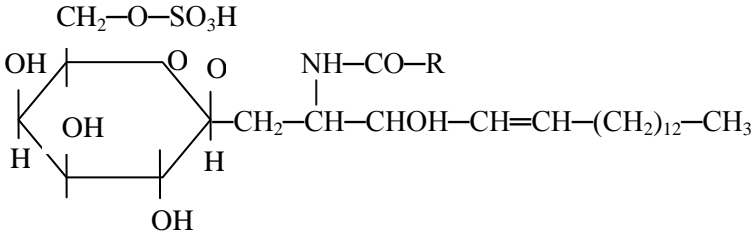
Serebrozidlər ilk dəfə beyində tapılmışdır. Siner toxumasında və dalaqda bu lipidin miqdarı daha çoxdur.

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

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

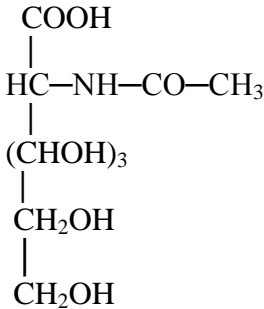
Sulfatidlər və ya sulfolipidlər kükürlü serobrozidlərdir. Bunlarda qalaktozanın birli spirt qrupu ilə efir tipində birləşmiş

sulfat turşusunun qalığı da vardır. Onların quruluşu aşağıdakı kimidir:

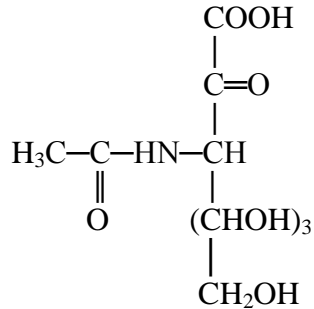


İnsan dalağında molekulunda qalaktozanın əvəzinə qlükoza daxil olan serebrozidlər tapılmışdır.

**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 mitoxondriyada və nüvəsində onlara rast gəlinir.

### **Mövzuya aid suallar**

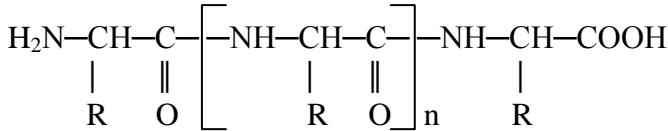
1. Lipidlərin əsas fizioloji funksiyalarını izah edin.
2. Turşu və sabunlaşma ədədi və onların əlaqəsi nə cürdür?
3. Mumlar və steridlərin kimyəvi tərkibi haqqında məlumat verin.
4. Xolinfosfatidlərin və kolaminfosfatidlərin bioloji rolunu aydınlaşdırmalı.
5. İnozitfosfatidlər və asetalfosfatidlərin 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. Zülalllar

**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 əvəzedilməz 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 xromotografiya 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 yerləşməsinə 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.

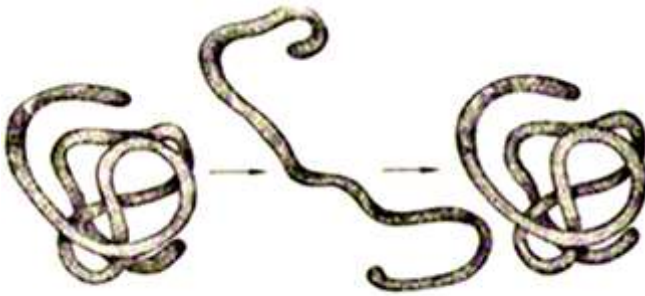
$\alpha_a = \frac{b}{c}$ ; burada  $\alpha_a$ -asimmetriya dərəcəsi;  $b$ -hissəciklərin uzunluğunun simmetriya oxu,  $c$ -hissəciklərin qısa simmetriya oxu  $\alpha_a = 1$

olan zülalların molekulalarının fəza quruluşu ellips və ya dairəvidir. Belə zülallara az rast gəlinir.  $\alpha_a = 3-6^1$  olan zülalların molekulalarının fəza quruluşu çubuqvarıdır. Bu zülallar çox yayılmışdır.  $\alpha = 80-200$  olan zülalların molekulalarının 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-

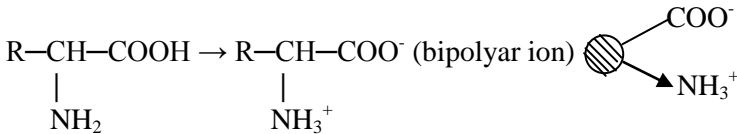
trafuqlaşma üsulu ilə müəyyən edilir. Bundan başqa elektronmikroskopiya, nüvə maqnit rezonans (NMR), gel-süzmə, gel-elektroforez üsulları ilə zülalların molekul kütlələri müəyyən edilir.

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.

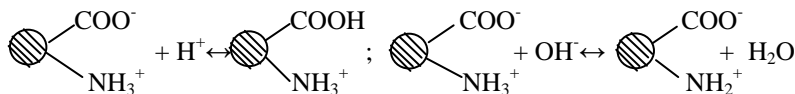


Şəkil 3. Zülalların denaturlaşma formaları

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 daşıdığından izoelektrik halda olurlar. Bu hal zülalın kolloid hissəciklərinin elektroneytral vəziyyətinə deyilir. İzoelektrik hal elektrolitlərin təsiri ilə yaranır. Hidrogen ionları qatılığının bu haldakı qiyməti (yəni  $pH$ -i) 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.

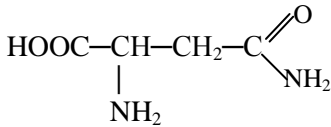
Zülal	Molekulyar kütləsi $D_a$	Molekulyar asimmetriya dərəcəsi $\alpha_a$	İzoelektrik nöqtəsi $pH$ -i
Balınanın mioqlobini	17600	3,0	7,0
Pepesin	35000	4,0	1,1
Yumurta albumini	46000	4,4	4,6
At hemoqlobini	68000	4,3	6,6
İnsanın $\gamma$ -qlobini	160000	6,0	7,3
Katalaza	250000	5,8	6,7
Ureaza	483000	4,8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

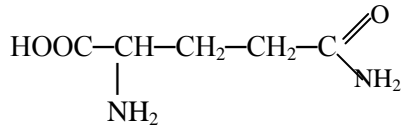
**3.4 Zülalların aminturşu tərkibi.** Zülalların kimyəvi tərkibini öyrənmək üçün turş, əsasi və ya fermentativ mühitdə hidroliz aparılır. Ha-

zırda yüzlerle 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*

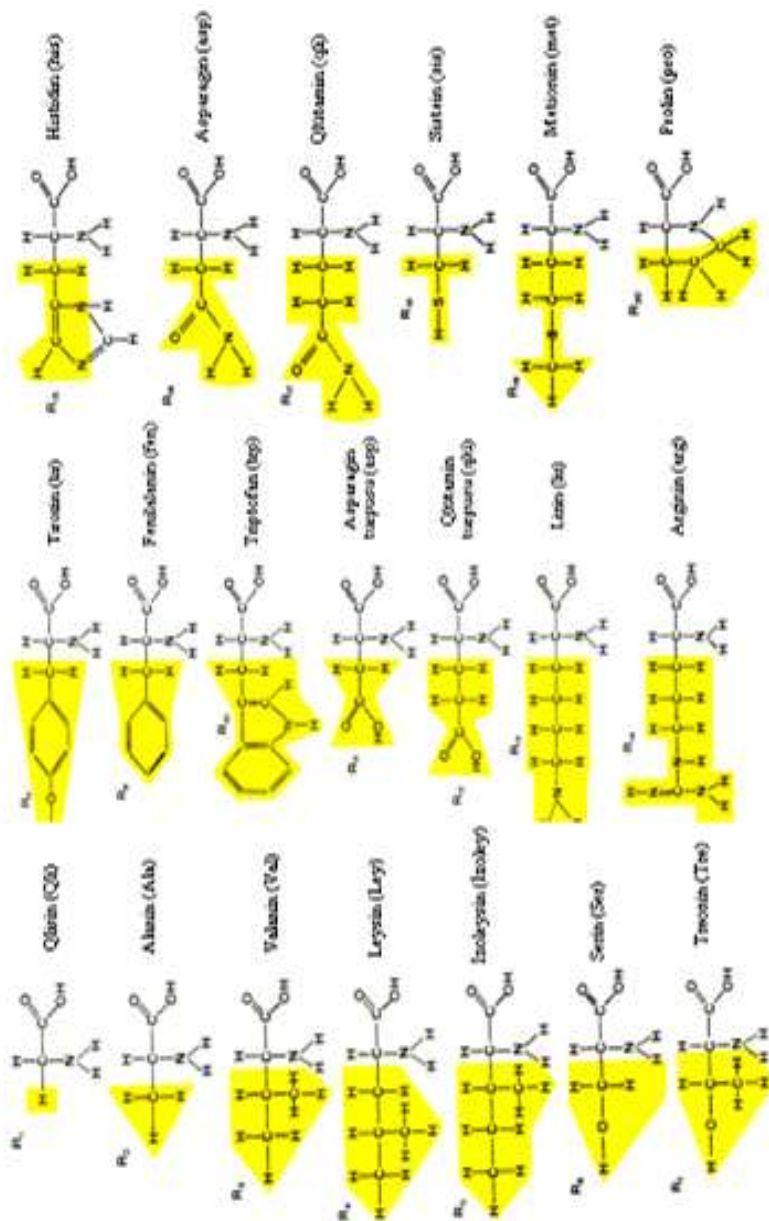
Zülallar  $\alpha$ -aminturşularından (qlisin, prolin və oksiprolindən başqa) əmələ gəlmişdir. Bütün zülal aminturşuları (qlisindən başqa) optiki aktivdir və *L* (sol) izomer halındadırlar.

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 alkilləşmə,  $-\text{OH}$  qrupu fosforlaşma reaksiyalarını verir.

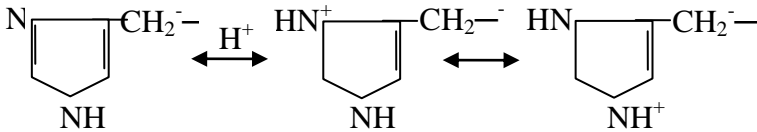
Aminturşuların fiziki xassələri tərkibindəki aminturşu radikalların polyarlığından, uzunluğundan və ölçüsündən asılı olaraq müxtəlif cürdür. Aminturşu radikalı zülalların polipeptid zəncirinin quruluşuna, zülalın fəza görünüşünə də təsir edir. Beləki, qlisində olan fəal radikal ( $-\text{CH}_2-\text{CHNH}_2-\text{COOH}$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

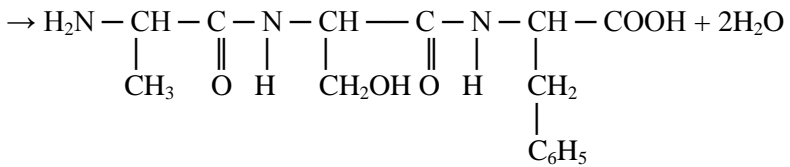
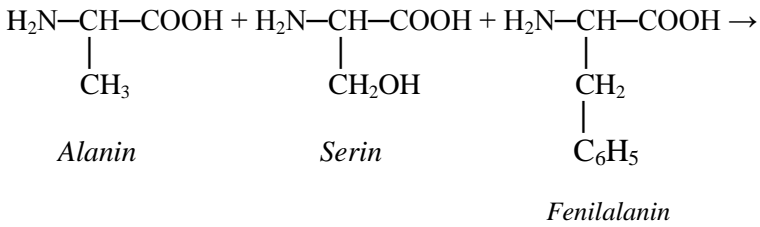
2. Siklik-qapalı zəncirli aminturşuları: treptofan, histidin, prolin, fenilalanin və s.

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 radikallarının 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<sub>2</sub>) 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.



*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

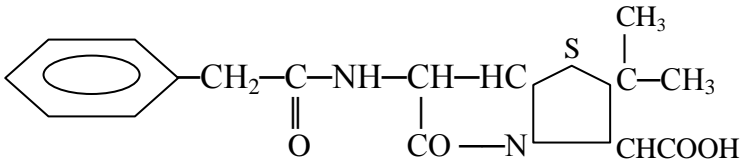
Peptidləri adlandırmaq üçün karboksil qrupu hesabına birləşən aminturşusunun adının axırınıc şəkilçisi “il” amin qrupu hesabına birləşmiş aminturşusu olduğu kimi saxlanılır. Tetrapeptidin (1 x 2 x 3 x 4) – 24; pentapeptidin – 120, nonapeptidin hərəsi bir dəfə iştirak etmək şərti ilə - 362 min izomeri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

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 tsiklik 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 quruluşa 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 göstərir. 1) Hormonal aktivliyə malik olanlar (vazopressin, oksitosin, 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 dərindən 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.

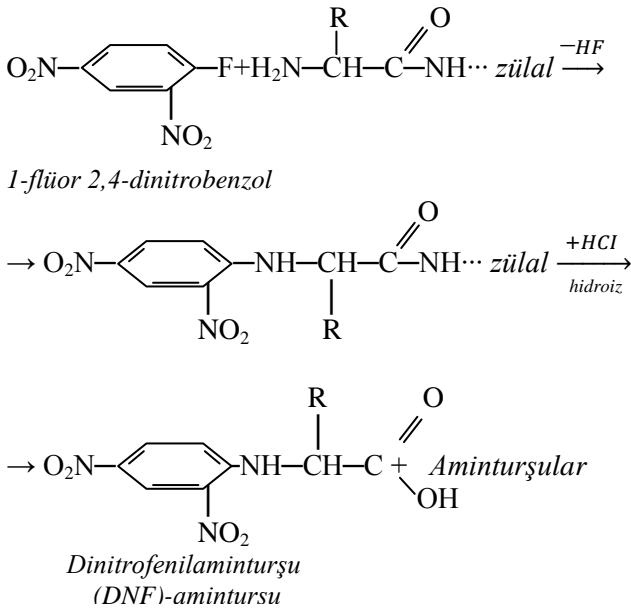
Hazırda zülalların aminturşu tərkibini və onların molekul zəncirində monomer qalıqlarının yerləşmə ardıcılığını təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Zülal molekulunda aminturşuların molekulyar nisbətini aydınlaşdırmaq üçün onları tam hidroliz edir və müxtəlif aminturşu növlərinə ayırırlar.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

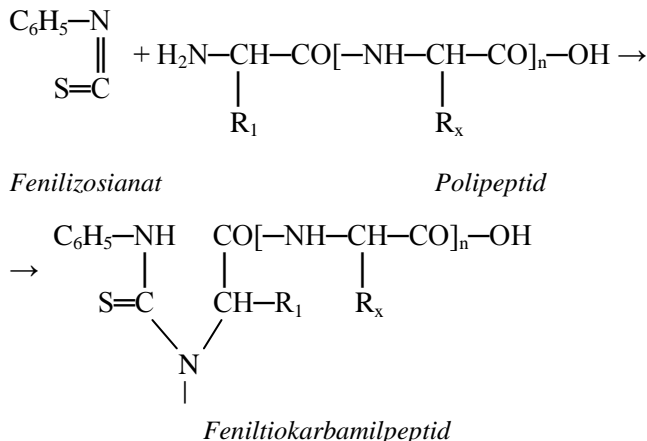
Götərilən üsulla aparılmış tədqiqat zamanı bir neçə növ DNF-aminturşu törəməsinin alınması, tədqiq olunan zülalın bir neçə polipeptid zəncirindən əmələ gəldiyini göstərir. Dinitroflüorbenzolun, zülalla qarşılıqlı təsirindən sonra reaksiya hidroliz edilir.



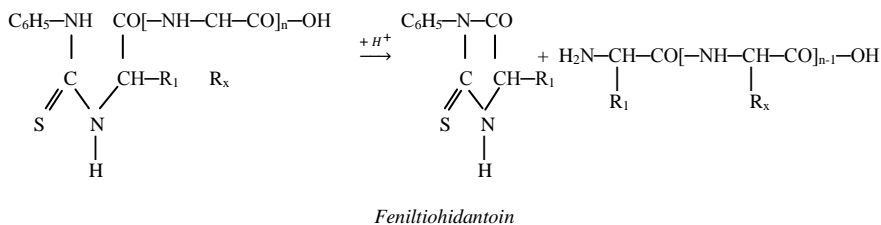
Hidrolizatda olan dinitrofenilaminturşu xromatoqrafiya üsulu ilə digər aminturşulardan ayrılır və onun tərkibinə hansı aminturşu qalığı daxil olduğu təyin edilir.

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

dən təklif olunmuş feniltiohidantoin üsulundan da istifadə edilir. Bu üsul fenilizotiosianatın peptid zənciri ilə spesifik reaksiya verməsi prinsipinə əsaslanır. Əvvəlcə fenilizotiosianat 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 fenilizotiosianatın birləşməsi peptid zəncirindən ayrılır və feniltiohidantoin adlanan tsiklik birləşmə əmələ gətirir:

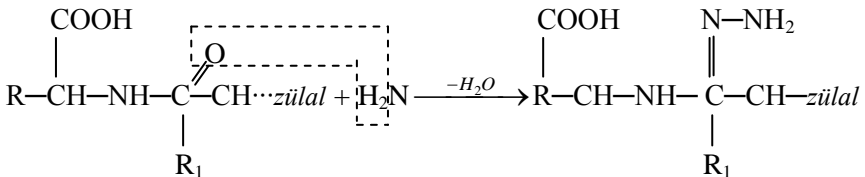


Bu reaksiya nəticəsində əmələ gələn feniltiohidantoinin tərkibinə hansı aminturşu qalığının daxil olduğunu xromatoqrafiya

üsuli ilə təyin edirlər. Reaksiyaları dəfələrlə təkrar etməklə aminturşuların 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.

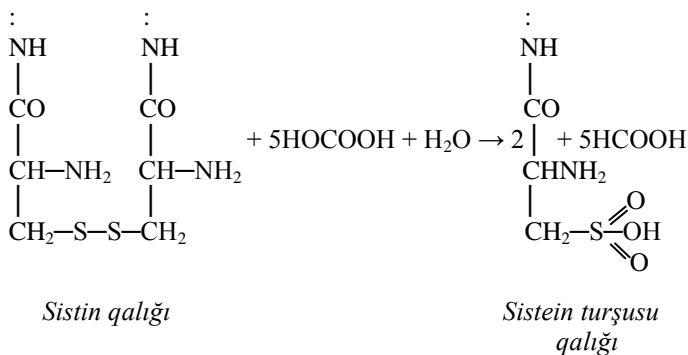
*S*-terminal aminturşunu təyin etmək üçün hidrazindən istifadə edilir. Hidrazin ( $H_2N-NH_2$ ) peptid rabitəsində olan karbonil ( $=C=O$ ) qrupuna təsir edərək hidrazonlar əmələ gətirir. O, peptid zəncirində yalnız karboksil qrupu sərbəst olan aminturşuya təsir edə bilmir. Deməli, hidrazinlə reaksiyaya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



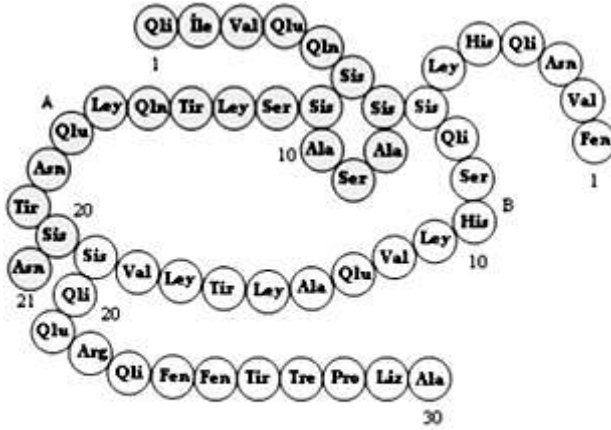
Zülal molekulunda aminturşuların yerləşmə ardıcılığının öyrənilməsində əsas məhələlərdən biri də polipeptid zəncirlərinin kiçikmolekullu peptidlərə (oligopeptidlərə) parçalanmasıdır. Bundan ötrü aminturşu rabitələrinə seçici təsir göstərən kimyəvi vasitələrdən və fermentlərdən istifadə edilir. Onların 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.

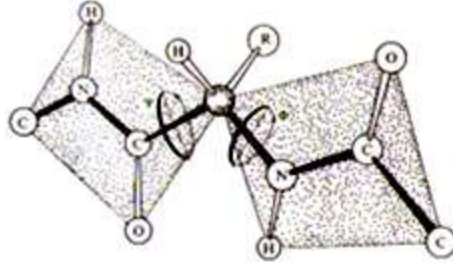
Kimyəvi tərkibi yuxarıda göstərilən üsullarla öyrənilən ilk zülali maddə insulin olmuşdur. 1956-cı ildə F. Senger aydınlaşdırmışdır ki, insulin molekulu disulfid rabitəsi ilə birləşmiş iki polipeptid zəncirindən ibarətdir. Molekulu təşkil edən zəncirlərdən birində 21, digərində isə 30 aminturşu qalığı vardır. Zəncirlərdən birincisi *A*, ikincisi isə *B* hərfləri ilə işarə edilir. Disulfid rabitələrdən 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.



Şəkil 4. A və B polipeptid zəncirindən əmələ gəlmiş insulin molekulunun birinci quruluşu

Zülal molekulunu əmələ gətirən əsas peptid rabitələridir.

Peptid kristallarının müasir rentgenoqrafiya və spektroskopiya üsulları ilə analizi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, peptid rabitəsində  $-CO-NH-$  karbon atomu ilə azot atomu arasında olan məsafə 0,13 nm-dir və bir müstəvi üzərində trans vəziyyətində yerləşmişdir. Bu da peptid rabitəsinin davamlı olmasını təmin edir.



Şəkil 5. Peptid zəncirinin incə quruluşu

Termodinamikanın qanununa əsasən peptid rabitəsi ilə sin-

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 fenilzotiasianatdan 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.



## Birinci quruluşu məlum olan bəzi zülallar

Cədvəl 8.

Zülal	Molekul kütləsi (Da)	Molekulda olan aminturşu qalıqlarının sayı
İnsulin	6000	51
Sitexrom	12400	104
Ribonukleaza	13700	124
Lizosim	14100	129
Tütün virusu	17500	158
Balina mioqlobini	17600	155
İnsan hemoqlobini	417000	141 ( $\alpha$ zəncirdə) 146 ( $\beta$ zəncirdə)
Tripsin	23950	228
Pepsin	34400	340
Karboksipeptidaza	34000	255

Heyvanların çoxusunda insulinlərinin bir-birindən fərqi A zəncirində olan 8-10 yerdə duran aminturşu qalıqlarının müxtəlifliyidir.

Ribonukleazanın fermentativ aktivliyi onun birincili quruluşunda olan bir neçə aminturşunun düzülmə ardıcılığından asılıdır.

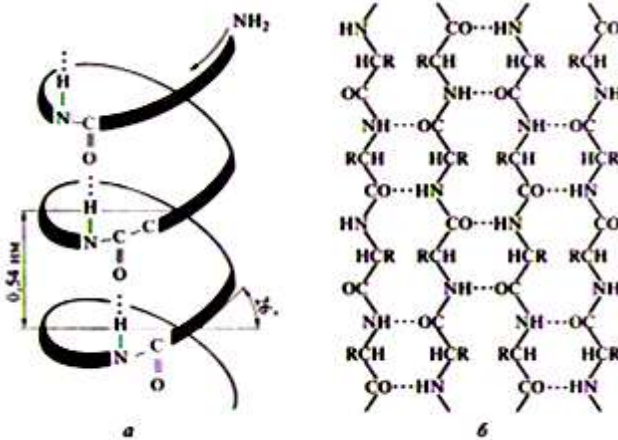


Şəkil 6. Ribonukleaza molekulunun birinci quruluşu  
(qara hissələr disulfid körpüsüdür)

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 dövrdəki 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  $26^{\circ}$  olur. Amin turşu qalıqlarının hər biri özündən əvvəlki qalıqdan spiralın boylama oxu üzrə 0,15 nm aralı yerləşir.  $\alpha$  spiralın hər bir dövrdə 4-ə yaxın,  $\beta$  spiraldə 5-dən artıq amin turşusunun qalığı olur.

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

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

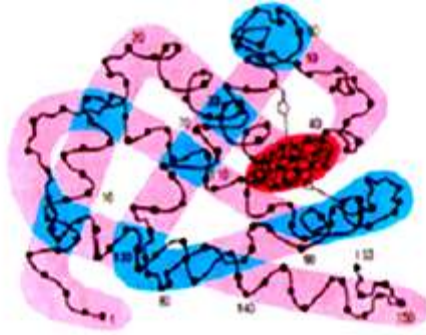
$\beta$  spiral forma davamsız olur. az rast gəlinir. Onlarda hidrogen rabitəsi əsasən müxtəlif molekullar arasında yerləşir və davamsız olur. Tərkibində çoxlu alanin və qlisin qalıqları olan zülallar  $\beta$  sturukturu əmələ gətirir.

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.

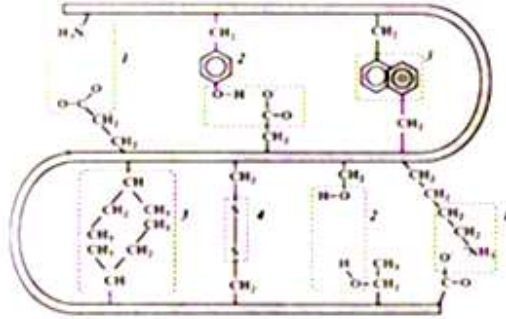
**3.9 Zülalların üçüncü quruluşu.** Polipeptid zəncirinin spi-

rallaşmış və spirallaşmamış hissələrinin növbələşməsi nəticəsində zülal molekulları qıvrılaraq 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 mikroskopiyaya 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 halqə 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.

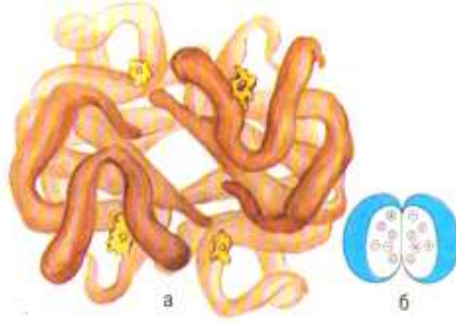


Şəkil 9. Zülalların üçüncü quruluşunun formalaşmasında kimyəvi rabitənin növləri: 1-ion rabitəsi, 2-hidrogen rabitəsi, 3- hidrofob rabitə; 4-kovalent (disulfid) rabitə

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 olmur. 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 yumaqşəkili (şarşəkili) 0,50 x 0,55x0,64 nm ölçüdə fəza forması alınır və qlobulin zülalı 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 hidrofily 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 hidrofily 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, funksiyaları, 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, qlütəlinlərə, 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 qalıqından 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 molekül 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. Molekül 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, qlipoproteidlər (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 bəsidir. 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-

lördür.

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 metalloideproteidlər.** 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.

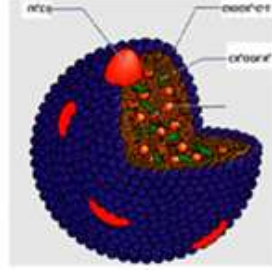
Fosfoproteidlərə misal süddə olan kazeini, yumurta sarısındaki ovovitellini, balıq kürüsündəki ixtulini və s.-ni göstərmək olar. Bunlar ehtiyat qida zülalları sayılır. Fosfoproteidlər heyvanların bəzi üzvlərində (məsələn: qaraciyərdə) fosfat turşusunun fəal forması kimi mübadilə proseslərində fəal iştirak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

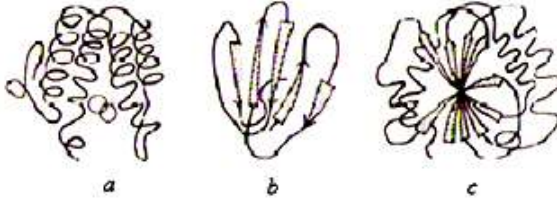
**3.13.7. Qlikoproteidlər.** Qlikoproteidlərə mukoproteidlər də deyilir. Bunlar sadə zülalların karbohidratlarla (qlükoza, qalaktoza, maltoza, fruktoza, qlükozamin, qlükuron turşusu, sulfat turşusu, sirkə turşusu və s.) və onların törəmələrinin (neyramin və sial turşuları) birləşməsindən əmələ gəlir.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

Zülallar molekullarının formalarına, fəza quruluşlarına (konformasiyasına) görə 2 qrupa: fibrilyar və qlöbulyar 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, zərdab 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.

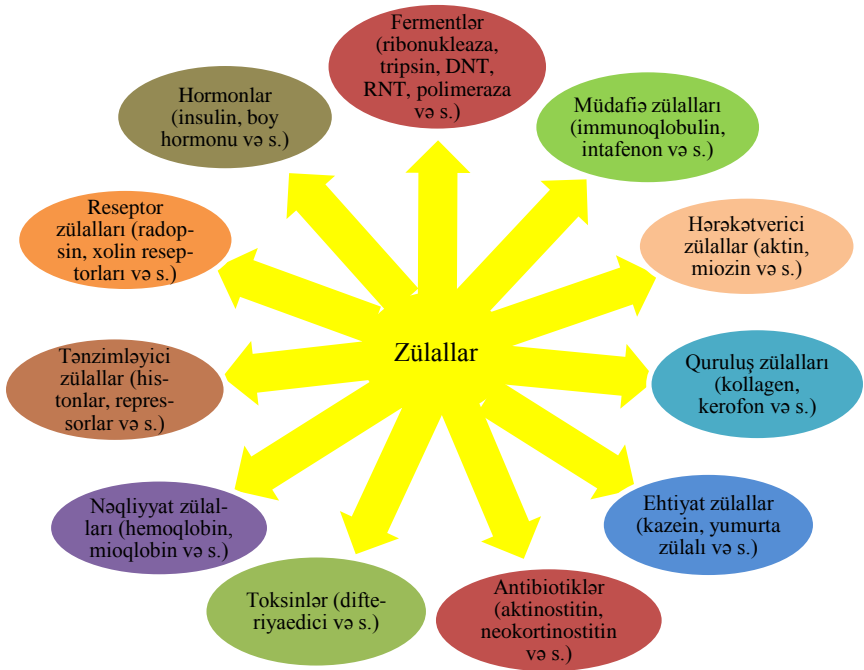
4)  $\alpha/\beta$  -zülallar- polipeptid zəncirinin  $\alpha$  sturukturunun  $\beta$ -strukturunun əhatəsində olanlar və ya əksinə  $\beta$ -strukturunun  $\alpha$ -spiralinin əhatəsində olan zülallar.

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:***

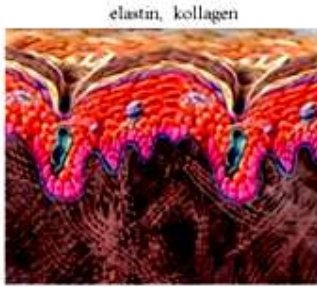
Zülalların müəyyən fəza quruluşuna malik olması, orqanizmdə hər hansı bir funksiya daşması hüceyrənin əmələ gəlməsində bioloji xassələrinin formalaşmasında əsas rol oynayır.

Zülalların funksiyası aşağıdakı sxemdə daha aydın göstərilmişdir.

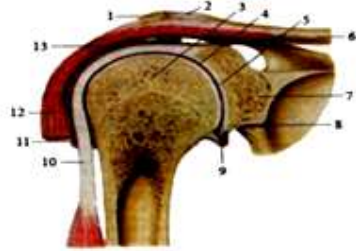


### **1. Quruluş funksiyaları.**

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.

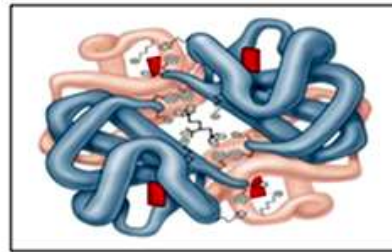


Şəkil 14.

**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.

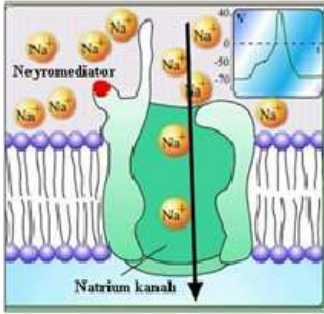


Şəkil 15.

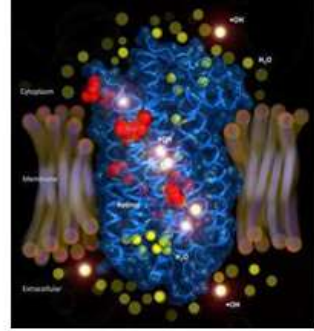


Şəkil 16.

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 prosesdə iştirak edir.

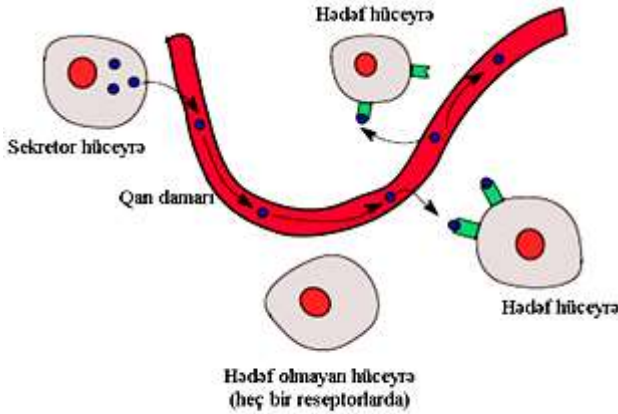


Şəkil 17.



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.

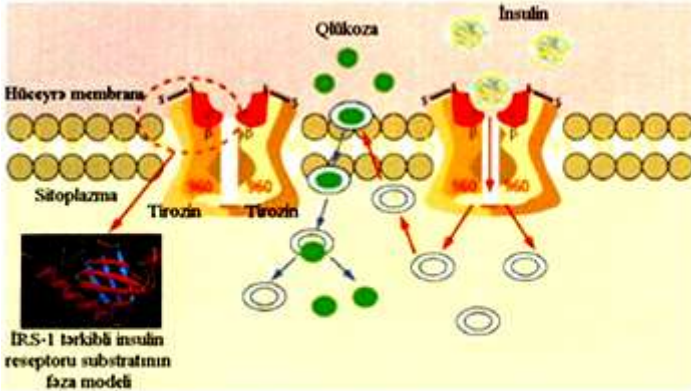


Şəkil 19.

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.

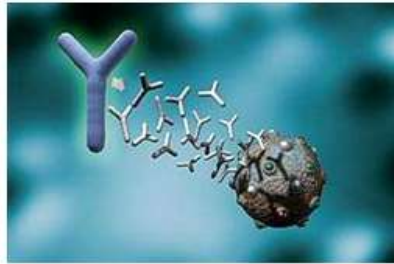


Şəkil 20.

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



Şəkil 21.



Şəkil 22.

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

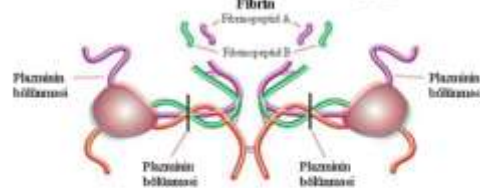
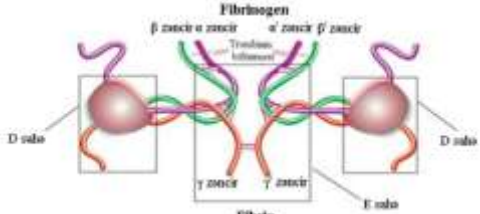




Şəkil 23.

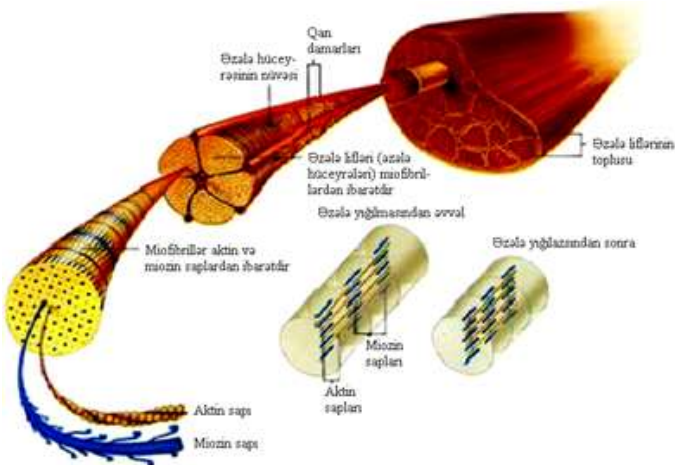


Şəkil 24.



Şəkil 25.

**6. Hərəkət funksiyası.** Qısa əzələlərin xüsusi zülalları (aktin və miozin) hüceyrənin və orqanizmin bütün hərəkətlərinin yerinə yetirilməsində iştirak edir. Aktin və miozin təkhüceyrəli və çoxhüceyrəli 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 KCooul enerji alınır. Zülallar əvvəlcə aminturşulara sonra isə son məhsul olaraq  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  və  $\text{H}_2\text{O}$  parçalanırlar.



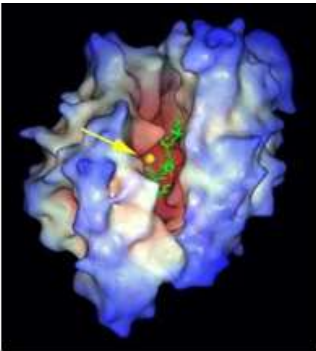
Şəkil 29.

**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.

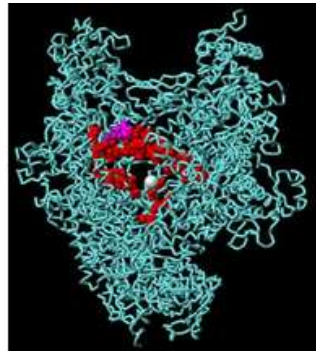


Şəkil 30.

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 əlamətlərlə fərqlənir?
12. Metaloproteidlərin bioloji rolunu aydınlaşdırın.

## IV FƏSİL

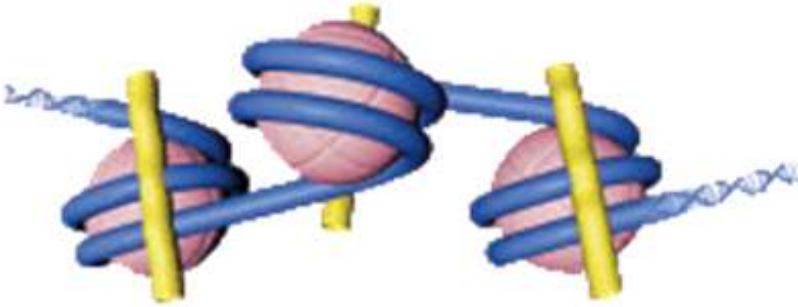
### 4. NUKLEİN TURŞULARI

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, nəsildən nəsilə ötrülməsində və bu informasiyaların həyata keçirilməsində vacib komponentdir. NT-i zülalların və hüceyrə orqanoidlərinin sintezini idarə edir, biokomplekslər formasında fəaliyyət göstərir.

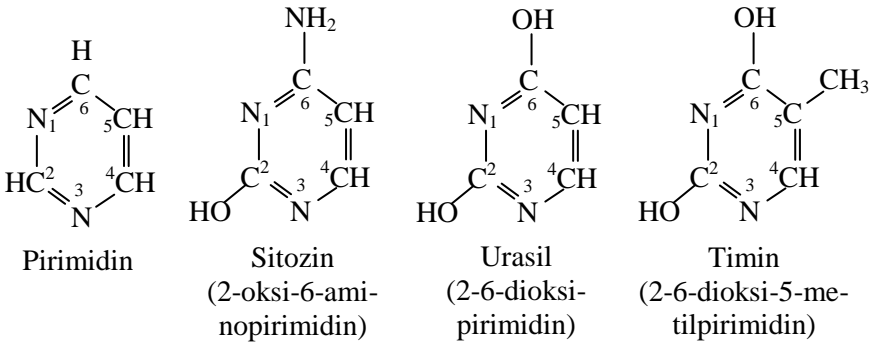
#### 4.1 Nuklein turşularının kimyəvi tərkibi və növləri

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.



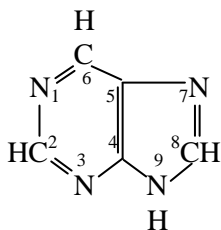
**Şəkil 33. Nuklein turşusunun strukturu**

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

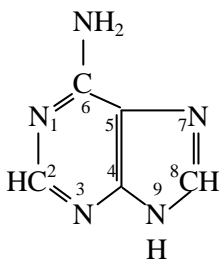


Azot əsaslarından olan digər birləşmələr – purin əsaslarına (purinin törəmələridir) adenin (A) və quanin (Q) aiddir.

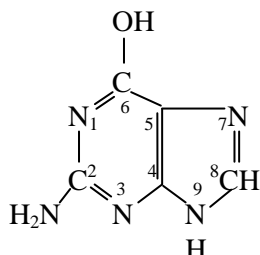
Pirimidin əsaslarından fərqli olaraq purin əsaslarında kondensləşmiş iki heterotsiklik həlqə olur. Purin molekulunu pirimidinlə imidazol həlqələrinin birləşməsi hesab etmək olar. İmidazol həlqəsinin purin molekuluna birləşmiş purin əsaslarının aktivliyini artırır. Purin törəmələrindən adeninə (6-aminopurin)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



Purin

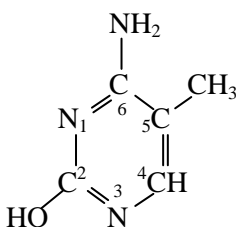


Adenin  
(6-aminopurin)

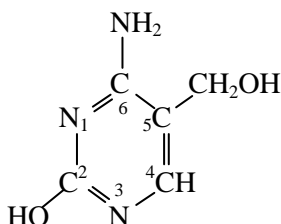


Guanin  
(2-amino-6-oksipurin)

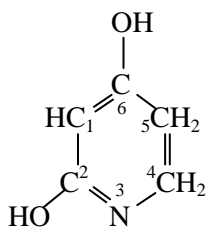
Bundan əlavə NT-in tərkibində az təsadüf olunan (mınar) azot əsaslarına rast gəlinir.



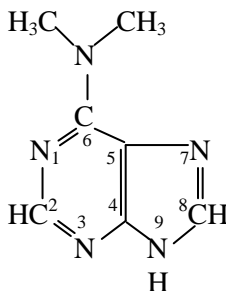
5-Metilsitozin



5-oksimetilsitozin



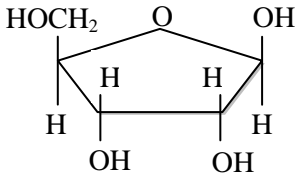
4,5-Dihidrourasil



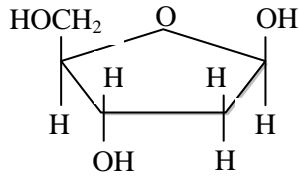
N<sub>6</sub>-Dimetiladenin

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

dezoksiriboza daxildir.



$\beta$ -D-ribofuranosa

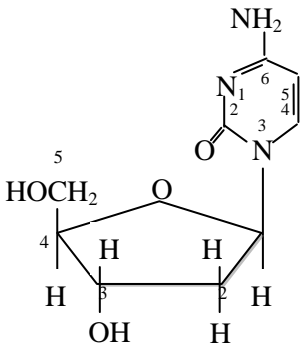


$\beta$ -D-2-dezoksiribofuranosa

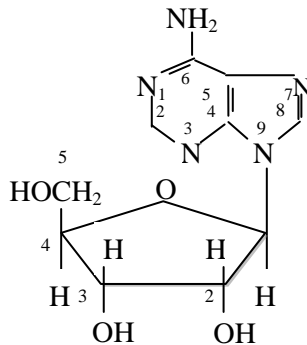
NT-in təbiətdə tərkibinə, quruluşuna və funksyasına görə iki növü ayırd edilir. Bunlar aşağıdakılardır:

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.

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



Dezoksisitidin  
(3- $\beta$ -D-dezoksiribofuranozil-  
sitozin)

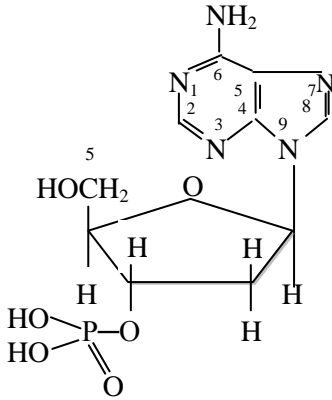


Adenzin  
(9- $\beta$ -D-dezoksiribofuranoziladenin)

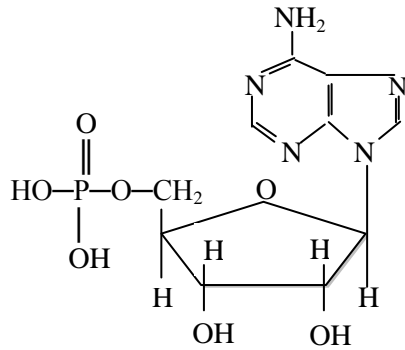


Əgər nukleozidin tərkibində ribozanın əvəzinə dezoksiriboza birləşərsə “dezoksi” şəkilçisi əlavə edilir. Belə olan halda dezoksiadenozin, dezoksistidin və s. tərkibli nukleozidlər alınır.

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

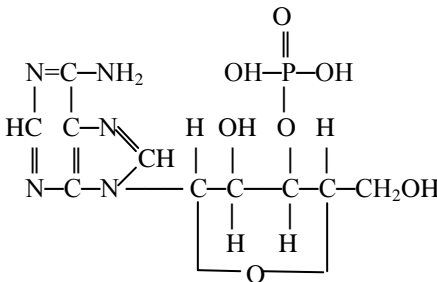


Dezoksiadenozin-3-monofosfat (d-3-AMF)

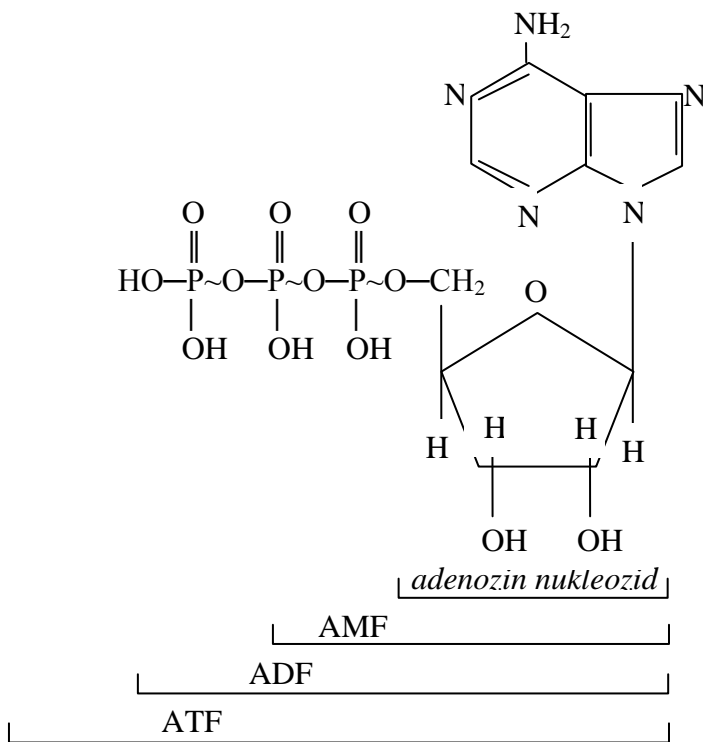


Adenzin-5-monofosfat (5-AMF)

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, orqanizmdə 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, dezoksiquanil, 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 qalıqından, 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.

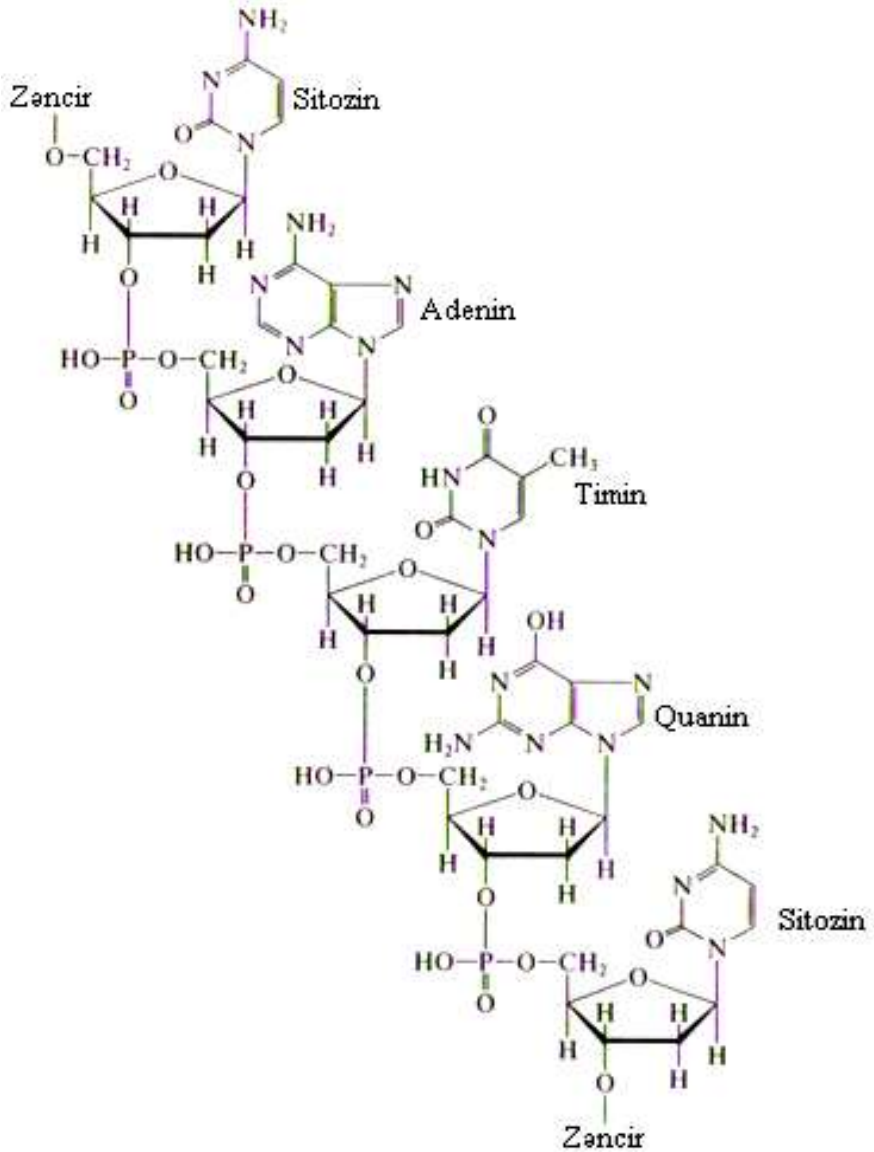
Nuklein turşularının molekulalarında nukleotidlərin yerləşmə ardıcılığına, onların *birincili quruluşu* deyilir.

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

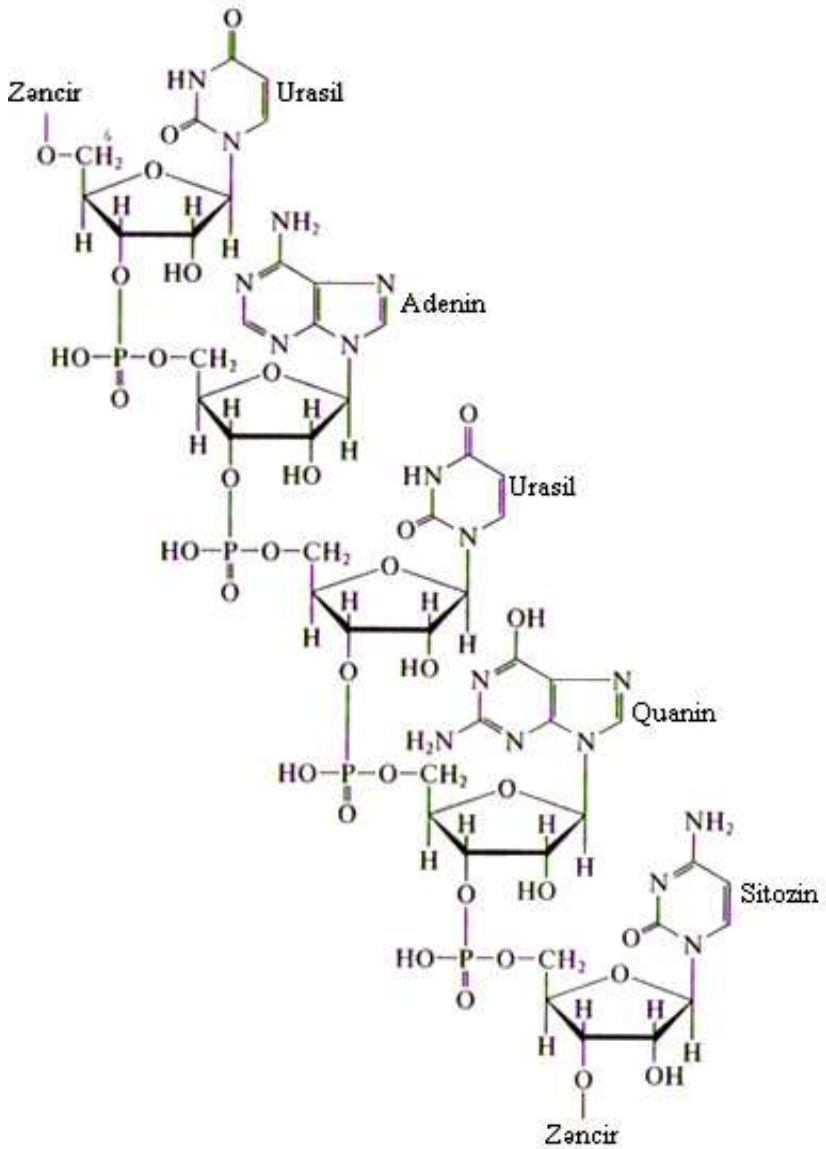


RNT

Şəkil 34.



Şekil 35. DNT molekülünün bir kısmı



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 şadır 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 şadır. mRNT-sı hüceyrə nüvəsində DNT-ın 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 çətinlidir. Azot əsaslarının miqdarı analiz üsulu bu çətinliyi (E. Carqaff) qismən aradan qaldırdı.

“Carqaff” qaydaları adı almış bu qanuna uyğunluq 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 qanuna uyğunluq RNT - molekulunda özünü doğrultmur.

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

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

3. Qanınla sitozini molyar miqdarının cəminin adeninlə timinin molyar miqdarının cəminə nisbəti  $Q + S / A + T$  DNT-in spesifik göstəricisi olub hər bir canlı növü üçün sabit kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət DNT-in 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-in spesifik göstəricisi DNTAT tiplilərdə vahiddən az, DNTQS tipli DNT-lərdə isə vahiddən çox olur. İnsan DNT-in 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 qanunauyğunluq 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 mövcuddur. 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 açılmışdır. Az sonra A. A. Bax və əməkdaşları valin nRNT-sinin birinci quruluşu açılmışdır. Hazırki vaxtda 2000-dən çox nRNT-in birinci quruluşu məlumdur.

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

Beynəlxalq “İnsanların geni” proqramının məqsəd və vəzi-



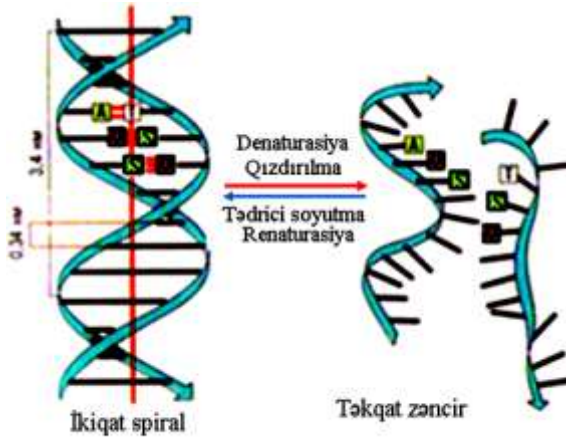
fəsi insan orqanizmində olan bütün DNT və RNT molekullarının quruluşunu aydınlaşdırmaqdır.

### **4.3 DNT və RNT-in ikinci quruluşu**

Nuklein turşusu molekulunu təşkil edən monomerlərin (nukleotidlərin) fəzada tutduğu mövqe (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, qvanini isə sitozinlə birləşdirir. Adeninlə timin arasında iki, qvaninlə 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 molekularda 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 qvanin yerləşirsə, digərində sitozin yerləşir. Deməli DNT molekulunda olan zəncirlər bir-birini tamamlayır.

1-ci zəncir --- A—Q—A—T—S—S—T— ---

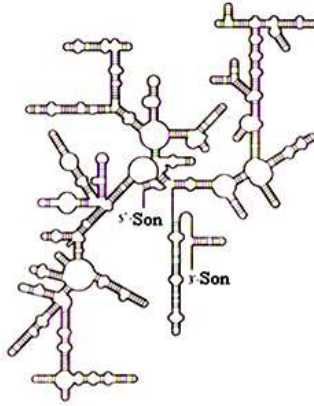
2-ci zəncir ---T—S—T—A—Q—Q—A— ---

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 şəkli alır.



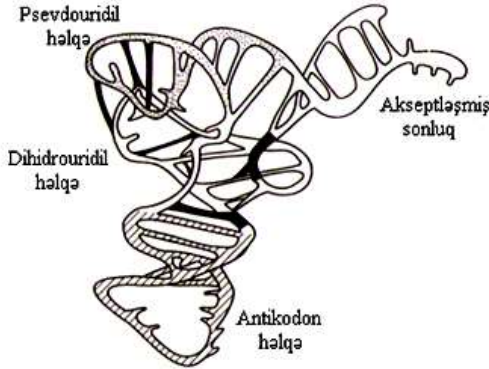
Şəkil 38. Bağırsağ çöpləri ribosom RNT-in ikincil quruluşunun sxemi

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

#### 4.4 NT-in üçüncü quruluşu

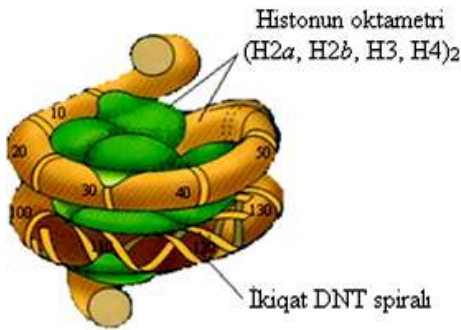
Hər bir NT molekulu fəzada ümumi bir superspirallaşma halına malik olur ki, bu da onların üçüncü quruluşunu əmələ

gətirir. 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 (antikod) 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 bütün 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 arası 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 idin.

8. NT-in üçüncü quruluşunu DNT və nRNT-si molekulunda aydınlaşdırmalı. Xromoson 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?

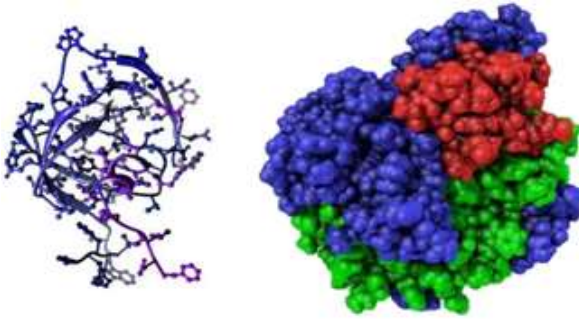
13. RNT-növlərinin molyar kütləsi ən çox olan hansıdır?

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 qızcırdan deməkdir. Genlərin fəaliyyəti də fermentlərlə tənzim olunur. Ona görə fermentlər deferasiəsiya və inkişaf proseslərində də mühüm rol oynayır. Biokimyanın fermentlərin öyrənilməsi ilə məşğul olan sahəsinə fermentologiya və ya enzimologiya deyilir.



Şəkil 41. Fermentlər

Fermentlər bir sıra əlamətlərinə görə qeyri-üzvi katalizatorlardan fərqlənirlər.

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  $Fe^{3+}$  ionu 10 mld dəfə, qeyri-üzvi birləşmələrdə katalitik təsir edən  $Fe^{3+}$  ionun-

dan aktivdir.

2. Fermentlər qeyri-üzvi katalizatorlardan fərqli olaraq spesifik təsirə malikdirlər. Hər bir ferment yalnız bir biokimyəvi reasiyanı və ya qurup halında bir tirəyə mənsub olan biokimyəvi reasiyaları 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 mitoxondri-



yalarda lokalizasiya 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. Ekstraktdan fermenti ayırmaq üçün zülallar aşağı temperaturda spirtlə, asetonla və duz məhlulları (ammonium sulfat və s.) ilə çökdürülür.

Fermentlərin ayrılmasında adsorbisiya hadisəsindən, gelfiltirasiya, elektrofores və xromatoqrafiya üsullarından da istifadə olunur.

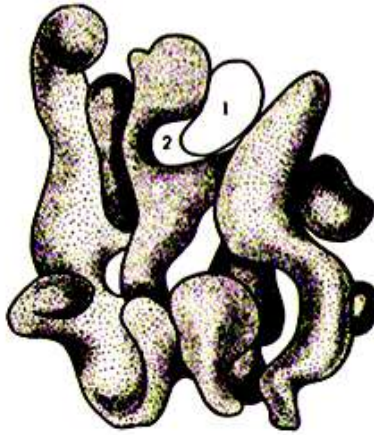
Ayrılmış fermentlərin bircinsliyi və təmizlik dərəcəsi həll olmalarına görə, elektroforez, xromatoqrafiya üsulu ilə, ultrasentrifuga etməklə və fəallıqlarının təyininə görə müəyyənləşdirilir.

Fermentlərin öyrənilməsində K. S. Kirxhofun böyük xidməti olmuşdur. O, 1814-cü ildə səməni 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, Vərburq 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, adozindifosfat, 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 hərəkətliyində, kinetik xassələrinə, inqibitorlara, aktivatorlara münasibətində, aminturşu tərkibinə və s. görə) fərqlənən fermentlər də vardır. Bunlara *izofermentlər* (izoenzimlər) və ya *izozimlər* də deyilir.

İzofermentlər ayrı-ayrı fermentlərin formalarıdır. Müxtəlif bioloji materiyyalarda 50-yə yaxın fermentin izozimləri müəyyən edilmişdir. Bunlardan laktatdehidrogenazanı, fosfatazanı, estera-  
zanı, aminotransferazanı, leysinaminopeptidazanı və s. göstərmək olar. Laktatdehidrogenazanın 5—forması, izofermenti (LD<sub>1-5</sub>) bəlidir. Bunların hamısının molekul kütləsi 134000-ə yaxındır. Tərkiblərində hər birinin molekul kütləsi 33500 olan dörd polipeptid zənciri (subvahid) vardır. Bu polipeptid zəncirləri iki tipdə olur. Onlardan biri M (ingilis dilində əzələ deməkdir), digəri H (ingiscə 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 aminturşu tərkiblərinə görə fərqlənir və təkliddə 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 morfogenezinin 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

adlanan 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**-peptid 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 sürətdə 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 ferment

tin 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 biokimya 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

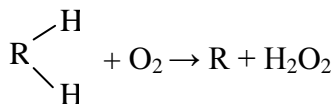
nomenklatur üzrə adlandırılırlar. Fermentlərin sistematik adları iki hissədən ibarətdir: birinci hissə substratın adını göstərir. İkinci hissə “aza” şəkilçisi ilə bitir və fermentin kataliz etdiyi reaksiyanı səciyyələndirir. Fermentlərin sistematik adları yazıldıqda birinci hissə ilə ikinci hissənin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

Fermentlərin adi adları mümkün qədər sadə və qısa olmalıdır. Bu məqsədlə fermentlərin əksəriyyətinin köhnə adları işlədilir. Təbiidir ki, adi 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.

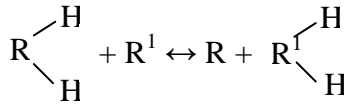
Aşağıda fermentlərin müasir təsnifatının müxtəlif qrupları haqqında qısa məlumat verilir.

**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:

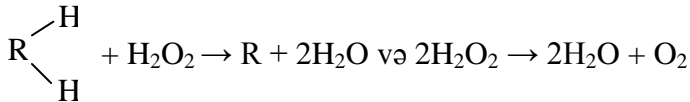


*Anaerob dehidrogenazalar*-hidrogeni bir substratdan digərinə keçirir. Bu cəhətə görə anaerob dehidrogenazalar aerob dehidrogenazalardan fərqlənir. Lakin onların kataliz etdiyi reaksiyalarda oksigen iştirak etmir:



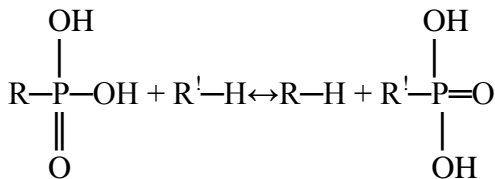
*Sitoxromlar*-bioloji oksidləşmədə elektron daşıyıcı kimi iştirak edən fermentlərdir (məsələn, sitoxromoksidaza).

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



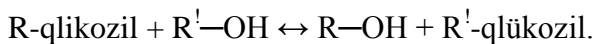
**II. Transferazalar.** Transferazalar-müxtəlif kimyəvi qrupların bir molekuldan digərinə keçirilməsi ilə nəticələnən reaksiyaları kataliz edən fermentlərdir. Bu sinfə daxil olan fermentlər daşınan kimyəvi radikalın növünə görə bri-birindən fərqlənir.

*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.

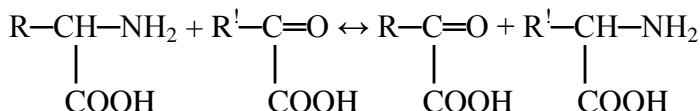


*Olikoziltransferazalar* - sadə şəkər qalıqlarını daşıyan fermentlərdir.

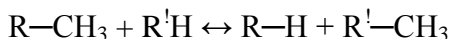




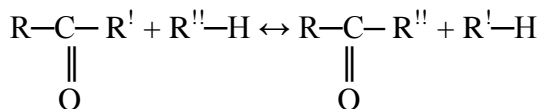
*Amintransferazalar* - amin qrupunu aminturşulsrından keto-turşulara daşıyan fermentlərdir.



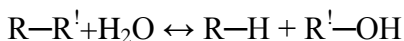
*Metultransferazalar*-metilləşmə reasiyalarını kataliz edir.



*Asiltransferazalar*-asil qalıqlarını daşıyan fermentlərdir.



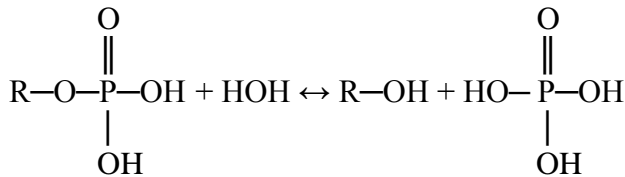
**III. Hidrolazalar.** Hidrolazalar-molekul daxili rabitələrin hidrolitik (su molekulunun birləşməsi ilə müşahidə olunan) parçalanma reaksiyalarını kataliz edən fermentlərdir. Onların ümumi təsir sxemi belə ifadə olunur.



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

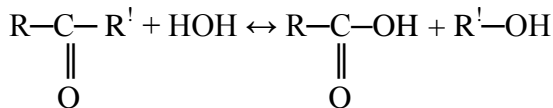
1. *Esterazalar*-mürəkkəb fermentlərin hidrolitik parçalanmasını sürətləndirən fermentlərdir. Bu yarımqrupa aşağıdakı fermentlər daxildir:

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



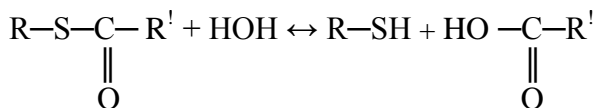
Bunlara qələvi və turş fosfatazalar, qlukoza-6- və qlukoza-1-fosfatazalar, nukleotidazalar, fosfodiesterazalar, ribonukleazalar, dezoksiribonukleazalar və s. aiddir.

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.

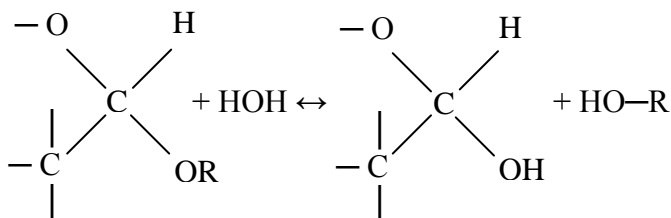
2. *Tioesterazalar*-üzvi turşularla tiospirtlərin mürəkkəb efirlərini parçalayır.



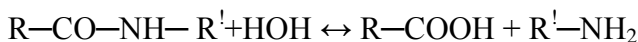
*Asetilkoenzim-A*-deasilaza tioesterazaların nümayəndəsidir.

3. *Qlikozidazalar*-qlikozidlərin hidrolizini sürətləndirən fermentlərdir. Mürəkkəb 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 parça-

lanmasını 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.

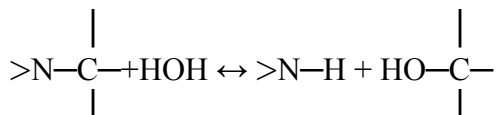


Peptidazalar təsir xüsusiyyətlərinə görə bir neçə yarımqrupa bölünür:

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

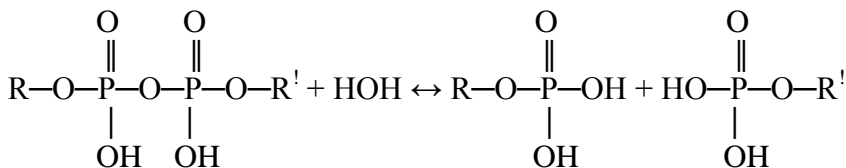
b) *endopeptidazalar*-polipeptid zəncirlərinin orta hissəsində yerləşən peptid rabitələrini parçalayır.

5. *Amidazalar*-amidlərin hidrolizini sürətləndirən fermentlərdir.



Bunlar asparaginaza, ureaza, adenindezaminaza aiddir.

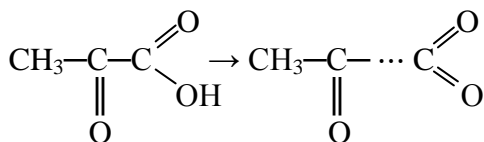
6. *Polifosfatazalar*-fosfat turşusu qalıqları arasındakı anhidrid rabitələrini parçalayan fermentlərdir.



Polifosfatazaların nümayəndələrindən adenoziptifosfatazanı, nukleoziddifosfatazanı 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 peptid-hidrolazaların (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, tütüncülükdə, 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 yetişməsinə (alınmasını, şişməsinə) 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 qarı-

şıq tərkibli (betasid, festal, abomin, panzinorm və başqaları) olanlar - 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 köbək mənşəli fermentlərdən heyvanların yemləri mənimsənilməsinə artırmaq məqsədilə istifadəsi get-gedə genişlənilir. Kompleks ferment preparatlarının tətbiqi yemlərdə selluloza və hemisellulozanın da heyvan orqanizmində mənimsənilməsinə şərait yaradır.

Ferment preparatların saxlanılması nəticəsində onların istifadəsi çətinləşir. Tətbiqi enzimologiyanın nəaliyyətləri nəticəsində immobilləşdirilmiş fermentlər-süni ferment qrupları yaradılmışdır. Bu cür immobilləşdirilmiş 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 fermentlər 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 amin turşulardan (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 funksiyaları yaxşı öyrənilmiş vitaminlərdən əlavə *vitaminəbənzər* maddələr də mövcuddur. Onların bioloji rolu hələlik yaxşı tədqiq edilməmişdir. Belə maddələrə xolin, inozit, linol turşusu, I-vitamini (S-metilmethionin), 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 yaran-



masına 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	Filloxion	Antihemorragik vitamin	0,015
Q	Uboxion	—	—
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 üsuldan istifadə edilir: fiziki-kimyəvi və bioloji üsullardan.

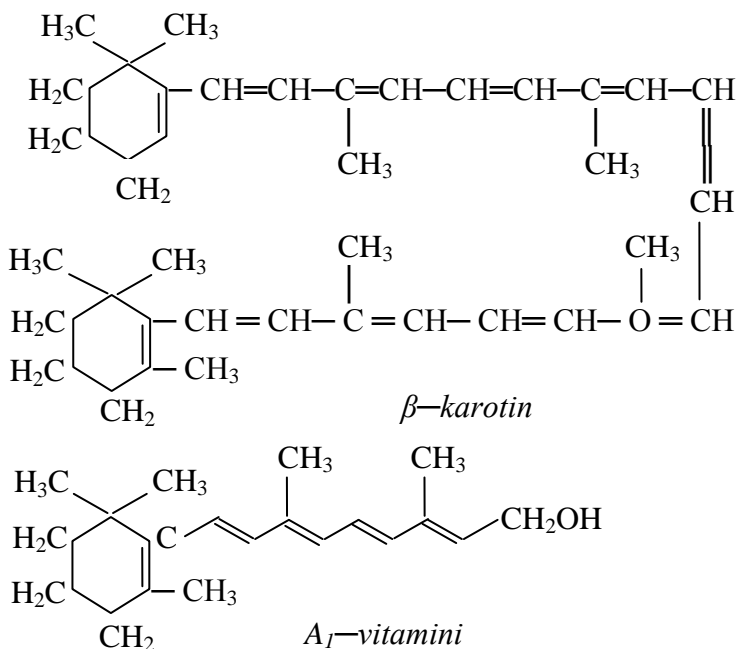
Fiziki-kimyəvi üsul müxtəlif vitaminlərin müəyyən kimyəvi reaktivlərlə rəngli reaksiyalar vermək qabiliyyətinə əsaslanır. Bioloji üsulun mahiyyəti bundan ibarətdir ki, heyvanlar müəyyən müddət ərzində (dəniz donuzu, siçovul və s.) süni, vitaminsiz pəhrizlə qidalandırılırlar, təcrübə heyvanlarında avitaminoz 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. Karotidlərin qarışığında  $\beta$ -karotin çoxluğu (təx-

minən 85%) təşkil edir. Bunun bioloji fəallığı 100 götrülərsə,  $\alpha$ -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 karotinazanın 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, asetonunda və s. yağ həlledicilərində yaxşı həll olur. Bu-

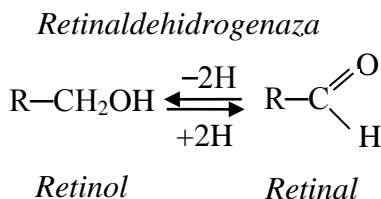
nun izomerləri də vardır.  $A_2$  vitaminindən bunun fərqi nüvəsində əlavə (2-ci) ikiqat rabitənin olmasıdır.

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  $A_3$  vitamini adlanır.

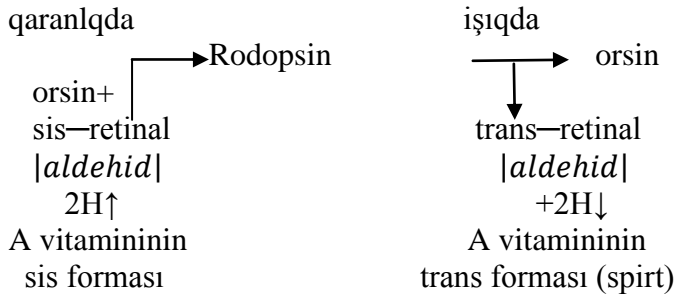
A qrupu vitaminləri zülalların, nuklein turşularının mübadiləsində, bəzi hormonların (insulinin) fəallaşmasında, oksidləşmə-reduksiya proseslərində iştirak edir.

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 işıqın 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.

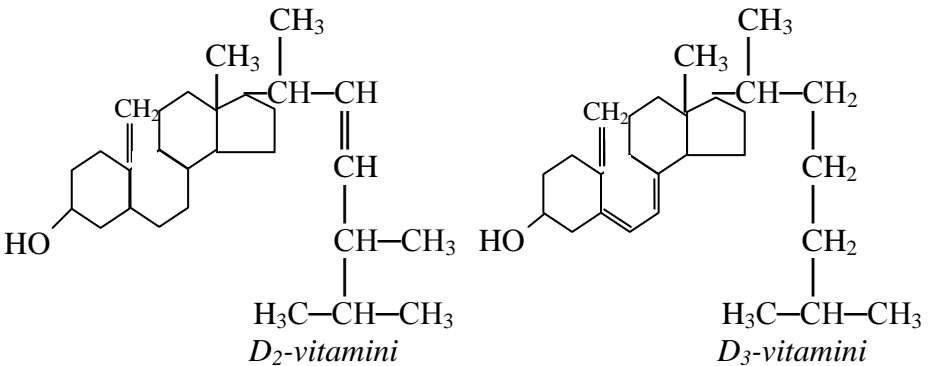
Karotin və onun izomerləri *karotinoidlər* adlanır. Bitkilərin inkişaf fazalarından asılı olaraq karotinoidlərin miqdarı dəyişir. Ən çox çiçəkləmə fazasında olur, sonra isə azalır. Meyvələrin yetişmə dövründə də onların miqdarı çoxalır.

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.

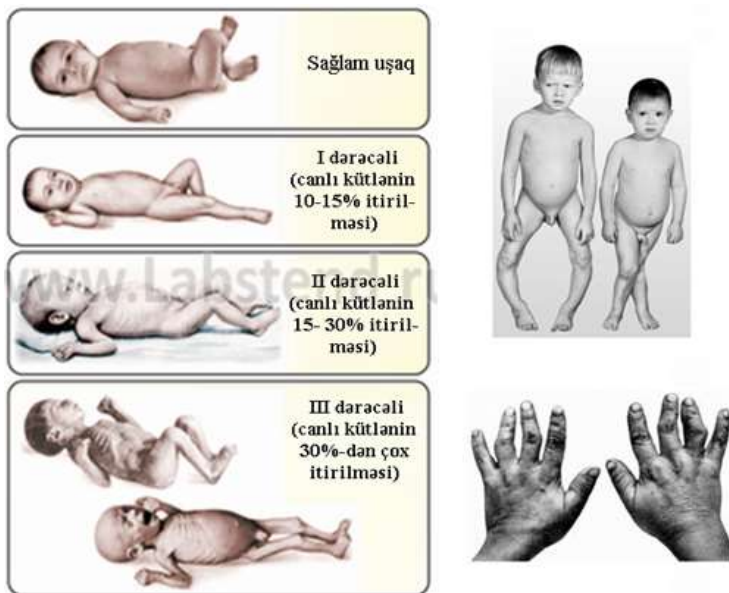
D vitamini və ya kalsiferol bitkilərdə provitamin formasındadır. Bu da sterinlərdəndir. Məsələn, erqosterin  $D_2$  vitamininin provitaminidir. İnsan və heyvan orqanizmində erqosterindən ultrabənövşəyi şüaların təsiri ilə  $D_2$  vitamini (erqokalsiferol) əmələ gəlir.  $D_3$  vitamininin (və ya xolekalsiferol) 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<sup>0</sup>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 pözulması nəticəsində lülə sümüklərin yumşalması və əyilməsi ilə xarakterlənir.





Şəkil 45. Raxit xəstəliyi nəticəsində sümüklərin müxtəlif formalı deformasiyası və canlı kütlənin itirilməsi

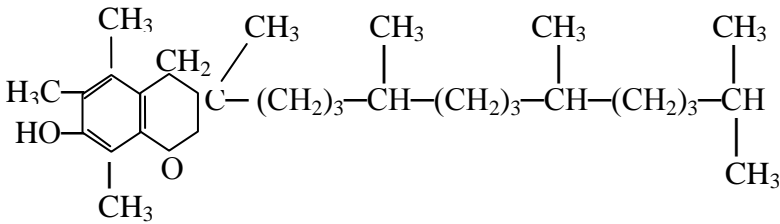
Bütün orqan və toxumalarda fosfor və kalsiumun miqdarı azalır. Qanda kalsiumun miqdarı 10 mq %-dən 7 mq %, fosforunkü isə 5 mq %-dən 2 mq %-ə qədər azalır.

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. Qələvələrdə 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 haldadır (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  $\beta$ -tokoferolunkü 30 və  $\gamma$  tokoferolunkü 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. Erkəklərin toxumaları degenirasiyalaşır.



Şəkil 46. E vitamininin çatışmazlığı nəticəsində meydana çıxan əzələ atrofiyası

E avitaminozu zamanı əzələlərdə fosfor mübadiləsi, xüsusilə adenozinüçfosfatın 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 artıb-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.

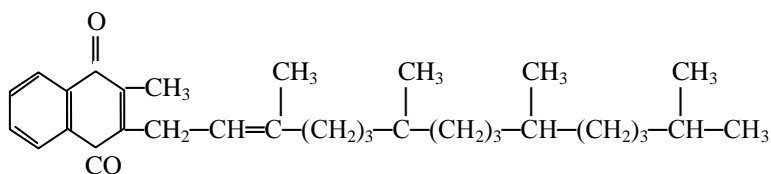
## 6.6 K vitamini

Buna a n t i h e m o r r o k i k 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 stabiləşdirir.

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

K vitaminləri üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur. O bir neçə formada olur. Onlardan  $K_1$  və  $K_2$  vitaminləri əsasdır.  $K_1$  vitamininə  $\alpha$ -filloxinon,  $K_2$  vitamininə isə farnoxinon da deyilir.

$K_1$  vitamininin tərkibi aşağıdakı kimidir:



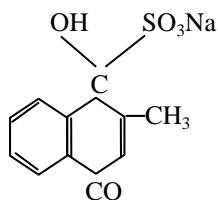
Bunun kimyəvi adı 2-metil-3-fitol-1,4-naftoxinondur. Bu 1940-cı ildə sintetik yolla da alınmışdır.

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

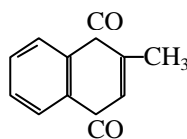
K vitaminləri orqanizmdə parçalanaraq 2-metil-1,4-naftonona da çevrilir ki, bu da zəif də olsa, fəallığa malikdir. Bu,  $K_3$  vitamini də adlanır.

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 müşa-

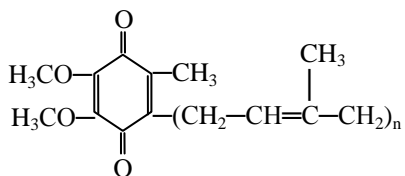
hidə edilir, yolxucu xəstəliklərə həssaslıq artır.

Kənd təsərrüfatı heyvanlarında F vitamininin çatışmazlığı yaxşı öyrənilməmişdir, lakin müəyyən edilmişdir ki, süd məhsuldarlığı azalır, cavanların boy inkişafı dayanır, nəsl 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 Q)*

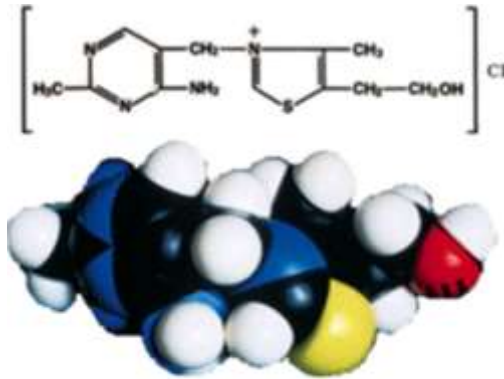
Ubixinon suda həll olmayan maddədir, oksidləşmə-reduksiya qabiliyyətinə malikdir. Bu vitamin mitoxondriyaların daxili membranlarında elektron köçürücü zülalların tərkibinə daxildir. Tənəffüs prosesində flavoproteidlərdən (membran dehidrogenazalardan) V sitoxromdakı dəmirə elektronların köçürülməsində

koferment 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 distrofiası 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:

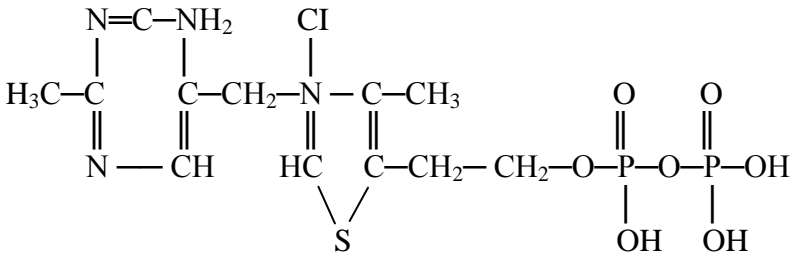


Şəkil 47. B<sub>1</sub> vitamininin quruluşu

B<sub>1</sub> vitamini tiaminxlorid formada turş mühitdə mövcuddur.

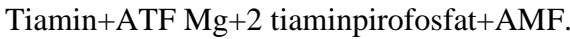
Neytral və qələvi mühitdə bu quruluş dəyişir, tiamin molekulunda sərbəst aldehid və sulfhidril qrupları yaranır. Bu vitamin

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 dehidrogenazaların 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 adovşanı 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 bağırsaqla sintez olunur.

B<sub>1</sub> vitamini müxtəlif bitkilərin 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 pıvəmayasında mövcuddur.



Şəkil 48. Beri-beri xəstəliyində əsağı ostrafların utrofiyası

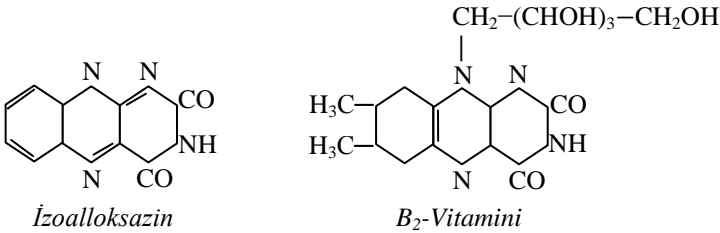
## 6.10 B<sub>2</sub> vitamini.

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

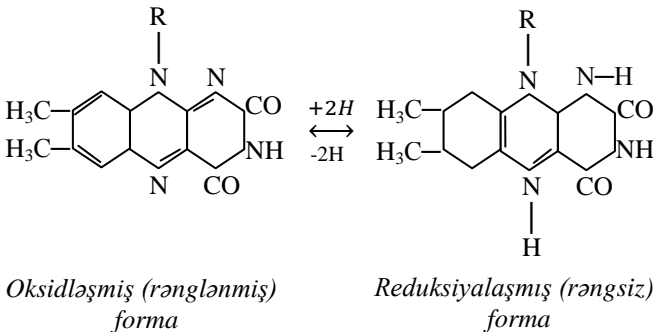
Bu vitaminin kimyəvi adı 6,7 dimetil-9-ribitilizoalloksazindir.

B<sub>2</sub> vitamini sarı kristal maddə olub, suda yaxşı həll olur, 2,92<sup>0</sup>C temperaturda əriyir. Temperatur və ultrabənövşəyi şüaların təsirinə davamsızdır. Işıqın təsiri ilə ribitola və dimetilizoalloksazi-

nə parçalanır.



Flavinlər qrupuna aid olduğundan və tərkibində ribozanın qalığını saxladığı üçün ona riboflavin də deyilir. Bu vitamin filavin fermentlərinin kofermentidir. Hazırda 30-a yaxın flavin fermentləri məlumdur. Bunların az qisminə prostetik qrup riboflavinfosfatdır, çoxunda isə flavinadenindinukleotiddir (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 forma-

sında 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 inkişafda əlaqədar olan oksidləşmə prosesləri pozulur, dermatit əmələ gəlir, boy prosesi və qanın regenerasiyası ləngiyir, gözlər xəstələnir, tüklər tökülür.

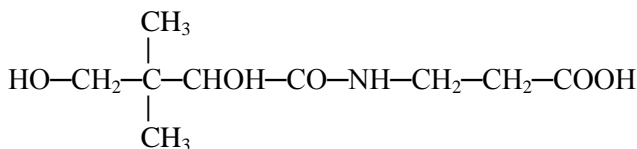
Riboflavinin çatmazlığına donuz, it və quşlar daha həssasdır. B<sub>2</sub> vitamininin sintezi həm işıqda, həm də qaranlıqda gedir. Onun miqdarı toxum cücərməyə başlayandan çiçəkləmə fazasına qədər artır. Bu vitamin cavan orqanlarda daha çoxdur.

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 qabığına 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.

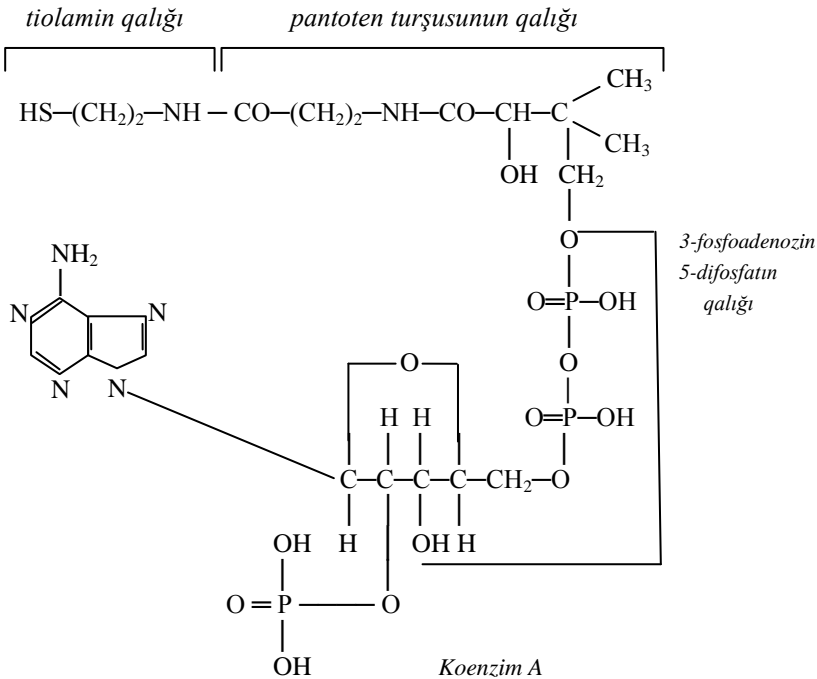
Heyvan məhsullarından B<sub>2</sub> vitamini böyrəklərdə, qaraciyərdə (3,4 mq%), süddə (0,03-0,3 mq%), pendirdə, ətdə (0,3mq%) və yumurtada, pıvə mayasında çoxdur.

## 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 lipidlərin sintezində iştirak edir.

Pantoten turşusunun çatışmazlığından insan və heyvanlarda dermatit baş verir, tüklər piqmentasiyasını 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.

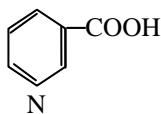
Atın yeminin hər kiloqramında 3,2 mq, cücələrində isə 9 mq pantoten turşusu olduqda onların orqanizminin tələbi ödənilir.

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.

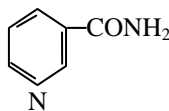
## 6.12 B<sub>5</sub>-vitamini (və ya PP)

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*



*Nikotinamid*

Nikotin turşusu 236<sup>0</sup>C-də, nikotinamid isə 129<sup>0</sup>C-də əriyir. Bu vitamin nikotinamid formada oksidoreduktaza fermentlərində koferment: nikotinamidadenin nukleotid (NAD) və nikiotinamidadenin nukleotidfosfat (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 xarakterlənir. 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.

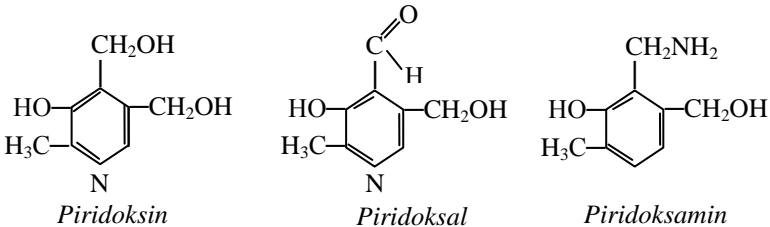


Şəkil 50. Pellaqra xəstəliyi zərərli dərinin müxtəlif hissələrində spesifik dermatit

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.

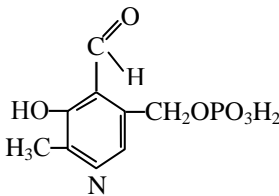
Bu vitaminə piridoksin və ya adərin də deyilir. Piridoksin piridinin törəməsi olub, kimyəvi adı 2-metil-3-oksi-4,5-dioksi-metilpiridindir. Bu quruluş sintezlə də təsdiq edilmişdir. Piridoksin 2 formada olur: piridoksal və pridoksamin. Bu vitamin çoxcəhətli xüsusiyyətlərə malikdir. İnsanların bağırsaqlarında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



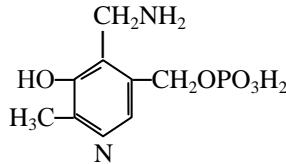
Orqanizmdə piridoksin oksidləşərək piridoksala və sonuncu isə aminləşib piridoksaminə çevrilir.

B<sub>6</sub> vitamini su və spirtdə 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 təlabatı 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%, sarı-



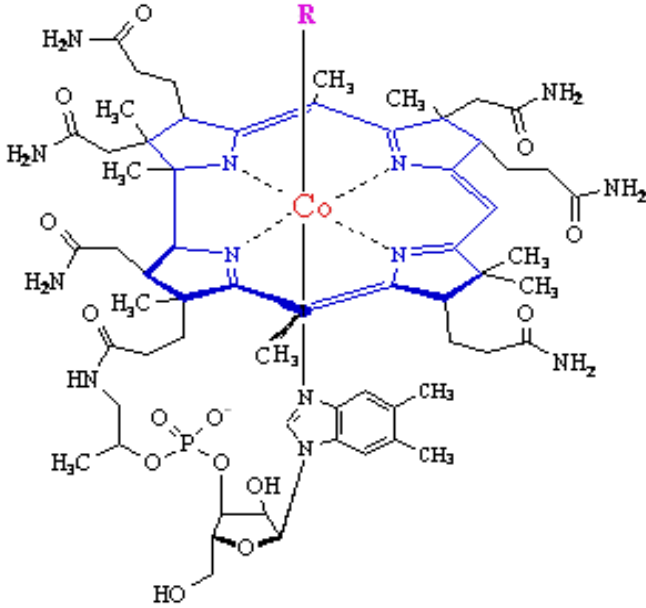
kökədə 0,1 mq% olur. Noxudda da xeyli olur.

## 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>0</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.

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



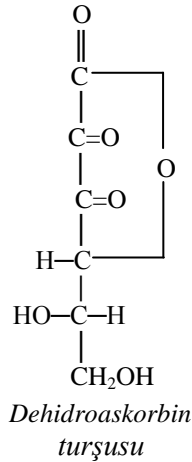
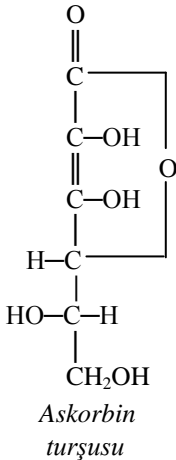
B<sub>12</sub> vitamini yüksək bioloji fəal maddə olub, mübadilə proseslərində: nuklein turşularının sintezində, təkrar metilləşmə reaksiyasında, aminturşularının və zülal mübadiləsində, qan əmələ gətirmədə fəal iştirak edir. B<sub>12</sub> vitamini çatışmadıqda yaman keyfiyyətli (pernisioz) anemiya və ya Addison-Birmer xəstəliyi əmələ gəlir. Qandoğurma prosesi pozulur. Ona görə əsas antianemik 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. Gövşəyən heyvanların həzm kanalında asanlıqla əmələ gəlir. Odur ki, qida ilə qəbul etməyə ehtiyac yoxdur.

B<sub>12</sub> vitamini heyvan məhsullarında: süddə, ətdə, yumurtda, 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 vitamininin kristallik preparatını əldə etmişdir. 1933-cü ildə A. Reyxşteyn C vitaminini sintetik yolla əldə etmişdir.

Buna askorbin turşusu da deyilir, sorbon turşusunun laktonudur. 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:

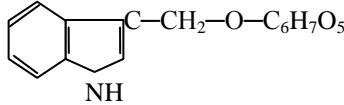


Aksorbin turşusundan bir molekul hidrogen çıxarıldıqda dehidroaskorbin turşusu alınır. Sonuncuya hidrogen birləşdikdə isə əksinə askorbin turşusuna çevrilir. Dehidroaskorbin turşusu diketoqulon turşusunun laktonudur.

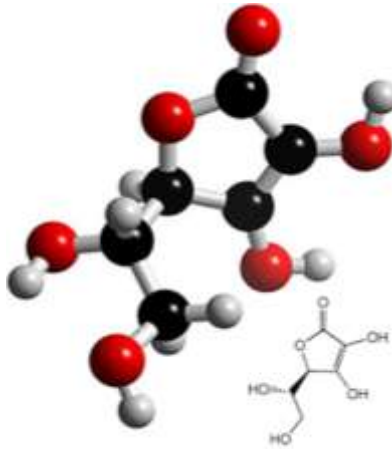
C vitamini suda və spirtə yaxşı həllolan, turş dadlı, rəng-

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 yaxınıni təşkil edir.



Şəkil 51. C vitamininin quruluşu

C vitamininin əsas funksiyalarından biri kollagenin sintezində iştirak etməsidir. Kollajendə damarların endotelisinin, birləşdirici toxumanın, qıvrdaqların, 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 tioqlikozidlərin 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 nöqtəvarı qan sağıntılarının olması ilə xarakterlənir. 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.

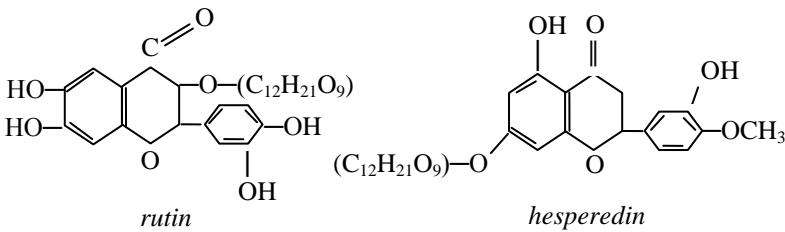
C vitamini D-qlükuron turşusunun laktonundan sintez olunur. Bu prosesdə iştirak edən fermentlərdə (qlükuronreduktaza,

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) qalıqından 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.

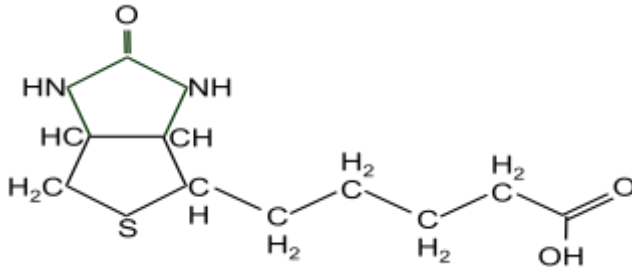
P vitamini qan damarlarının sızma qabiliyyətinin nizamlanmasında iştirak edir. Ona görə də bu vitamin çatmayanda damarların sızma qabiliyyəti pozulur. P-avitaminoz zamanı qan sağıntılarının baş verməsi də bununla əlaqədardır. C və P vitaminlərinin çatışmazlığı çox zaman birlikdə baş verir, poliavitaminoz 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%, gilənardada 280 mq%, sarıkökədə 70 mq% və kələmdə 40 mq% P vitamini vardır.

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

## 6.17 H vitamini.

Bu vitamin ( və ya biotin) sidik cövhərinin qalıqından, tiofen halqasından və valerian turşusunun qalıqından 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 karboksil-ləşməsində, bəzi aminturşularının aminsizləşməsində, karboksil-sizləşməsində 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 antiseborrik vitamin də adlanır.

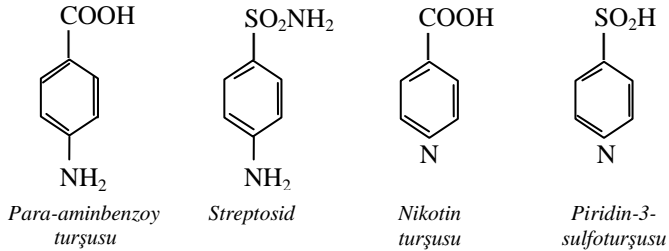
Biotin bitgilərin yarpağında çox əmələ gəlir, cücərən toxumlarda da təsadüf edilir. Kartof, soğan, kahı və ispanaq H-vitami-ni ilə zəngindir. Heyvanlarda qaraciyərdə və yumurtanın sarı-sında, süddə çox olur.

## **6.18 Antivitaminlər.**

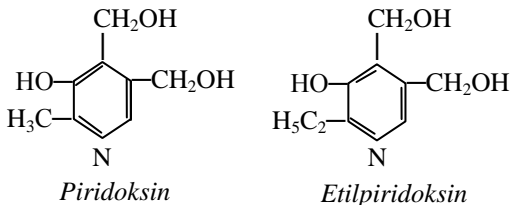
Antivitaminlər kimyəvi tərkibinə görə vitaminlərə oxşayır, lakin vitamin xassəsinə malik olmayan birləşmələrdir. Bu birləş-mələr orqanizmin vitaminlərə qarşı tələbatını yüksəldir və avita-minoz əlamətlərinin meydana çıxmasına səbəb olurlar. Bunlar münasib vitaminləri fermentin tərkibində əvəz etdikdə,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

Paraaminbenzoy turşusunun antivitamini streptosiddir, nikotin turşusunun piridin-3-sulfoturşudur, piridoksininki etilpi-ridoksindir, tiamininki piritiamindir, pantoten turşusunun panto-litarindir, C vitamininki 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 xəstəliktərədici mikrobların boy və inkişafını dayandırmaq üçün istifadə olunur.

Hazırda bu istiqamətdə geniş tədqiqat işləri aparılır.

## Mövzuya aid sualları

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

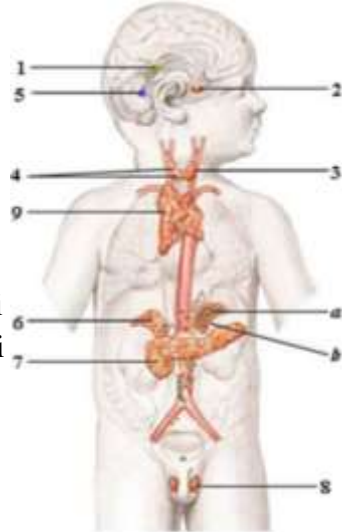
4. A – vitamininin əsas bioloji rolunu izah edin.
5. Hansı vitaminlər orqanizmdə antioksidant xassə göstərir?
6. Fermentlərin tərkibində olan koferment rolunu oynayan vitaminləri göstərin.
7. Suda həll olan vitaminlərin orqanizmdə əhəmiyyətini xarakterizə edin.
8. Yağda həll olan vitaminlər hansılardır?
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:

1. Epifiz
2. Hipofiz
3. Qalxanvari vəzi
4. Paraqalxanvari vəziləri
5. Hipotalamus
6. Böyrəküstü vəzilər
  - a) Böyrəküstü vəzin beyin maddəsi
  - b) Böyrəküstü vəzin qabıq maddəsi
7. Mədəaltı vəzi
8. Tənasül (cinsiyyət) vəziləri
9. Timus və s.



Şəkil 53. Daxili sekresiya vəziləri

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, kalsitriol, yodtironinlər, tiroksinlər və s. aiddir.

**2. Hidrofil hormonlar.** Bunlara işə 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 hazırlanmış 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 ilmağa 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 amin turşuların daşınmasını (translyasiya) nizama salır.

Mərkəzi sinir sistemi ilə daxili sekresiya vəzlərini ifraz et-

diyi 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 distanlığına 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 mayelərin hər 100 ml-də nanoqram və mikroqram  $10^{-6}$  dozada) öz təsirini təzahür etdirir. Onlar yalnız periferik toxumalarda müəyyən dəyişirliklə 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*.

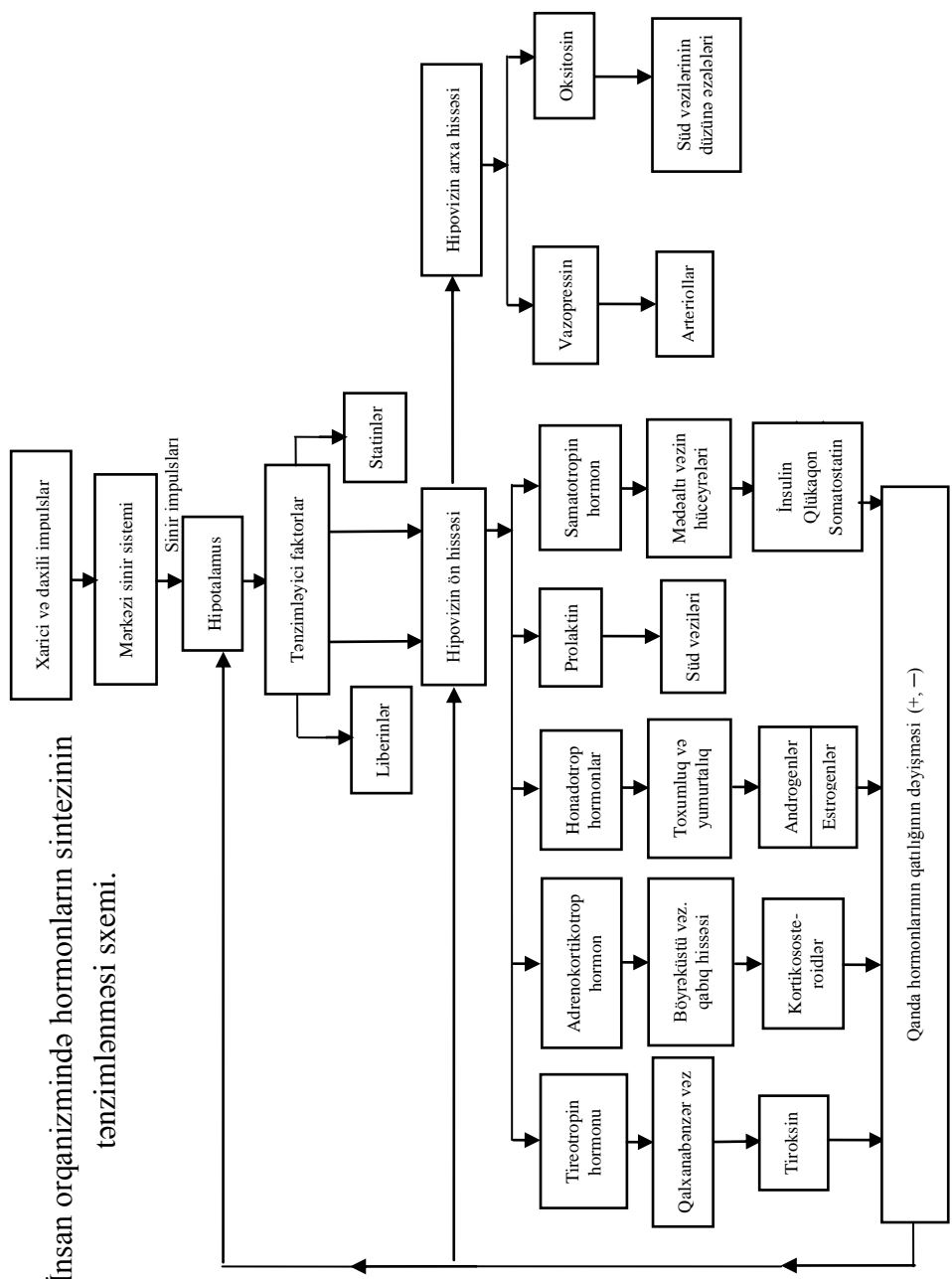
Endokrin vəzilərin fəaliyyətində əks-əlaqə prinsipi mövcuddur. Belə ki, hipovizin ön payının, qalzxanabənzər vəzinin, cinsiyyət vəzlərinin və böyrəküstü vəzin qabıq maddəsinin fəaliyyətini tənzim edən bir neçə hormon hipovizin ön payının hormon-

larının 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 impulslar yaranaraq mərkəzi sinir sisteminə verilir. Nəticədə hipotalamusda spesifik tənzimedicilərin hormonları (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 vəzilərinin 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 mövqe 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, adrenalin) 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 mitoxondiryalarda 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.

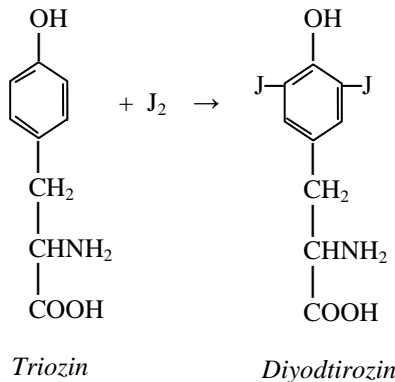
Hormonlar kimyəvi təbiətinə, funksiyalarına və əmələgəlmə yerlərinə görə də təsnif olunur.

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

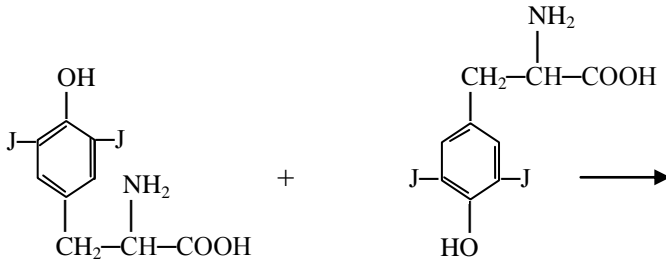
kəb zülal (tireotropin, liporopin), polipeptid (somayostatin, vazopressin, oksitosin) olur. Bəziləri isə aminturşularının (böyrəküstü vəzin beyin maddəsinin və qalxanabənzer vəzinin hormonları) törəmələridir. Steroid hormonları sterinlərdən əmələ gəlir. Aşağıda hormonların əmələgəlmə yerlərinə görə təsnifi 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. Bu vəzidə əmələ gələn hormona tiroksin və ya tetrayodironin deyilir. Tiroksini ilk dəfə 1919-cu ildə Kendal tiroqlobulin adlanan zülalın hidrolizindən ayrılmışdır. Qalxanvari vəzin folikulunda olan bu zülaldə 0,5-1 % yod vardır. Onun molekül kütləsi 650-700 min daltonlara yaxındır. Tiroksin tirozindən əmələ gəlir. Tirozin əvvəlcə diyodtirozinə çevrilir.

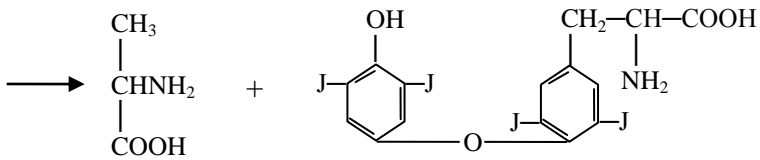


Diyodtirozindən də tiroksin sintez olunur.



*Diyodtirozin*

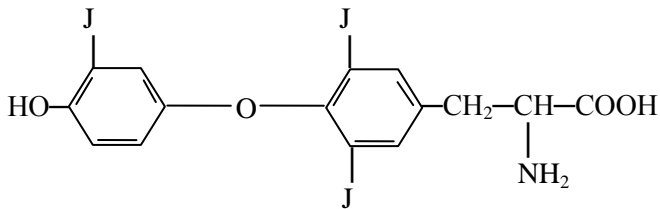
*Diyodtirozin*



*Alanin*

*Trioksin*

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



*Üçyodtrionin*

Qalxanvarı 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

baş a çatdırdıqdan sonra tez aminləşmə, yodsuzlaşma və konfuqasiya proseslərinə uğrayır. Yodun ayrılması toxumalarda tiroksinhalogenaza fermentinin iştirakı ilə baş verir. Parçalanmadan ayrılan yod əsasən qeyri-üzvi birləşmələr şəklində böyrəklər vasitəsilə xaric olunur.

Trioksinin istehsalı azalırsa, 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. Azərbaycanı bu xəstəliyə Zaqatala-Şəki zonasında rast gəlinir. Xəstəliyin baş verməməsi üçün, yəni profilaktik məqsədlə kalium-yodiddən istifadə olunur.

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

Qalxanvari 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 tə-

sir 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 Qalxanvari ətraf vəzilər.

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

Bu vəzilərin sintez etdiyi hormon paratireokrin və ya parathormon adlanır. Parathormon 84 aminurşusunun 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 fraksiya suda, duz məhlullarında yaxşı həll olur, proteolitik fermentlərin təsirindən inaktivləşir. Parathormon  $Ca^{2+}$  və fosfat ionlarının bağırsaqlarından sorulmasını sürətləndirir.

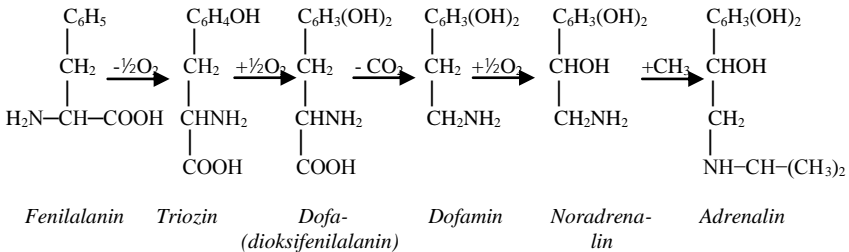
Qalxanvari ətrafi vəzilərin hormonlarının çatışmazlığında qanda kalsiumun miqdarı azalır, qanın və fosfor çoxalır, çünki parathormon kalsium və fosfor mübadiləsinin nizamlanmasında iştirak edir. Sinir sisteminin oyanması sürətlənir, tetaniya baş verir. Bədənin müxtəlif əzələlərində sinir əzələ oyanıqlığının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

## 7.5 Böyrəküstü vəziləri hormonları.

Böyrəküstü vəzilər cüt üzvlərdən olub böyrəklərin kranial hissəsində yerləşir.

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 qlükoza qədər parçalanmasını sürətləndirir, hiperqliqemiyaya (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 damar-

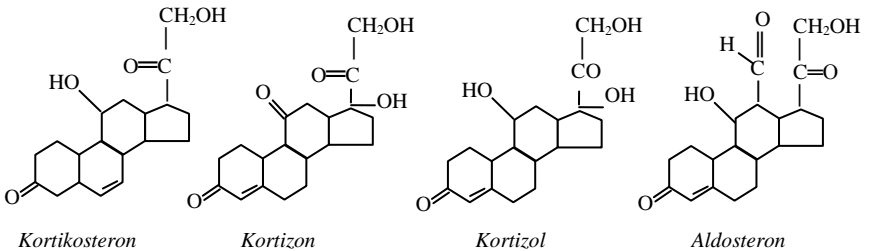
larını daraldaraq arterial təzyiqi yüksəldir (tac damarlar müstəsna olmaqla).

**Böyrəküstüvəzülərin 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 vəzülərin 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 mayelərdə natrium və kalium ionlarının paylanması nizamlanır.



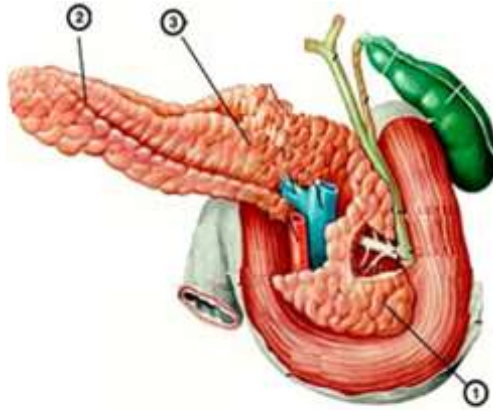
Qlükokortikoidlər (kortizon, kortikosteron, psikortikosteron və s.) karbohidratların mübadiləsində iştirak edir. Bu vəzülərin xəstəliyi nəticəsində xroniki kaxeksiya və zəiflik müşahidə olunur, dəridə piqmentasiya pozulur. Buna bürünc və ya Addison

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.



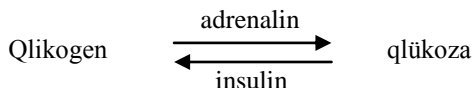
Şəkil 54. Mədəaltı vəzi  
1. Baş hissə; 2. Quyruq hissə; 3. Gövdə hissə

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 qalığından 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.



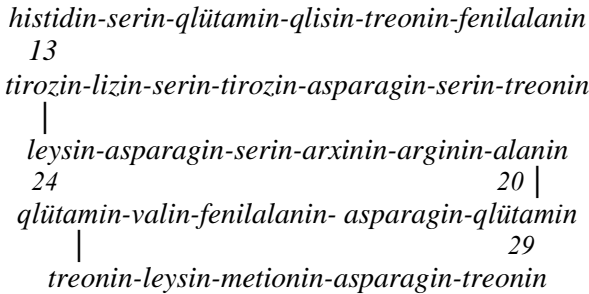
İnsulin piroüzüm turşusundan qlükozanın sintezini kataliz edən fermentlər sisteminin aktivliyini azaltmaqla, qlikoneenez prosesinə ləngidici təsir göstərir. Onun təsirindən peptidlərin sintezi artır, zülalların parçalanmasını ləngidir, qaraciyər hüceyrələrində karbohidratlardan lipidlərin sintez olunmasını sürətləndirir. İnsulin hüceyrə divarlarında osmotik təzyiqlə 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 uğra-

yır.

**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  
birincili quruluşu bir-birindən fərqlənmir (hindquşundan başqa).

Qlükaqon mədəaltı vəzidən başqa bağırsaq divarında da  
sintez olunur. Bu hormon qlükogenolitik təsirinə görə adrenalinə  
bənzəyir lakin qlükaqon adrenalindən fərqli olaraq arterial təzyiqi  
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-

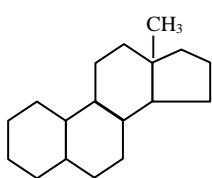
telisində əmələ gəlir. Lipokain yağ turşularının oksidləşməsinin, fosfastidlərin mübadiləsini sürətləndirir, lipotrop amillərin (xolin, metionin) təsirini stimullaşdırır. Onun çatışmamazlığı insan və heyvanlarda qaraciyərin piylənməsinə səbəb olur.

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

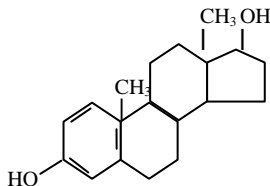
## 7.7 Tənasül vəziləri hormonları

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

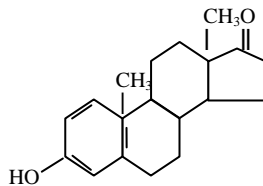
Hazırda erkək və dişi tənasül hormonlarının çoxunun kimyəvi təbiəti öyrənilib artıq sintez edilmişdir. Bunlar tsiklopentano-perhidrofenantrenin, dişi tənasül hormonları isə estranın törəmələridir. Dişi tənasül hormonlarına misal estradiolu, estronu (follikulin), progestronu və estriolu göstərmək olar.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



*Estran*



*Estradiol*

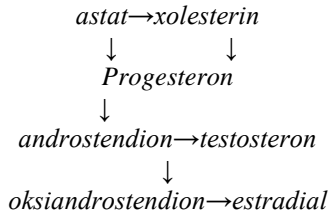


*Estron*

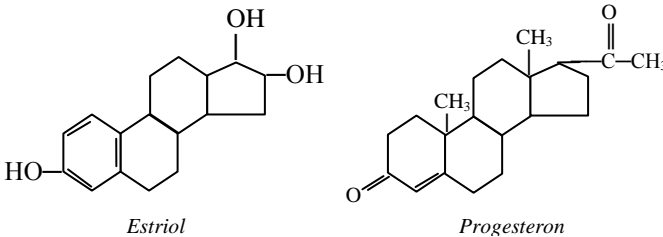
Estradiol fizioloji təsirinə görə estrondan 10 dəfə estrioldan

isə 25-30 dəfə yüksək aktivliyə malikdir.

Estradiol follikulalarda, estron folikullarda, yumurtalıqda, boğazlıq zamanı plasentada da əmələ gəlir. Folikullarda sintez olunan hormonlara (estron və estradiol) *estrogenlər* də deyilir. Bunların biosintezini sxematik belə göstərmək olar:



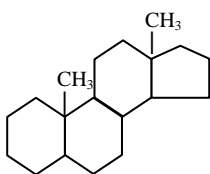
Yaxınlarda müəyyən edilmişdir ki, dişi tənəsül hormonları: follikulün və estradiol beyində də sintez oluna bilər. Bu məqsədlə qanda olan erkək tənəsül hormonlarından istifadə olunur.



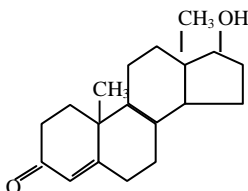
Progesteron (lyuteosteron) sarı cisimdə boğazlığın ikinci dövründə əmələ gəlir. Bu hormon orqanizmdə estrogenlərin ifrazını artırır.

Orqanizmdə bu hormonların sintezi üçün ilkin material kimi xolesterindən və sirkə turşusundan istifadə olunur. Onların əmələ gəlməsində aralıq məhsul testosterondur. Estrogenlər 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 hücey-

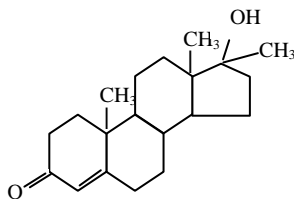
rələrin sitoplazmasına daxil olaraq, xüsusi zülal reseptorları ilə birləşir. Əmələ gələn zülal steroid biokompleksləri hüceyrə nüvələrinə daxil olub dezoksiribonukleoproteidlərin tərkibində olan histonlarla biokomplekslər əmələ gətirir, nəticədə mRNT-nin sintezi sürətlənir. Hüceyrədə RNT-polimeraza fermentinin aktivliyi artır. Estrogenlər lipid mübadiləsinə də təsir göstərir. Qanda  $Ca^{2+}$  və  $PO_4^{3-}$  ionlarının miqdarını artırır.



*Androstan*



*Testosteron*

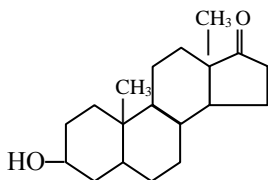


*Metilttestosteron*

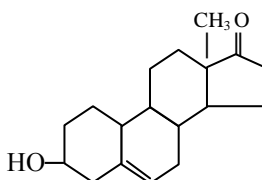
Estrogenlər qaraciyərdə bir sıra kimyəvi çevrilmələrə uğradıqdan sonra qlükuron və sulfat turşusu ilə birləşərək orqanizmdən sidik və ya nəcislə xaric edilir.

Erkək tənəsül hormonları androstanın törəmələri olub, adrogenlər də adlanır.

Erkək tənəsül hormonlarına testosteron, metilttestosteron, androsteron və dehidroandrosteron aiddir.



*Androsteron*



*Dehidroandrosteron*

Bu hormonlar toxumluqda əmələ gəlir. Bunlardan bioloji cəhətdən ən fəali 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 ketozo-reduktaza fermentlərinin aktivliyinin yüksəlməsi ilə əlaqədardır. Fruktozanın miqdarı aşağı düşdükdə (androgenlərdə) spermatozoidlərin 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, ortanındakı isə hələlik tam müəyyənləşdirilməmişdir. Ön hissənin hormonları aşağıdakılardır: somatotropin, gonadotropin, 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 pankreotrop təsir bununla əlaqədardır. Karbohidratların mübadiləsinə təsir edərək əzələlərdə qlükogenin 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.

Samatotropin 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 follikulənzimediçi, lüteinləşdirici və lakfogen hormonlar birləşdirilir. Honadotrop hormonlar mürəkkəb quruluşa malik olan qlükoproteidlərdir. Qanda bu hormonların miqdarı artdıqca hipotalamusda müvafiq tənzimediçi amillərin sintezi azalır.

**7.8.3. Folikultənzimədiçi hormon** - follitropin dişilərin yumurtalığında olan folekullara, erkəklərin toxumluğunda gedən spermatogenez prosesinə stimüləedici təsir göstərir. İnsan folekul-tənzimədiçi hormonu molekul kütləsi 34 000 Dalton olan qlüko-proteiddir.

**7.8.4. Lüteinləşdirici hormon**-dişilərdə ovulyasyanı (fole-kulun partlaması yumurtahüceyrənin azad olması) və yumurta-lıqlarda 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 vəzilərində 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. Andrenokortikotropin (AKTH).** Bu hormon 39 aminurşusunun 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.  
Donuzda: 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.

Andrenokortikotropin (AKTH) kortikoidlərin sintezinin baş-



lanğıc mərhələlərinə təsir etməklə qlükokortikoidlərin sintezini və sekresiyasını sürətləndirir. AKTH-ın böyrəküstü vəzilərə göstərdiyi 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 cisimlərinin əmələ gəlməsi sürətlənir, orqanizmin insulina qarşı həssaslığı azalır.

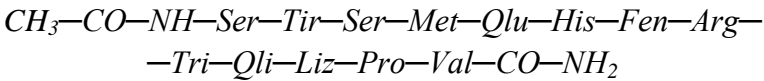
**7.8.7. Tireotropin.** Tireotrop təsir göstərir yəni qalxanavarı vəzin fəallığını artırmaqla tiroksinin istehsalını çoxaldır. Əsasən karbohidratların mübadiləsinə təsir edir. Bu hormon qlükoproteiddir, qeyri-zülal hissəsi karbohidratlardandır. Tərkibində 3,5% heksoza, 2,5% qlükozamin və 1%-ə yaxın kükürd 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.

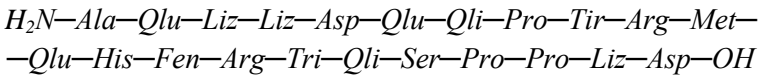
Tireotropinin hüceyrələrə təsiri onun spesifik reseptorlara birləşməsi ilə başlayır sonra isə qalxanabənzər vəzi hüceyrələrində membranla rabitəli olan adenilat-siklaza fermentinin aktivliyi artır və hüceyrələrin sitoplazmasında siklik AMP sintezi sürətlənir. Bu isə qeyri-üzvi yod birləşməsinin qalxanabənzər vəzi heceyrələri 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 – tər-

kibinə 13 aminturşu qalığı daxil olan polipeptiddir. Onun molekulunun birinci quruluşu adrenokortikotrop hormonunun molekul 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 molekulunu isə 22 aminturşu qalığından ibarətdir.

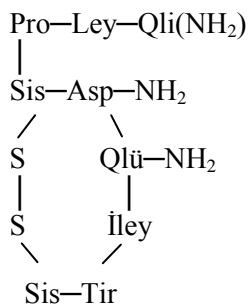


Melanositstimuləedici hormon balıqların, suda-quruda yaşayanların və sürünənlərin dərilərində olan piqment hüceyrələrinin miqdarını artırmaqla onların bədənlərinin rəngini dəyişir, məməlilərdə isə bu hormonun təsiri nəticəsində melanin piqmentinin sintezi artır. Melanositstimuləedici hormon hipofizdən qana fasiləsiz surətdə ifraz edilir. Gözün torlu qişasının günəş şüaları ilə qıcıqlandırılması hormonun sekresiyasını sürətləndirir.

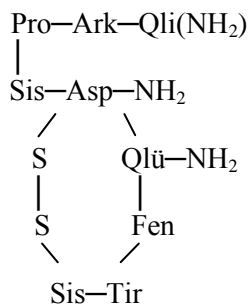
**7.8.9. Hipofizin arxa payının hormonları.** Yuxarıda göstərilmişdir ki, hipofizin arxa payının hormonları – vazopressin və oksitosin hipotalamus nüvələrindəki neyrosekretor hüceyrələrdə əmələ gəlir və hipotalamo-hipofizar sistemi sinir lifləri vasitəsilə

hipofizin arxa payına gətirilir. Burada vazopressin və oksitosin neyrosekretor hüceyrələrin aksonlarının uclarında (Xerring cisimciklərində) toplanır. Beləliklə, hipofizin arxa payı bu hormonlar üçün rezervuar vəzifəsi daşıyır. Q. Olivekronun (1957) məlumatına görə, vazopressin hipotalamusun supraotik, oksitosin isə para-ventrikulyar nüvələrində əmələ gəlir.

Vazopressin və oksitosin, kimyəvi tərkiblərinə görə, nonapeptiddirlər. 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:



*Oksitosin*



*Vazopressin*

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 fəaliyyəti

yətini artırır.

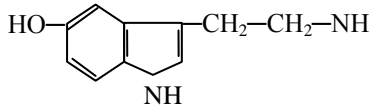
Hamiləliyin erkən dövrlərində oksitosin uşaqlığa təsir göstərmir. Sonralar uşaqlığın oksitosinə qarşı həssaslığı yüksəlir və doğuş dövründə maksimal səviyyəyə çatır. Estrogenlər uşaqlığın oksitosinə qarşı həssaslığını yüksəldir, sarı cismin hormonu (prohesteron) isə azaldır. Oksitosin süd yollarının 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.

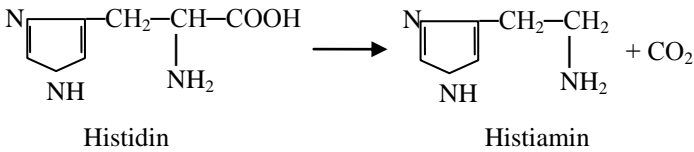
Vazopressinin orqanizmə yeridilməsi arteriya və kapilyarların daralmasına səbəb olur ki, bu da qan təzyiqinin yüksəlməsi ilə nəticələnir. Vazopressin tac damarları daraldaraq, ürək çatışmazlığı əlamətləri göstərə bilər. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, qan təzyiqinin artırılması üçün bu hormonun çox yüksək 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

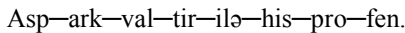
Hormonoidlər deyilən maddələr də vardır. Bunlar da hormonlar kimi təsir edir, lakin daxili sekresiya vəzilərində əmələ gəlmir. Onlardan serotonin göstərilə bilər. Bu oksitriptamindir.



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 qişasındaki vəzilərdə istehsal olunan polipeptiddir. Onun molekul 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—fenilalani—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.

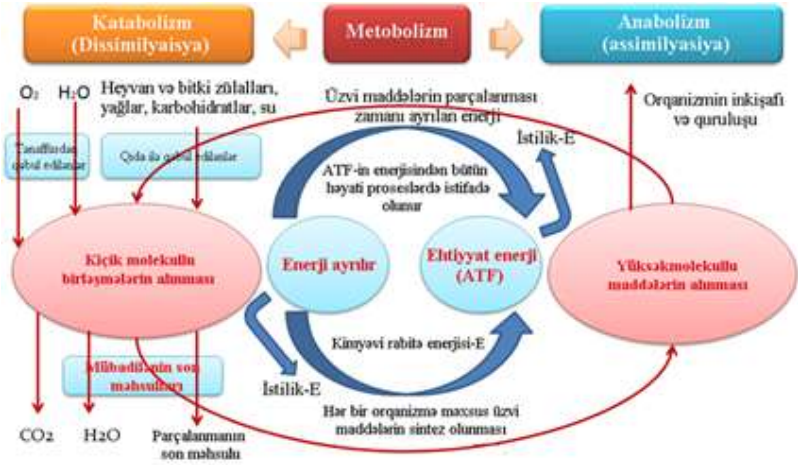
## VIII FƏSİL

### 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 metabalizm) 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 55. Maddələr mübadiləsinin sxemi**

**Cədvəl 10.**

**İnsanın qida maddələrinə olan tələbatı**

Orqanizm-də ümumi miqdarı kq-la	Enerjisi kCoul/q Kkal/q	Gündəlik tələbat, q-la		İnkişaf etmiş ölkələrdə gündəlik faktiki tələbat, q-la	Maddələr mübadiləsində rolu, 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 (sümüklər 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 molekullu 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.

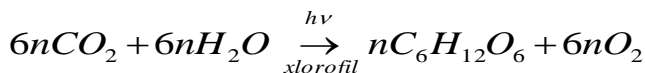
Anabolizm (assimlyasiya)-prosesində sadə molekulardan mürəkkəb tərkibli maddələrin sintez olunması baş verir. Anabolizm prosesində NT-i, zülallar və digər makromolekullar əmələ gəlir. Anabolizm reksiyaları ATF və NADN-enerjisindən iatifadə sayəsində mümkün olur.

Katabolizm (dissimlyasiya)-prosesi orqanizmin hüceyrələrində mürəkkəb maddələrin daha sadə aşağı molekul 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 ( $h\nu$ ) 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*	Həllədicisi; 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 kof ferment 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	Kükürlü 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	$1,5 \cdot 10^{-4}$	Tirossin
F	—	Dana eti, içməli su, çay, süd	$(1,5 - 4) \cdot 10^{-4}$	Sümük, dişin emalı

\* - Bölünəndə kişilər, böləndə qadınlar üçün norma verilmişdir.

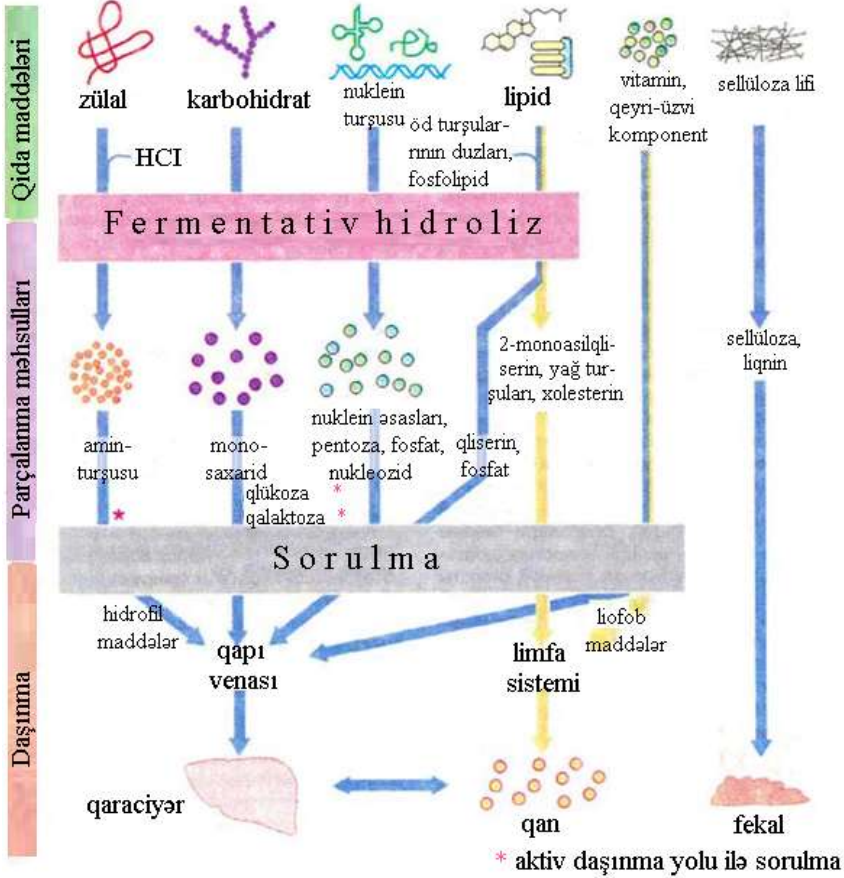
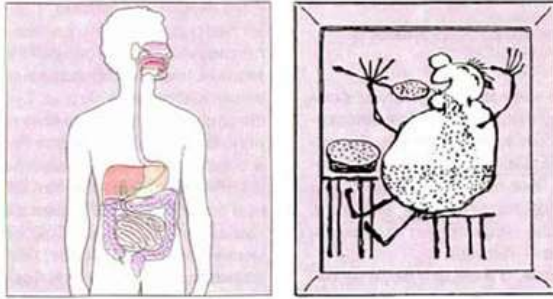
\*\* - Göstərilən makroelementlərə gündəlik tələbatı 100 mq-dan çox olanlardır.

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 təzyiği şəraitində maddənin yanma istiliyi ilə sərbəst enerjisi arasında olan əlaqə  $\Delta H = \Delta G + T\Delta S$  tənliyi ilə

ifadə edilir (bu tənləkdə  $\Delta H$ -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 nəticələnmir. 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 56. 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.

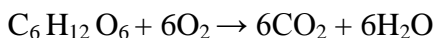
**Tənəffüs əmsalı.** Heyvan orqanizmində qida maddələri tədricən oksidləşərək, mübadilənin son məhsulları olan karbon qazına, suya və digər kiçikmolekullu kimyəvi birləşmələrə çevrilir; bu prosesi üzvi maddələrin zəif sürətlə yanmasına bənzətmək olar. Qida maddələri orqanizmin daxilində karbon qazına 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, bədənə əmələ gələn enerjinin miqdarı haqqında mühakimə yürütmək mümkündür.

Bədənə xaric olunan karbon qazının həcmninə 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. Aydındır 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 tərəddüd 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 ydylan 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 mayələrinin 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 təlabatı müəyyənəndirilir. 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 təlabatının miqdarca təyininə imkan verir. Bu üsulla keyfiyyət təlabatını 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 mübadiləsinə-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, polyarografiya, xromatografiya, 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. Radıkov, 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. Bıkov, 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, kolaminə, serinə və s.), nuklein turşuları purin və purimidin nukleotidlərinə, 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.

Üzvi maddələrdən tüpürcəkdə musin, zərdab albumini və



isə selik ifraz edir.

Mədə şirəsi mədənin selik təbəqəsinin dib hissəsindəki vəzilərin hüceyrələrin tərəfindən istehsal olunur. Bütün heyvanlarda mədə şirəsinin reaksiyası turşudur. 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.

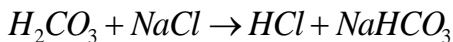
Mədə şirəsinin 99,5%-i su, 0,5%-i quru qalıqdan ibarətdir. Sonuncuya zülallar, zərdab albumini və lipaza aiddir. Cavan heyvanların mədə şirəsində Katepsin, donuzda az fəal amilaza da vardır. Mədə şirəsində xlorid, süd, sirkə, yağ turşuları, karbonat, kalsium və maqnezium duzları da olur.

Gövşəyən heyvanların şirdən 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 mädənin selik təbəqəsindəki zülalların verməsi Donnan müvazinətinə əsaslanır.

Xlorid turşusu zülalların şişməsini sürətləndirərək, fermentlərin təsirinə şərait yaradır, pepsinogeni fəallaşdıraraq, pepsinə çevirir, mädə şirəsindəki çürüdücü və qıçqırdıcı mikroorqanizmləri məhv edir, pis həll olan duzların (kalsium fosfat, dəmirin kompleks birləşmələri və s.) həllolmasını asanlaşdırır.

Mädə şirəsində fermentlərdən əsası pepsindir. Bu ferment mädənin 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.

Mädə şirəsinin ikinci fermenti katepsindir. Bu ferment pH 4 – 5 olduğu mühitdə fəal olub, zülalları və bəzi peptidləri hidroliz edir. Cavanların mädə şirəsində katepsin fəal, yaşlılarda qeyri-fəal olur.

Şırdan fermenti (ximozin və ya rennin) mädə vəzilərinin hüceyrələrində əmələ gəlməklə, zəif turş mühitdə, kalsium duzlarının iştirakı ilə kazeinogeni kazeinə çevirərək laxtalandırır.

Mädə şirəsində proteolitik fermentlərdən başqa çox az miqdarda lipaza da olur. O, yalnız emulsiya halında olan yağları hidroliz edə bilir. Buna görə süddə olan yağlar qliserinə və yağ turşularına qədər parçalana bilir. Bu da körpələr üçün əhəmiyyətlidir. Yaşlı insanlarda və heyvanlarda mädə şirəsində lipaza az fəaldır.

Göstərilənlərdən aydın olur ki, mädədə başlıca olaraq zü-

lallar, az miqdarda yağlar və mürəkkəb karbohidratlar öz tərkib hissələrinə parçalanır. Lakin zülallar və yağlardan fərqli olaraq karbohidratların hidrolitik parçalanması mədə şirəsində olan spesifik fermentlərin təsiri ilə deyil, ağız suyu fermentlərinin ağız boşluğunda başlayan fəaliyyətinin davamı nəticəsində meydana çıxır.

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-hidrofəfatdan 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 ayrılmışdır. Tripsinogen qeyri-fəal formada əmələ gəlir. Bağırsağ şirəsindəki enterokinazanın təsiri ilə fəallaşaraq tripsinə çevrilir. Tripsin tipik qlöbulindir. 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 qlöbulin təbiətli maddə olub, tipik peptidazadır. 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 qlükozaya qədər parçalayır. Laktaza əsas etibarilə cavan heyvanlarda süd şəkərinə qlükozaya və qalaktozaya parçalayır.

İnvertaza isə saxarozanı qlükoza və fruktozaya qədər hidroliz edir.

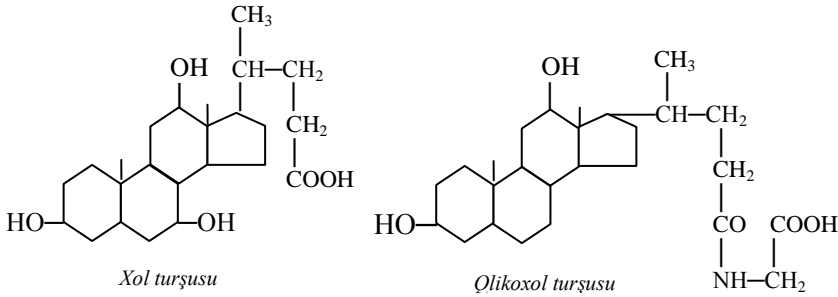
Bağırsaq həzmində qaraciyərin sekresiyası olan ödün də rolu böyükdür. Sutkada diri çəkisinin hər kiloqramına at 10 – 12 ml, qaramal 5 – 15 ml, qoyun 20 – 40 ml, donuz 36 – 56 ml öd ifraz edir.

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, kalsium, kalium və maqneziumun duzları, karbon qazı, oksigen də vardır.

Öd turşuları (xol, dezoksixol və litoxol turşuları) quruluşca xolesterinə yaxın olub, xolan turşusunun törəmələridir. Bunlar öd-

də 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 gərilməsini 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 vəzilərinde 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, lesitinaza (fosfolipaza), amilaza, invertaza, laktaza, maltaza və enterokinaza-

nı göstərmək olar.

Aminopoliptidaza 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 mutsin, zərdab zülalları, yağlar və müxtəlif duzlarda (natrium-xlorid, natrium-karbonat və s.) vardır.

### **8.3 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. On-

lar az miqdarda yaxşı emulsiyalaşdıqda parçalanmadan da qana sorula bilir. 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 epitelı toxumasında qalaraq orqanizmdə yağların sintezi üçün istifadə olunur. Öd turşuları isə qanla qaraciyərə gedib, ödə keçir və yenidən bağırsağa qayıdır, 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.

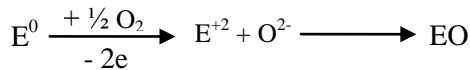
Duzlardan xörək duzu və kalium-xlorid asan, suda zəif həllolan duzlar (natrium sulfat, maqnezium sulfat) isə ləng qana sorulur. Fosfat və karbonat turşularının kalsium və maqnezium duzlarının sorulması daha da zəif olur. Dəmir, yod və s. elementlərin duzları isə mürəkkəb üzvi birləşmələr (tiroksin, askorbinat

və s.) şəklində asan sorulur.

## 8.4 Bioloji oksidləşmə

Hələ XVIII əsrin ikinci yarısında M. V. Lomonosov və A. L. Lavuazye 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.

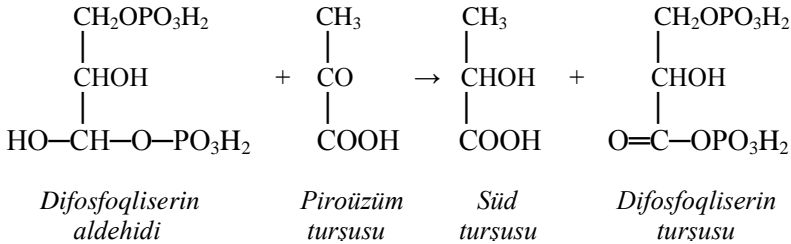


Ona görə də oksidləşmiş atomun mənfi yükü azalır və ya müsbət yükü çoxalır. Neytral atomlar oksidləşdikdə müsbət yüklü ionlara çevrilir. Oksidləşmə reaksiyalarında elektronların verilməsi ilə müsbət, reduksiyalaşmada isə elektronların birləşməsi ilə mənfi yüklülük çoxalır.

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, reduksiyalanan maddə isə elektron və ya proton almaqla akseptor adlanır.



Bu reaksiyada difosfoqliserin aldehydi özündən iki hidrogen ionu verməklə oksidləşərək difosfoqliserin turşusuna, piroüzüm turşusu isə özünə iki hidrogen ionu birləşdirməklə reduksiya olunaraq süd turşusuna çevrilir. Beləliklə, difosfoqliserin aldehydi donor, piroüzüm turşusu isə akseptor rolunu oynayır.

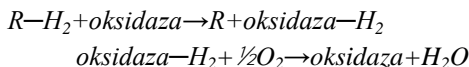
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının əksəriyyəti, yanma prosesi kimi enerji ayrılması ilə gedir.

## 8.5 Bioloji oksidləşmənin mexanizmi

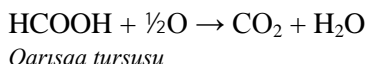
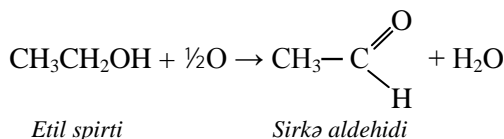
Bioloji oksidləşmə prosesinin mahiyyətini izah edən bir sıra nəzəriyyələr mövcuddur. Onlardan birincisi keçən əsrin axırları və XX əsrin əvvəllərində (1908 – 1912-ci illərdə) meydana gəlmiş V. İ. Palladin və Villand nəzəriyyəsidir.

V. İ. Palladin nəzəriyyəsinə görə bioloji oksidləşmənin əsasını oksidləşən maddənin hidrogensizləşməsi, yəni onun mole-

kulundan 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:



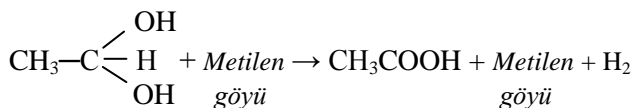
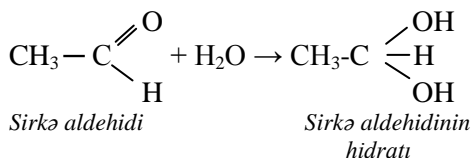
Buna misal spirtlərin və turşuların oksidləşməsini göstərmək olar.



Deməli, oksidləşmənin son məhsulları su və karbon qazıdır.

Bu aerob oksidləşmədir, yəni oksigenin iştirakı ilə gedir.

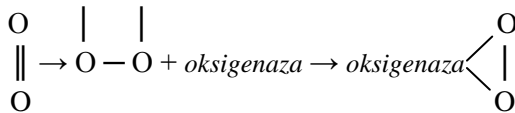
Viland V. İ. Palladinin fikrini inkişaf etdirməklə təcrübələrlə konkretləşdirilmişdir. O, sübut etmişdir ki, müxtəlif maddələrin, o cümlədən sirkə aldehydinin oksidləşməsi mürəkkəb proses olub, əvvəlcə suyun birləşməsi ilə onun hidratına çevrilir. Sonuncu isə metilen göyünün iştirakı ilə hidrogensizləşməklə oksidləşir.



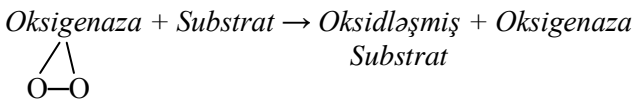
Bu anaerob oksidləşmə sayılır. Çünki oksidləşmə oksigenin iştirakı olmadan gedir.

Keçən əsrin 30-cu illərində D. Keylin tərəfindən sitoxromların 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 pıqmentlərlə (sitoxromlarla) fəallaşdırılır. Hidrogensizləşmə və oksigenin fəallaşması prosesləri birlikdə gedir.

Palladin-Viland nəzəriyyəsindən 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:





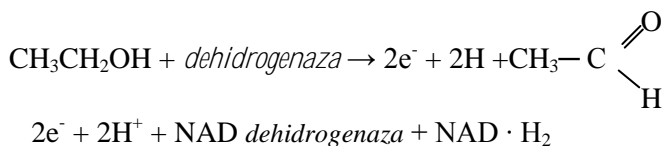
Beləliklə, hüceyrələrdə oksigen peroksidlərin əmələ gəlməsi yolu ilə istifadə olunur. Ona görə də A. N. Baxın nəzəriyyəsi oksidləşmənin peroksid nəzəriyyəsi və ya A. N. Bax nəzəriyyəsi adlanır. A. N. Bax nəzəriyyəsi yalnız bitkilərdə bir sıra oksidləşmə proseslərinin mexanizmini izah etməyə imkan verir.

Bioloji oksidləşmənin mahiyyətini başa düşmək üçün onun ayrı-ayrı mərhələlərində iştirak edən fermentlərlə: dehidrogenazlarla, flavin fermentlərlə, sitoxrom sistemi ilə, oksidazalarla, peroksidazalarla və katalazalarla tanış olunmalıdır.

Dehidrogenazlar oksidləşən maddədən elektronların və protonların alınması, 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.



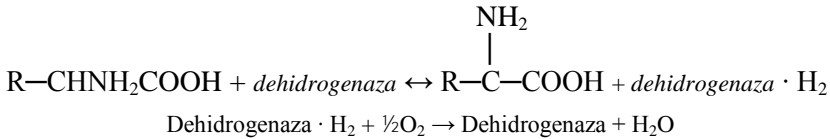
NAD<sup>+</sup> və NADF<sup>+</sup> oksidləşən substratdan ikielektronlu fermentativ köşürmə yolu ilə hidrid ionu (H<sup>-</sup>) qəbul edərək, onları bir-birinə və nəhayət molekulyar oksigenə verir.



Nikotinamid nukleotidləri 250-dən artıq dehidrogenazın

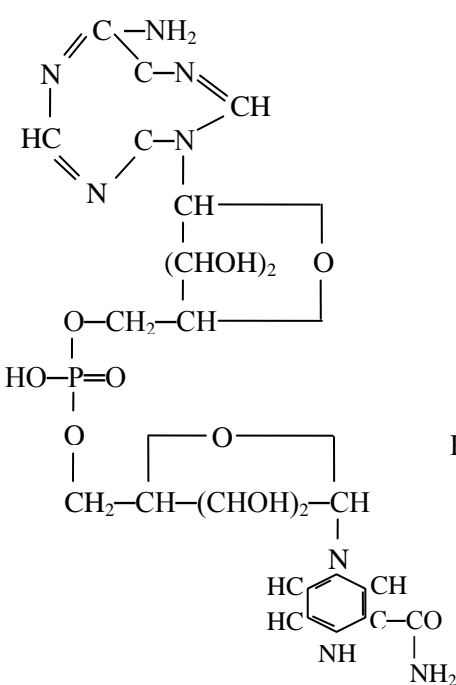
kofermentidir.

Aerob dehidrogenazalar elektron və protonların birbaşa oksigenə verilməsini sürətləndirir.

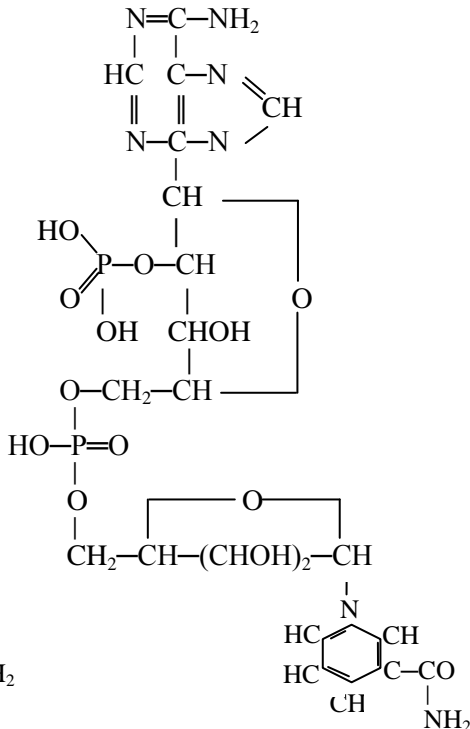


Anaerob dehidrogenazaların bəziləri elektronların sitoxrom sisteminin komponentlərinə verilməsini, digərləri isə piridin kofermentlərə köçürülməsini kataliz edir. Piridin kofermentləri tərkibində iki və üç fosfat turşusunun qalığını saxlayan piridin dinukleotidləridir. İki fosfat turşusunun qalığını saxlayan dinukleotid: nikotinamiddən, ribozofosfatdan və adenil turşusundan ibarət olub, nikotinamidadenindinukleotid (NAD) adlanır. Tərkibində üç fosfat turşusunun qalığını saxlayan dinukleotidə isə nikotinamidadenindinukleotidfosfat (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 mərhələlərindən ibarətdir. Bu proses müxtəlif hidrogenaşıyıcı 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 hidrogenaşıyıcısı isə hidrogen atomlarını oksigenlə birləşdirir.

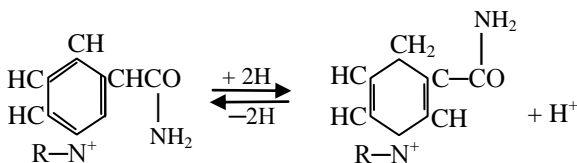


Nikotin adenindinukleotid  
(NAD)



Nikotin adenindinukleotid  
fosfat  
(NADP)

NAD və NADP-ın fəal qrupu nikotinamiddir. 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, triozofisfatdehidrogenaza və s.

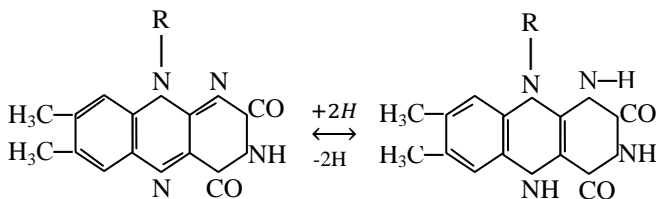
NAD və NADF elektron və protonların universal toplayıcılarıdır.

NAD toxumalarda ən çox oksidləşmiş formada, NADF isə reduksiyalaşmış 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.

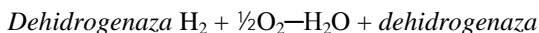
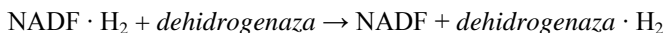
Dehidrogenazalar heyvan hüceyrələrinin ən çox mitoxondriyalarında, qismən mikrosomlarda, hialoplazmada və nüvədə toplanır. Bunlar hüceyrənin quruluş elementləri ilə zəif birləşdiyindən asanlıqla ayrılır.

Flavin fermentləri reduksiyalaşmış 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 flavo-proteidlərdən ibarət olub, tərkiblərində riboflavin saxladıqlarına 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 izoalloksavinindir. Buna hidrogen asanlıqla birləşib, ayrılı bilər. Hidrogenin izoalloksavin hissəsinə birləşib ayrılması hər tərəfdən molekulun hetrotsiklik nüvə ilə əhatə olunmasıdır.



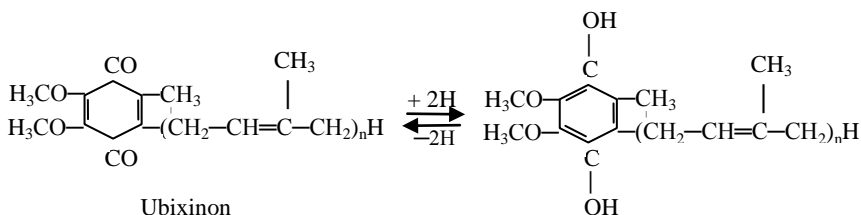
Flavin fermentləri aralıq katalizatorları rolunu daşıyan kofermentlərin: piridinnukleotidlərin olduqları şəraitdə təsir göstərir. Bioloji oksidləşmədə flavin fermentlərinin rolunu sxematik belə göstərmək olar:



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 sitoxromreduktazadır. Flavin fermentlərinin bəziləri (metalfalavoproteidlər) tərkibində metal da (dəmir, mis, molibden) saxlayır. Bunlar hidrogeni oksidləşən maddədən də bilavasitə çıxara bilir.



Flavin fermentləri hüceyrələrin mitoxondriyalarında yerləşir.

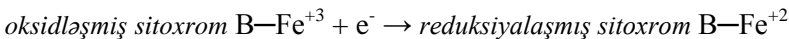
Toxuma tənəffüsündə flavinlərlə sitoxromlar arasında ubixinondan da istifadə olunur.

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.

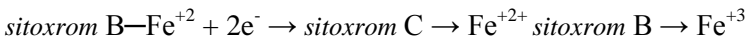
Üç qrup (A, B, C) sitoxrom məlumdur. Bunlardan yaxşı öyrəniləni C sitoxromudur. Bunun tərkibində bir hem molekulunun və qlobin zülalının qalığı vardır. Bunlar da bir-biri ilə tioefir rabitəsi ilə birləşmişdir. Molekul kütləsi 13 mindir, suda yaxşı həll olur.

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.



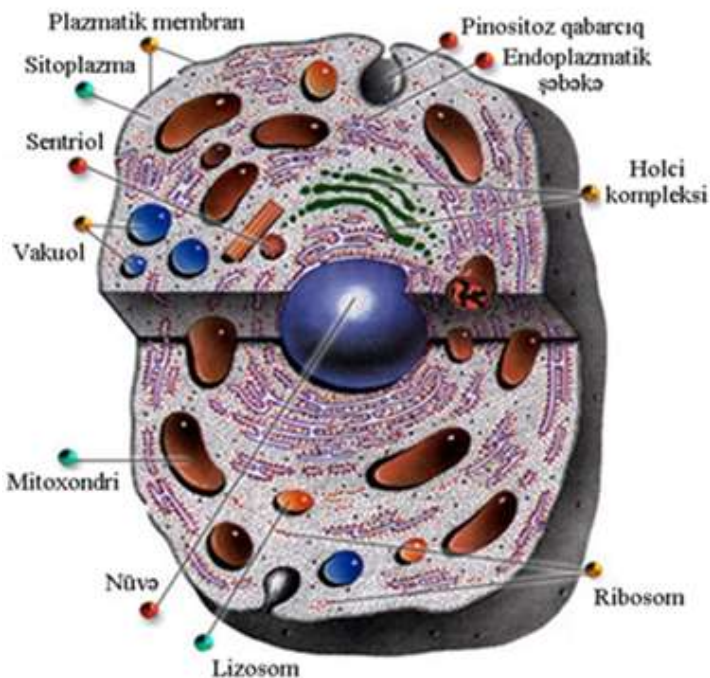
Reduksiya olmuş sitoxrom B qəbul olunmuş elektronları sitoxrom C-yə verərək, yenidən oksidləşmiş formaya keçir.



Beləliklə, sitoxromlar sistemi ardıcıl olaraq elektronları bir-birinə və nəhayət molekulyar oksigenə verir.

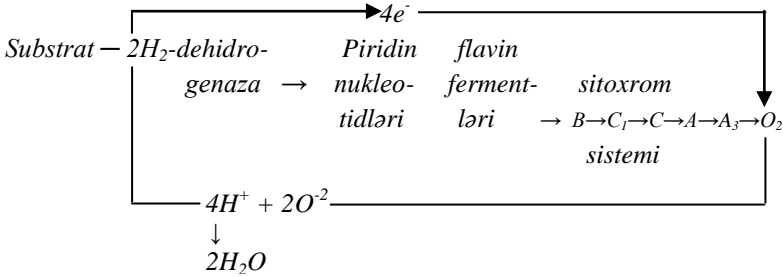
Müasir məlumatlara əsasən heyvan heceyrəsinin sitoxrom

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> sitoxromoksida funksiyasını yerinə yetirir, qalanları isə elektronların aralıq keçiriciləridir. Sitoxrom B və C<sub>1</sub>-də dəmir, sitoxrom A-da isə mis vardır.

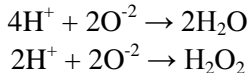


Şəkil 57. Hüceyrənin quruluş elementləri

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 ( $O^{2-}$ ) 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 ( $NAD \cdot H_2$ ) çox toplanır. Lakin oksidləşmə prosesi davam edir. Çünki  $NAD \cdot H_2$  oksidləşmə reaksiyalarının aralıq məhsulları olan alfa – ketoturşularla reaksiyaya girişərək, 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.

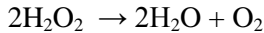
Peroksidazalar və katalazalar hidroperoksidazalara mənsub olub, toxuma oksidləşməsinin fermentləridir. Bunların tərkibi profirin halqası ilə spesifik zülalın birləşməsindən ibarətdir. Pofirin halqasında dəmir də vardır.

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.

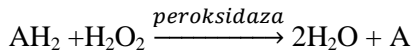
Katalazalar oksidləşmə proseslərində əmələ gələn hidro-

gen-peroksidi suya və molekulyar oksigenə parçalayır.



Bununla da hüceyrələri hidrogen-peroksidin toksiki təsirindən 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 çətinidir. Çünki quruluş zülalları və lipidləri ilə möhkəm komplekslər əmələ gətirir.

Mitoxondriyalarda adenil turşuları, qeyri-üzvi fosfatların hissəcikləri, fosfat qruplarını köçürən fermentlərdə olur.

## 8.6 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 da) 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 ayrılaraq, 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

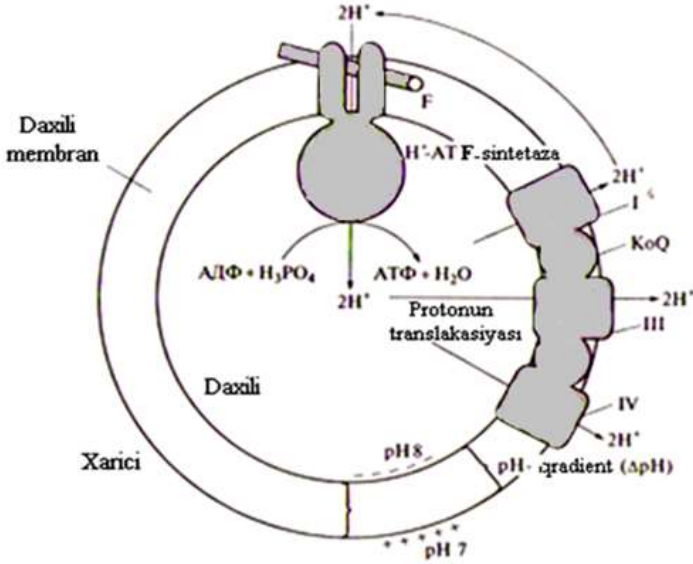
rabitəsi) ADF-ə köçürülür, ATF-in sintezinə istifadə olunur. Bu fikri sübut edən dəlil hələlik yoxdur.

Kimyəvi-osmotik nəzəriyyə tərəfdarlarının fikircə 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 oksidləşmə əmsalı deyilir. V. Belitserə görə bunun qiyməti orta hesabla 3-ə bərabərdir. Oksidləşməklə fosforlaşmada əsas əhəmiyyətə malik olan adenzotriphosfat 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 58. Oksidləşməklə fosforlaşmanın hemostatik mexanizminin sxemi (F-zülalları, I, III, IV - tənəffüs zənciri kompleksi)

Oksidləşən maddələr ( $AH_2$ ) hidrogeni, yaxud elektron və protonları köçürməklə, özlərindən enerji ayırır. Bu enerjinin hesabına adenil turşuları: adozinmonofosfat (AMF) və adozindifosfat (ADF) qeyri-üzvi fosfatla fosforlaşaraq, adozintrifosfata (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. Piroü-

züm 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 miokardda 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 saxlanmasına və maddələr mü-

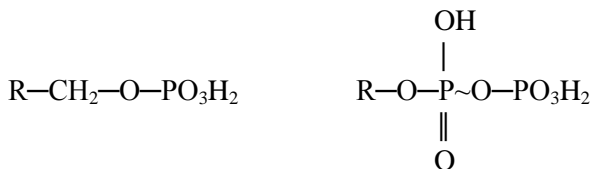
badiləsi reaksiyalarının tam getməsinə sərf olunur.

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.

## 8.7 Makroergik birləşmələr

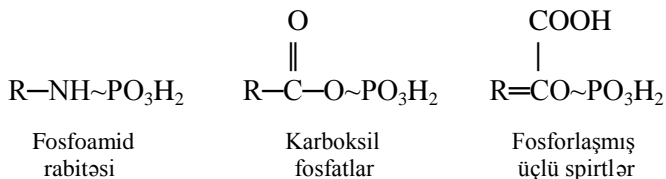
Orqanizmdə müxtəlif maddələrin (karbohidratların, yağların və s.) oksidləşməsi nəticəsində külli miqdarda enerji ayrılaraq, makroergik və ya enerji ilə zəngin birləşmələrdə toplanır. Makroergik rabitə əyri xətlə (~) göstərilir. Bunlardan fosforlu birləşmələri göstərmək olar. Fosforlu birləşmələrin bu qabiliyyəti – yəni özlərində enerji toplamaq və lazım gəldikdə vermək onların termodinamik davamsızlığı və kinetik davamsızlığı ilə əlaqədardır.

Sadə fosfat efirlərinin (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.

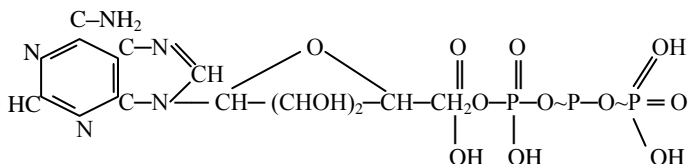


Sadə fosfat efiri

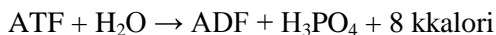
Pirofosfat rabitəsi



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), uridinrifosfat (UTF), sitidindifosfat (SDF), sitidinrifosfat 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. Hendlər, 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 tioefir 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

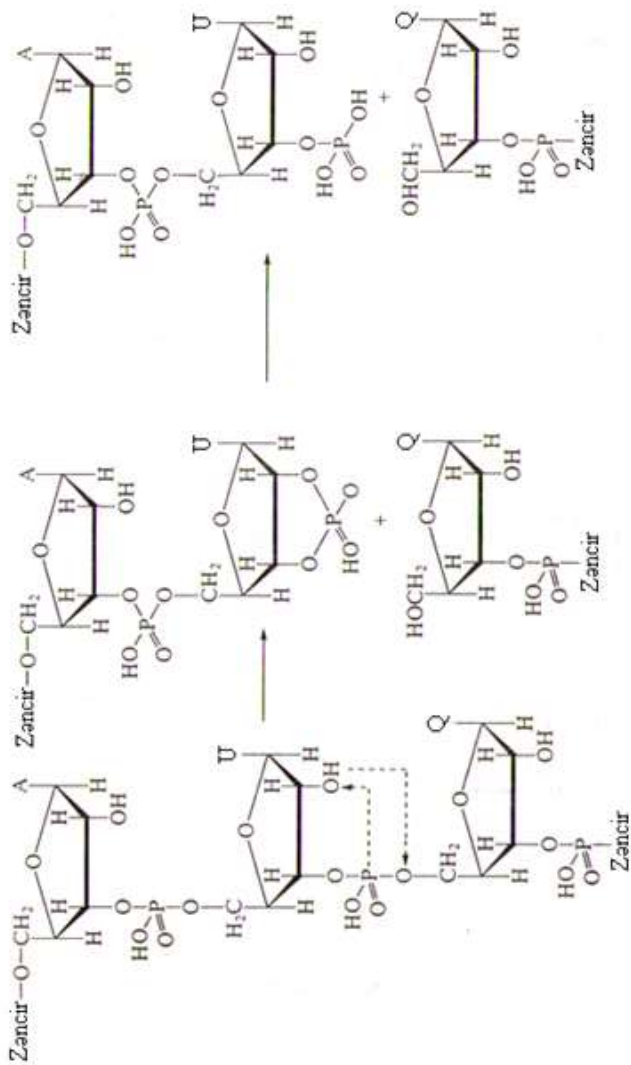
Nuklein turşularının mübadiləsinin öyrənilməsi biologiyanın bir çox problemlərinin açılmasında mühüm rol oynayır. Beləki, bir çox makromolekulların sintezinin mexanizmi, irsi əlamətlərin öyrənilməsi, onların nəsil-dən-nəsilə keçməsi, hüceyrənin quruluşu onun diferensiallaşması mexanizmi NT-in mübadiləsinin 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 dəyişirikliyə uğramayan NP-lər mədəyə düşür, orada HCl və pepsinin təsirindən sadə zülallara və NT-a parçalanır. Qida maddədən 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.

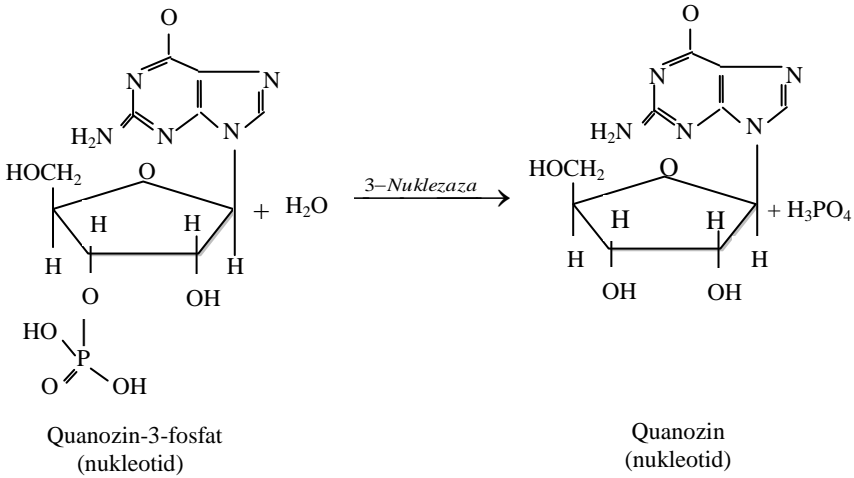
RNT-azanın təsirindən RNT 2', 3' siklofosfatlara və nəhayət sonuncularda həmin fermentlərin təsiri ilə oliqonukleozid-3'-fosfata hidroliz olunurlar. Bu prosesləri şəkildəki (59) sxem ilə təsvir etmək olar.



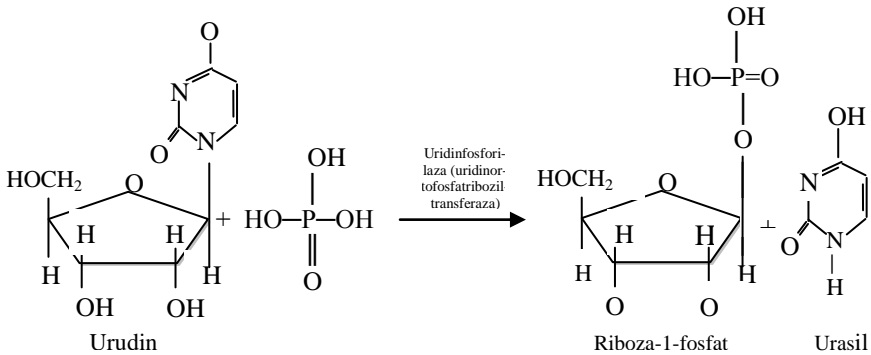
Şəkil 59. Pankreatik ribonukleazanın təsirindən RNT-nin hidroliz reaksiyası

Nəticədə müxtəlif endo- və ekzonukleazaların təsirindən NT-ları, -ribo və dezoksiribonukleozid-3`- və -5` fosfatlar tərkibli qarışıq nukleotidlərə parçalanırlar.

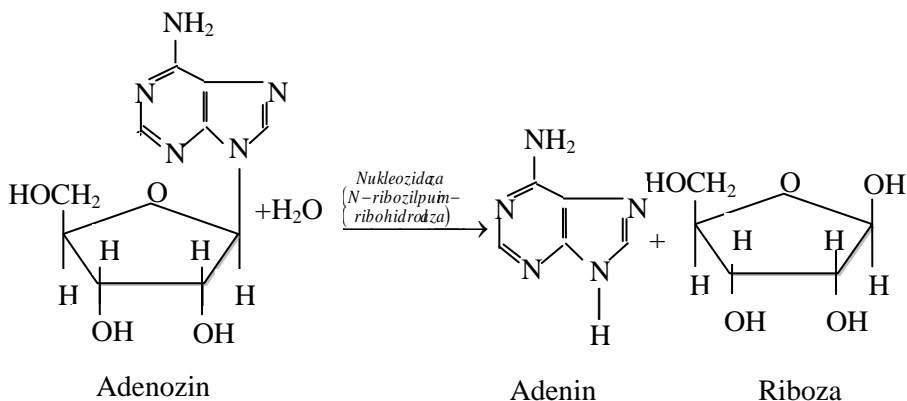
Nukleozidfosfatlar sonrakı parçalanmaya məruz qalırlar. Əvvəlcə onlar hidrolazaların təsirindən hidrolizə uğrayaraq fosfat turşusu molekulunu itirirlər (defosforlaşma).



Sonrakı mərhələdə riboziltransferazanın təsiri ilə fosfat turşusunun iştirakı ilə nukleoziddən azot əsaslarının ayrılması baş verir.



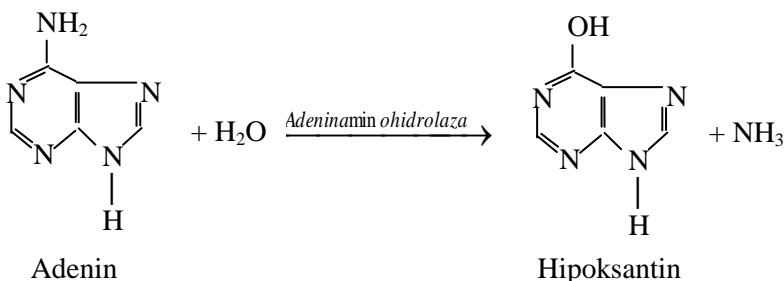
Həmçinin nukleozidlər də hidrolizə uğrayır.



Riboza və riboza 1-fosfat karbohidratlara xas olan mübadilə reaksiyasına daxil olur.

Purin və pirimidin əsasları sonrakı parçalanmaya məruz qalır.

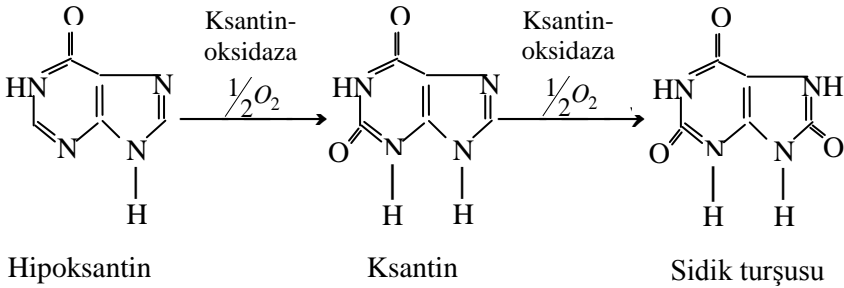
Birinci mərhələdə purin və pirimidin əsasları aminhidrolazaların təsiri ilə aminsizləşirlər. Bu çevrilmələrdə yalnız amin qrupu ayrılır.



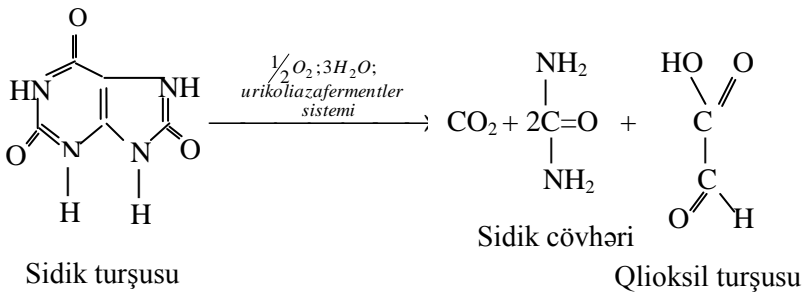
Nəticədə adenin – hipoksantinə, quanin – ksantinə çevrilir. Sitozindən isə urasil əmələ gəlir.

Purin və pirimidin əsaslarının sonrakı aminsizləşməsi müx-

təlif cür baş verir. Purin əsasları (hipoksantin və ksantin) ksantinoksidaza fermentinin təsiri ilə sidik turşusuna oksidləşir.



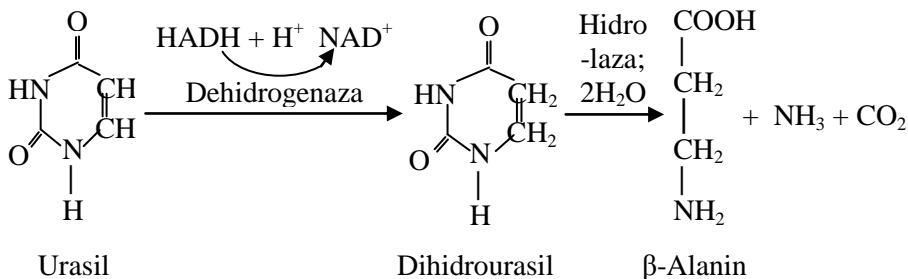
Bir çox heyvanlarda (insanabənzər meymunlar, məməlilər) və insanlarda purin əsaslarının son parçalanma məhsulu sidik turşusudur. Bu da sidik vasitəsi ilə orqanizmdən xaric olunur. Canlı aləmin digər nümayəndələrində (suda quruda yaşayanlar və bitkilər) sidik turşusu karbamidə və qlüoksil turşusuna parçalanır.



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 dəyişikliklə uğramadan sidiklə xaric edilir.

## 9.2 Nuklein turşularının bioloji sintezi

DNT-in biosintezinin əsas maddəsi dezoksiribonukleozid - 5'-fosfatdır. Həmçinin DNT molekulunun əmələ gəlməsində dezoxinukleozidtrifosfatların matrisə 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) biosintezini DNT matrisində 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 biosintezini 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

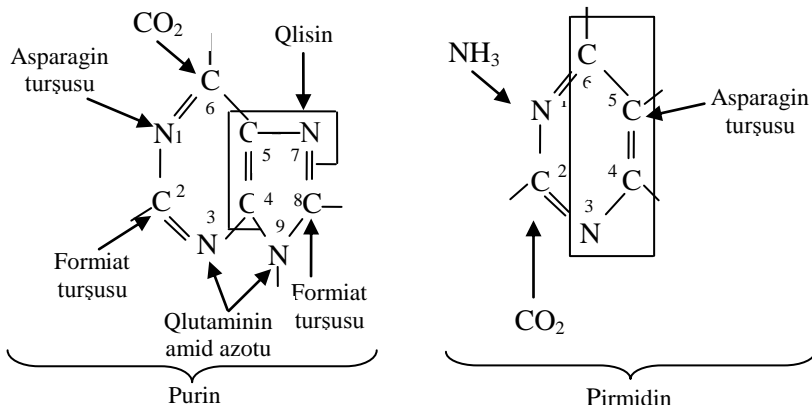
2) Purin və pirimidin sikllərin tərkibinə karbon qazından və qarışqa turşusundan istifadə etməklə karbon daxil etmək

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.

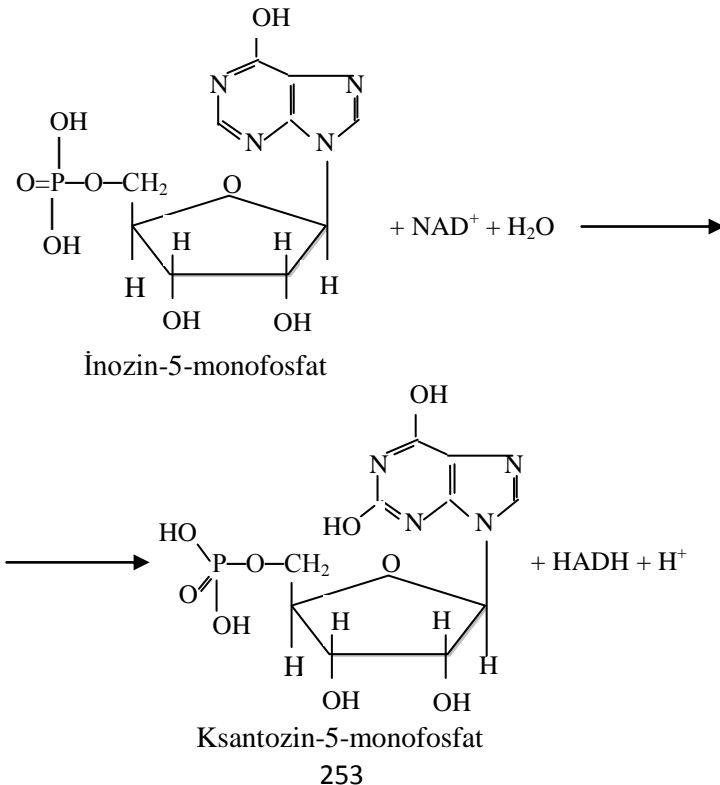
Purin və pirimidin əsaslarının biosintezi Bukenen və Qrinberqin laboratoriyalarında tərkibində (nişanlanmış atomlar) radioaktiv azot və karbon atomları ( $^{15}N$ ,  $^{13}C$ ) olan maddələrin orqanizmə yeridilməsi ilə aparılan təcrübələr nəticəsində aydınlaşdırılmışdır. Təcrübələr əsasən göyərçin üzərində aparılmışdır, lakin məməlilərdə də biosintez prosesinin belə getdiyini güman etmək üçün elmi əsaslar vardır.



Şəkil 60. Purin və pirimidin əsaslarının biosintez sxemi

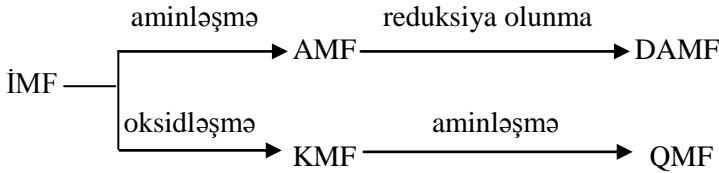
Sxemdən görüldüyü kimi purin nüvəsinin biosintezinə azotun iki atomu ( $N_3$  və  $N_9$ ) qlutaminin amid azotundan,  $N^1$ -atomu asparagin turşusundan, nəhayət dördüncü azot atomu  $N_7$ -qlisindən keçir. Formiat turşusundan  $C_2$  və  $C_8$ , həmçinin  $C_6$  isə  $CO_2$  qazından purin nüvəsinin 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.



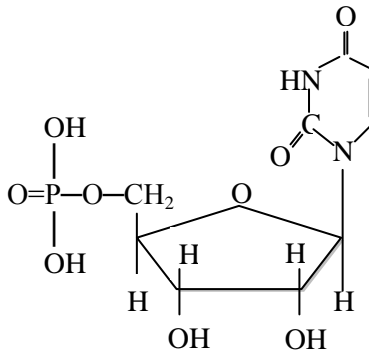
Sonrakı mərhələdə inozit-5`-monofosfatın (İMF) aminləşməsindən adenzin-5`-monofosfat (AMF), sonuncunun reduksiya olunmasından dezoksiadenozin-5`-monofosfat (dAMF) alınır.

Ksantozin-5`-monofosfat (KMF) aminləşmə yolu ilə kvanozin-5`-monofosfata (QMF) çevrilir. Aşağıdakı sxemdə bütün bu proseslər göstərilmişdir.



Pirimidin əsaslarının biosintezi üçün pirimidin nüvəsi-nə 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).

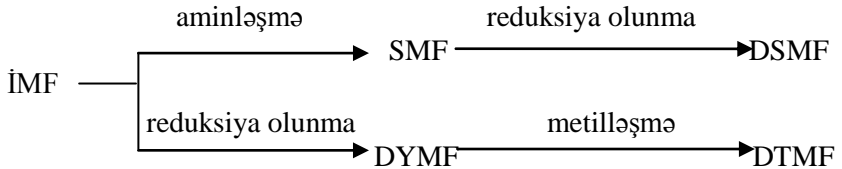
Digər tərəfdən riboza-5-fosfatdan bir çox çevrilmələrdən sonra uridin-5<sup>1</sup>-fosfat (UMF) bu maddədən də pirimidin nukleotidləri sintez olunur.



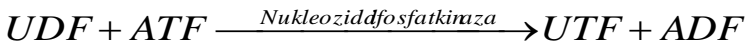
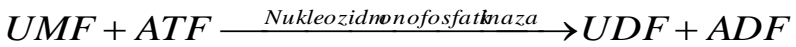
Uridin-5-monofosfat

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 dezoksiuridin-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, nukleoziddifosfatların reduksiyasından dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-monofosfat, onun ATF ilə qarşılıqlı təsirindən dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfat əmələ gəlir.

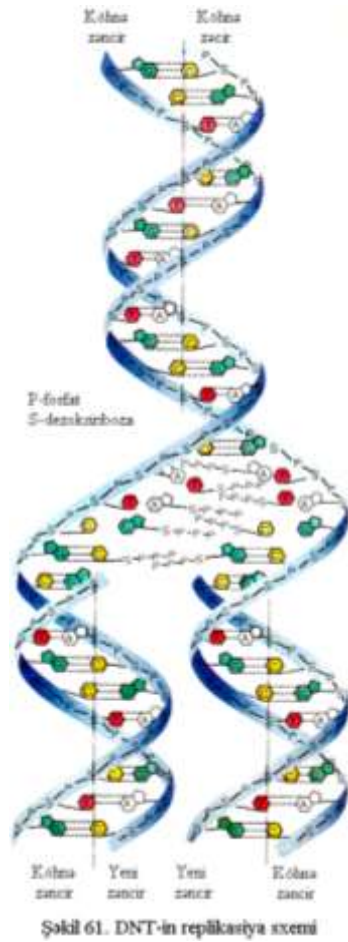
Hüceyrələrdə dezoksiribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfatların və ribonukleozid-5<sup>1</sup>-trifosfatların biosintezi baş beyin tərəfindən nizamlanır və onların bir-birinə nisbəti həmişə sabit qalır.

**DNT-nin biosintezi (replikasiya),** Müasir elmi təsəvvürlərə görə, irsiyyətin nəsil-dən-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 valideyndən

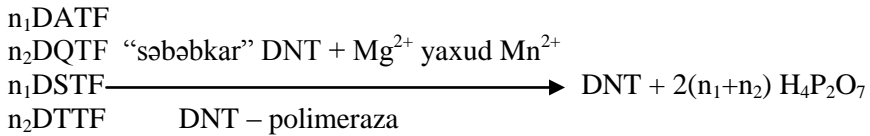
övlada verilməsindən aydın olur ki, bu informasiyanı daşıyan DNT molekulaları dəqiq sürətdə öz-özünü yaratmaq xüsusiyyətinə malikdir. DNT molekulunun ikiqat polinukleotid spiralının quruluşunda təsadüf etdiyimiz komplementarlıq prinsipi, onun öz-özünü yaratma (ikiləşdirmə) funksiyasının mexanizmini izah 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 nəzəriyyəsində 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  $\left( {}^{15}N H_4 Cl \right)$  ibarət olan qidalı mühitdə 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:



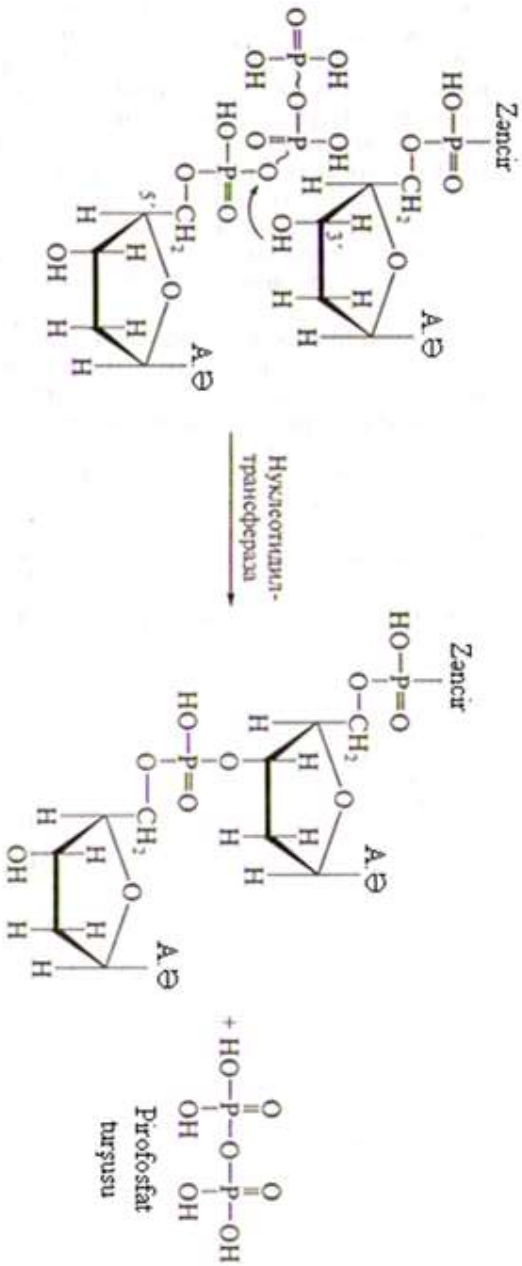
Bu reaksiya zamanı dezoksinukleozidtrifosfatlar matrisa vəzifəsini daşıyan DNT zənciri üzərindəki azot əsasları ilə komplementarlıq prinsipi üzrə qarşı-qarşıya yerləşir, bir-birinin qonşuluğunda yerləşən dezoksinukleozidtrifosfatların tərkibində olan dezoksiriboza qalıqları arasında 3,5-fosfodiefir rabitələri əmələ gəlir və iki fosfat turşusu qalığı – pirofosfat turşusu şəklində ayrılır. Tənləkdən 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 kimplementar 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 62-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.



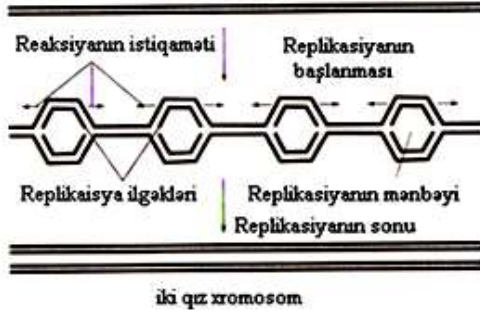


Şəkil 62. DNT-nin biosintez prosesində nükleotidlərin transferazının iştirakı ilə gedən reaksiyanın sxemi

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 inisiasiyası** 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. İnisiasiya prosesində DNT molekulu əvvəlcə DNT-birləşdirici, sonra isə DNT-açıqı zülallarla birləşir. DNT-açıqı 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.



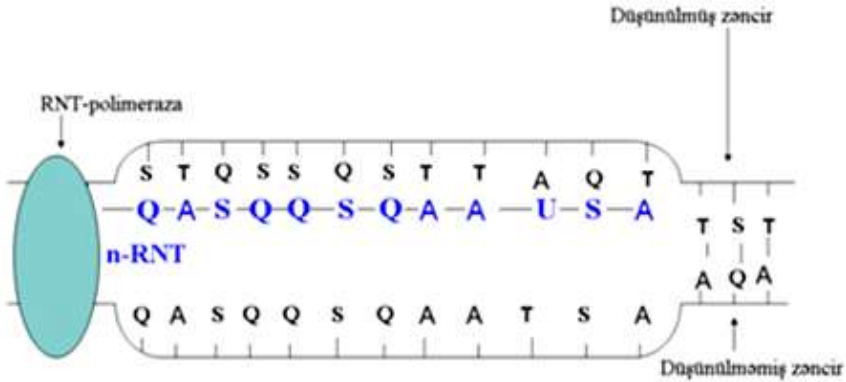
Şəkil 63. Eukariot xromosomda iki istiqamətdə replikasiya ilgəklərinin əmələ gəlmə sxemi

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 həddə 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 molekulları 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

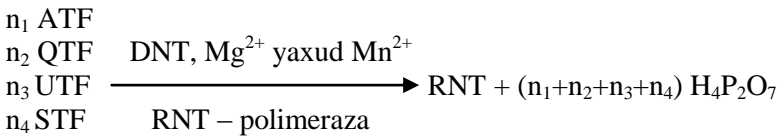
$Mn^{2+}$  ionlarının olması zəruri şərtidir.



Şəkil 64. Transkripsiya

Nukleozidtrifosfatlardan RNT molekullarının sintez olunması prosesini kataliz edən ferment RNT-polimeraza (yaxud transkriptaza) adlanır.

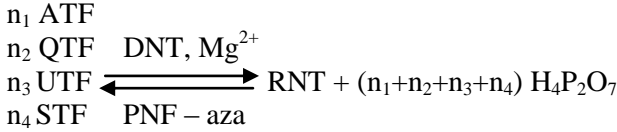
RNT-polimerazanın təsiri ilə nukleozidtrifosfatlar polimerləşərək, monomerlərin arasında 3,5-fosfodiefir rabitələri olan polinukleotid zəncirləri əmələ gətirir; bu zaman nukleozidtrifosfatlardan pirofosfat turşusu ayrılır.



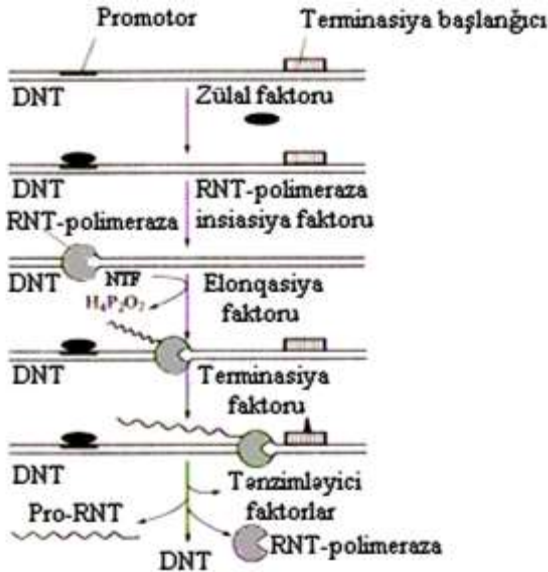
Müxtəlif canlıların toxuma və hüceyrələrində təsir xüsusiyyətinə görə RNT polimerazanı xatırladan bir neçə fermentə təsadüf edilmişdir. Bunlardan ən mühümü polinukleotidfosforilaza və RNT-sintetazadır.

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. İnisiyasiya prosesində (biosintez prosesinin başlanması) promotorun aktivləşməsi xüsusi nukleotid düzülüşünə malik olan TATA-faktorun köməyi ilə baş verir.



Şəkil 65. Eukariot hüceyrədə transkripsiya prosesinin çoxmərhləli 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 “səbəbkar” DNT-yə müvafiq gəlir. 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 bağırsaq 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 orotidildekarboksilaza 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) nukleın 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) zədələnilir.

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 keysiyyətinin də rolu vardır. Purin nukleotidləri ilə zəngin olan qida maddələrinin (məsələn, ətli qiad 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 tərkibli 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.

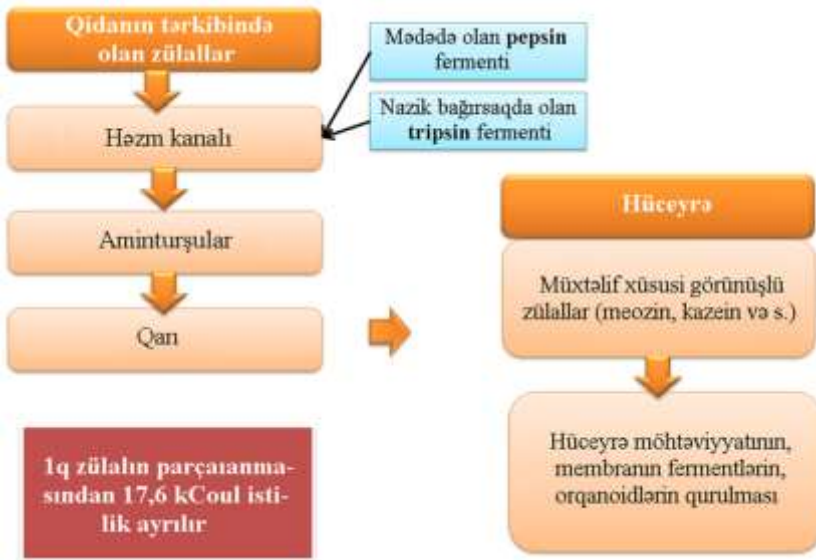
#### 10.1 Zülal və aminturşuların parçalanması

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-

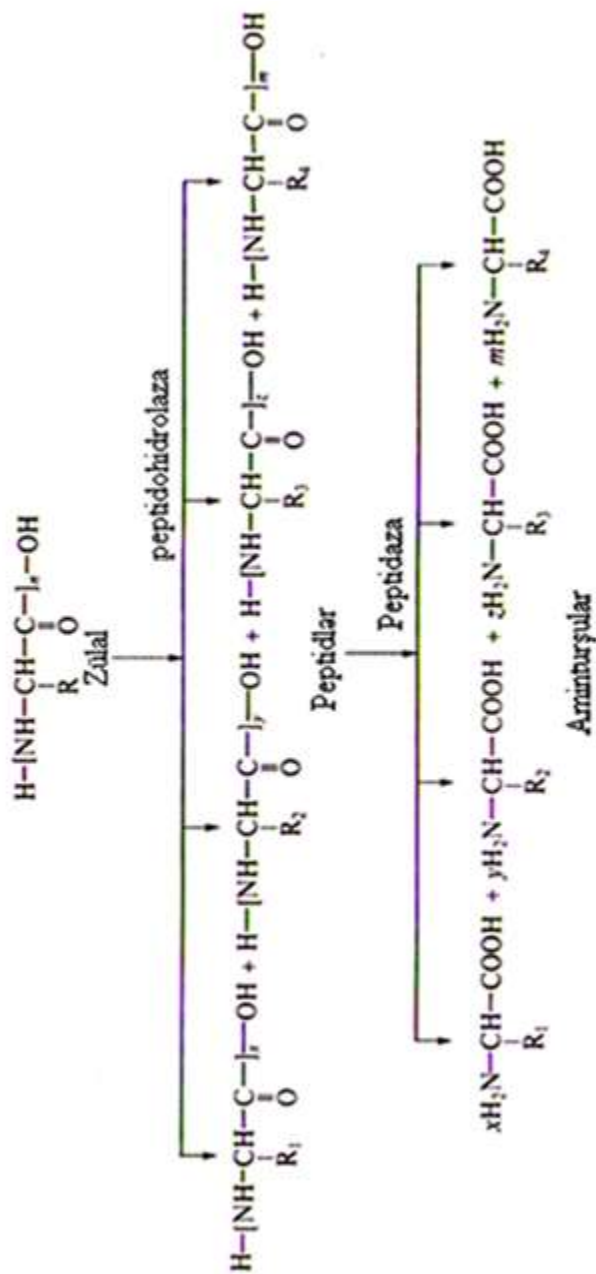
da aktiv formada olurlar. Ancaq mədə şirəsindən gələn xlorid turşusunun həmçinin bağırsaq divarlarında olan xüsusi ferment – prefermentin təsirindən aktiv formaya keçirlər.

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:



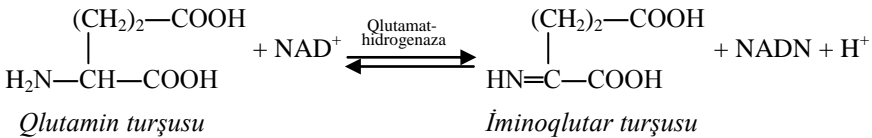
Orqanizmdə zülalların hidrolizinin ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



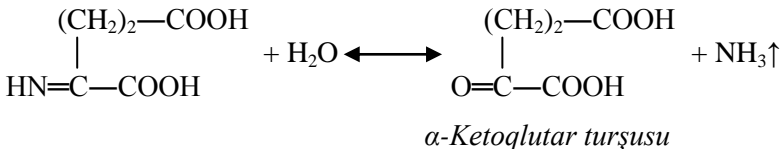
Şəkil 66. Orqanizmde zülalların hidrolizi sxemi.

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.



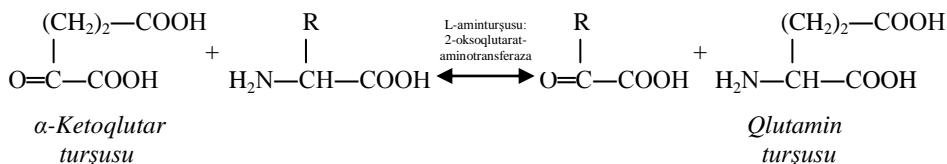
Prosesin ikinci mərhələsində iminturşu molekulu su ilə reaksiyaya girərək ammonyaka və ketoturşuya çevrilir.



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 amin turşuların  $\alpha$ -amin qrupu arasında yerdəyişmə reaksiyası nəticəsində baş verir.



Bu proses dönərdir, əmələ gələn qlütamin turşusu yenidən oksidləşməklə - aminsizləşmə prosesinə uğrayır. Nəticədə əmələ gələn  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu L-aminturşularının təkrar aminləşməsi prosesinə qoşulur. Əvəzolunan amin turşuların hamısı transaminləşmə prosesində aktiv iştirak edir. Əvəzolunmayan amin turşulardan bəziləri (triptofan, metionin və s.) yenidən aminləşmə prosesində iştirak edir.

Cədvəl 13.

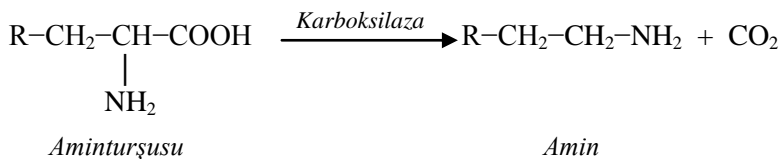
### Zülal amin turşuları

Əvəzolunmayanlar	Qismən (şərti) əvəzolunmayanlar	Əvəzolunanlar	Qismən (şərti) əvəzolunanlar
Valin	Arginin	Alanin	Tirozin
İzoleysin	Histidin	Asparagin	Sistein
Leysin		Asparagin turşusu	
Lizin		Qlisin	
Metionin		Qlutamin	
Treonin		Qlutamin turşusu	
Triptofan		Prolin	
Fenilalanin		Serin	

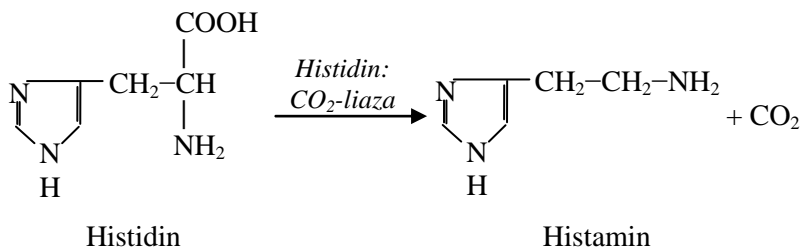
Yenidən aminləşmə reaksiyalarını kataliz edən fermentlərə transaminazalar və ya aminotransferazalar deyilir. Onların prostetik qruplarına fosfopiridoksal (B<sub>6</sub>-vitamininin 5- fosfat efiri) daxil

dir.

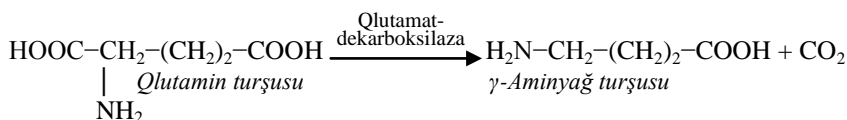
Aminturşuların toxumadaxili çevrilmələrinin müxtəlif formalarından biri də molekulun tərkibindən karboksil qrupunun ayrılması və müvafiq aminlərin əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunan *karboksilsizləşmə* reaksiyasıdır. Ümumi şəkildə bu reaksiya aşağıdakı kimi ifadə olunur.



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.



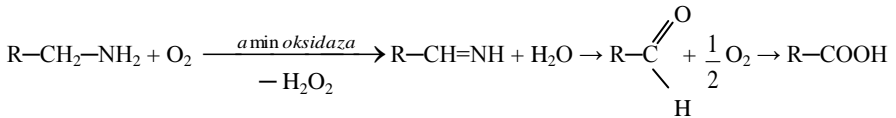
Bəzi hallarda dekarboksizləşmə prosesində başqa maddə alınır. Məsələn, qlutamin turşusunun dekarboksizləşmə məhsulu olan  $\gamma$ -aminyaq turşusu əmələ gəlir. Bu maddə sinir hüceyrələrinin təbii ləngidici amili hesab olunur.





Anoloji olaraq bu ardıcılıqla asparagin turşusunda  $\beta$ -alanin alınır. Həmçinin sistindən-sistaamin, histidindən-histamin, lizindən-kadaverin, ornitindən-putressin, serindən-etanolamin və s. alınır.

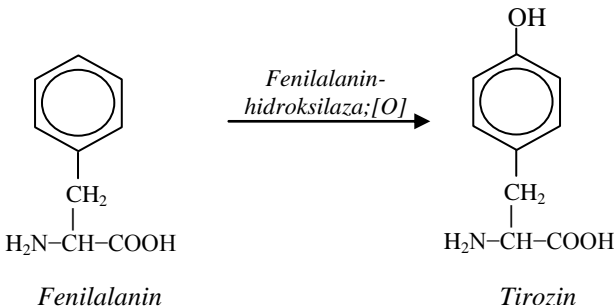
Biogen aminlərin yüksək dozaları orqanizm üçün ciddi təhlükə törədir. Buna görə də normal şəraitdə toxumalarda biogen aminlər aminoksidazaların təsiri ilə oksidləşərək müvafiq aldehidlərə və nəhayət üzvi turşulara qədər oksidləşərək orqanizmdən sidiklə xaric edilir.



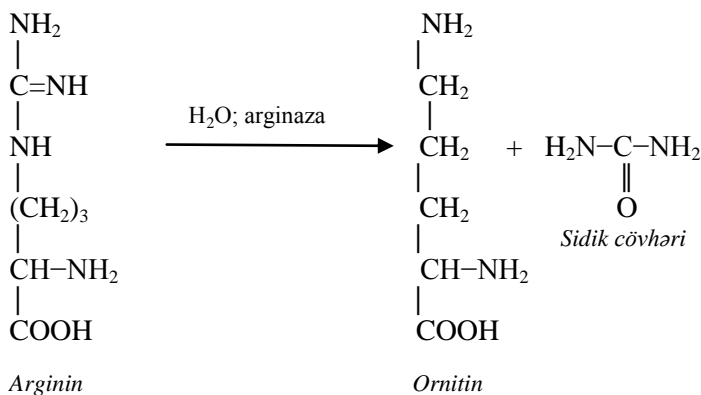
Qaraciyər, bağırsaqlarda və böyrəklərdə aminoksidazaların miqdarı daha çoxdur. Onlar da təsir etdiyi aminin mənşəyinə görə mono və diaminoksidazalara bölünürlər.

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 fenilalanin oksidləşməsindən tirozin alınır.

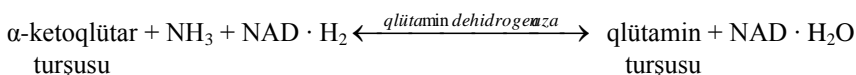


Arginin hidrolizindən ornitin və karbamid (zülal mübadiləsinin son məhsulu) alınır. Bu reaksiya arginaza fermentinin iştirakı ilə baş verir. Su molekulasındaki oksigen atomu karbamidin sintezinə sərf olunur.



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 (qıdanın 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:

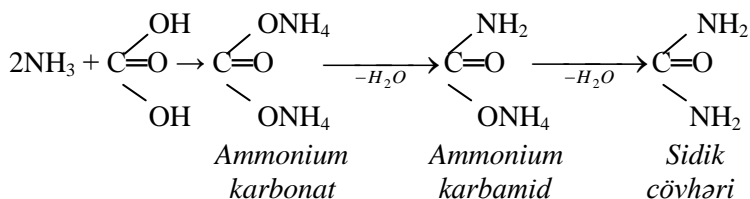


Lakin orqanizmdə əmələ gələn ammonyakın bir hissəsi istifadə edilmir və orqanizimdən ya sidik cövhəri ya da sidik turşusu şəklində xaric edilir. Quruda yaşayan onurğalılarda əksəriyyəti amin azotunu sidik cövhəri şəklində xaric edilir. Bunlara urotelik orqanizmlər deyilir. Suda yaşayan heyvanların əksəriyyəti (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.

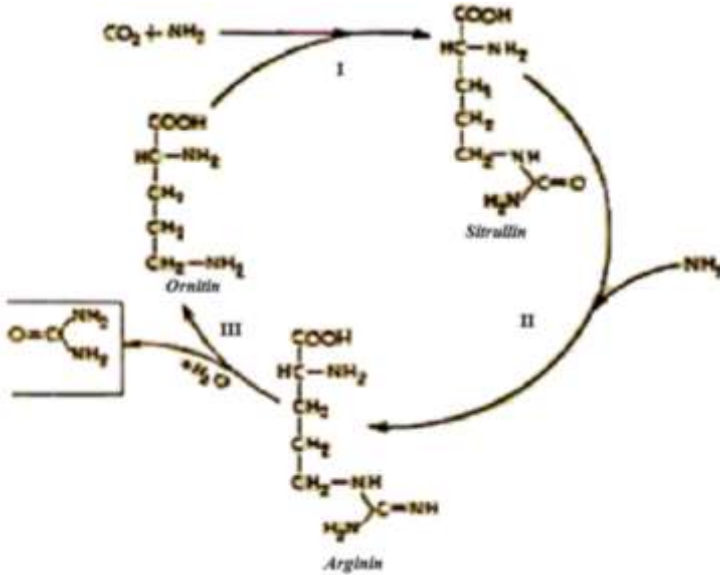
Əvəllər elə güman edilirdi ki, sidik cövhəri böyrəklərdə əmələ gəlir. Sonralar aydınlaşdırıldı ki, normal halda qaraciyər toxumasında sidik cövhərinin miqdarı qandakına nisbətən çox olur.

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

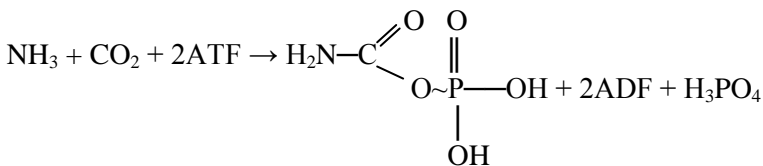
çevrilir. Alınan sitrullin yenidən bir molekul ammonyakla reduksiya girib argininin əmələ gətirir. Arginin isə arginaza fermentinin təsiri ilə parçalanıb sidik cövhəri və ornitinə çevrilir. Ornitin karbon qazı və ammonyakla reaksiyaya girməklə sidik cövhərinin sintezində iştirakını davam etdirir. Beləliklə sikl davam edir, bu proses “ornitin dövrəni” adlanır.



Şəkil 67. Ornitin dövrəninə 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 dövrəninə aralıq mərhələlərini aşağıdakı kimi izah edir.

Birinci mərhələdə ammonyak və karbon qazı karbomilfosfat-sintetaza (karbamatkinaza) fermentinin iştirakı ilə ATF ilə reaksiyaya girərək, karbomilfosfat əmələ gətirir.

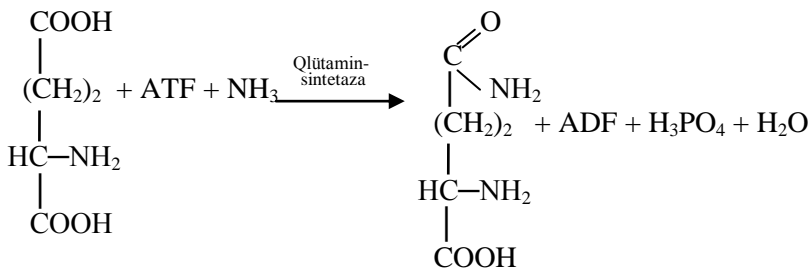


*Karbamilfosfat*

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.



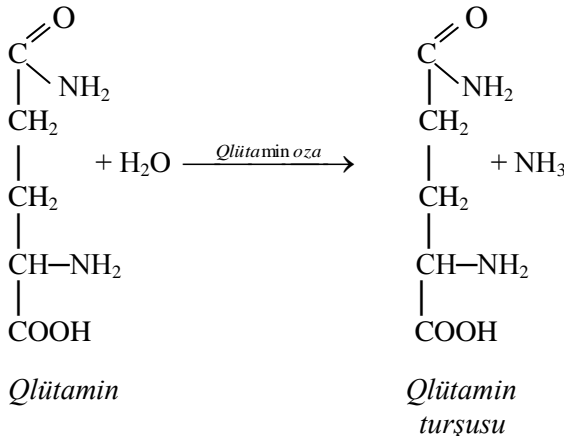
*Qlütamin turşusu*

*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.

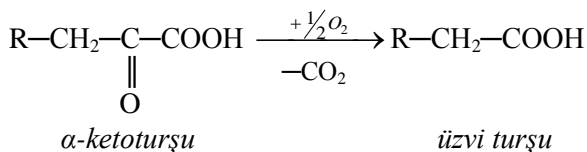


Qlütaminoza və asparaginaza fermentlərinin aktivliyi böyrəklərdə nisbətən yüksək olur. Bu fermentlərin təsiri ilə sonuncu reaksiyadan əmələ gələn ammonyak orqanizmdə mübadilə proseslərində əmələ gələn turş xassəli məhsullarda birləşərək həll olan ammonium duzları şəklində böyrəklər vasitəsilə sidiklə xaric olur. Bu bəzi kationların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) sidiklə ifrazının

azalmasına və orqanzimin qələvi ehtiyatının mühafizə olunmasına imkan verir.

Qlütamin 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.

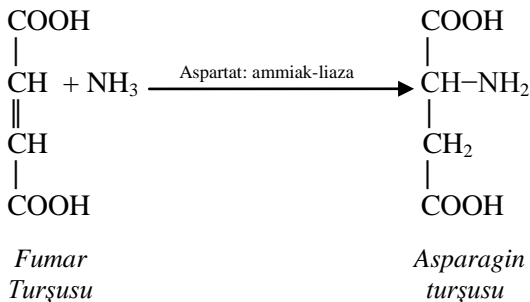
Aminturşuların qlükoplastik və ketoplastik xassələr göstər-məsi, onların tərkibində olan funksional qruplardan və onların miqdarından asılı olaraq dəyişir.

## 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 orqani-zmdə 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.

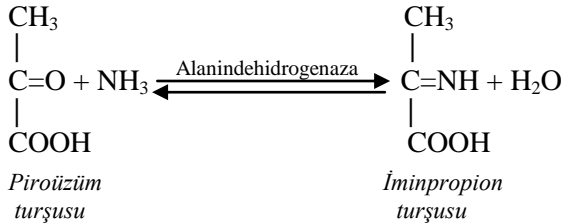


Reduksiya olunmaqla aminləşmə və oksidləşməklə amin-sizləşmə proseslərində aminturşuların sintez proseslərinin başlıca yollarıdır. Bunlar aşağıdakı reaksiyalarla baş verir.

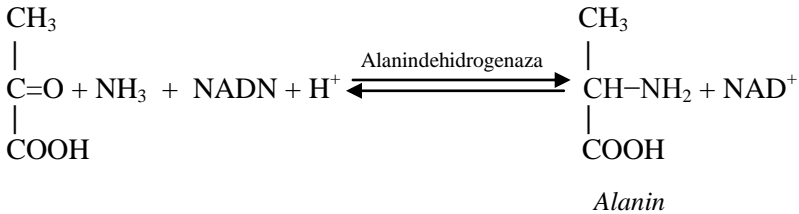


1) Ketoturşulara ammonyakın birbaşa birləşməsi nəticəsində iminturşuların alınması.

Piroüzüm turşusunun alanindehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə ammonyakın birləşməsi aşağıdakı reaksiya vasitəsilə baş verir və nəticədə iminpropion turşusu alınır.

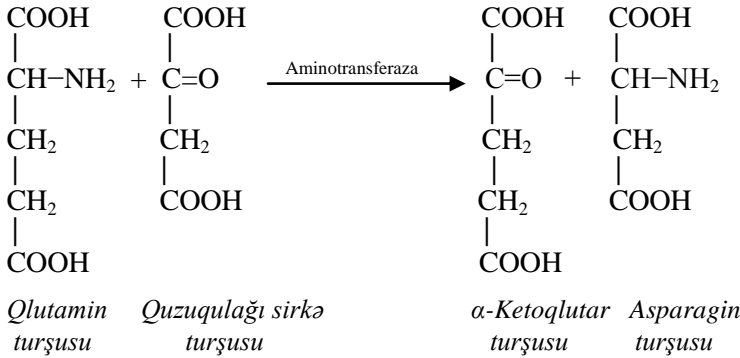


2) İminturşuların reduksiya olunmaqla aminturşulara çevrilməsi.



Aminturşularını sintez etmə səviyyələrinə görə bitki və heyvan orqanizmi bir-birindən fərqlənirlər. 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, paxlalılar və s.) qarışıq halda heyvanların yem rasionuna əlavə etməklə onlarda ət və süd məhsuldarlığının artırılmasına nail olunur.

### 10.3 Zülalların biosintezi

Müasir mikrobiologiyanın ən əsas məsələlərindən biri təbii biopolimer olan zülal sintezi problemdir. 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 hemoqlobin isə öz əvvəlki funksiyasını itirir. Bu qanyaradıcı hüceyrələrdə fasiləsiz olaraq hemoqlobin sintez edilməsi zərurətini qarşıya çıxarır. Zülal sintezinin əsas xüsusiyyətlərindən biri onun dəqiqliyidir: Zülalların molekul quruluşunun genetik proqramı orqanizm tərəfindən mühafizə olunur və nəsil-dən-nəsilə verilir. Bunun nəticəsində orqanizmdə eyni bir zülal molekulinin dəfələrlə sintez olunmasına baxmayaraq, onlarda aminturşu qalıqlarının yerləşmə ardıcılığı bir-birindən nəzərə çarpacaq dərəcədə fərqlənmir.

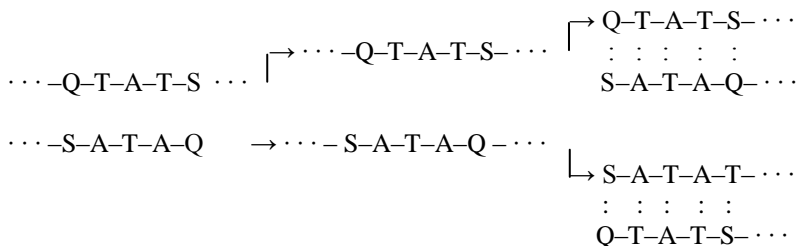
Zülalların hüceyrədaxili biosintezi mexanizminin bir çox detalları hələ tam açıqlanmayıbdır. Bu sahədə hələ bir çox işlər görülməlidir. Ancaq zülal biosintezi bəzi məqamları öyrənilmişdir. Bu məsələlərin həllində A. M. Belozeroskonun, O. S. Spirinin, A. A. Baevin, F. Krikin, S. Oçoanın, M. Nirenberqin, E. Uebbanın və başqalarının xidmətləri olmuşdur.

Zülallar sitoplazmada yerləşən kiçik hüceyrə orqanoidlərində-ribosomlarda sintez olunur. Hüceyrə nüvəsində olan DNT bu prosesə rəhbərlik edir. DNT molekulinə monomer vahidləri-

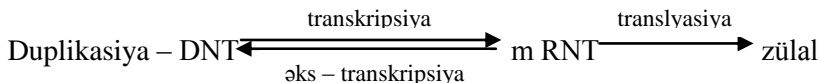
nin (mononukleotidlərin) yerləşmə ardıcılığı ribosomda sintez olunan zülalların aminturşu tərkibini müəyyənləşdirir. İkiqat spirala malik olan DNT molekulunun müxtəlif hissələri bir-birindən fərqlənən müxtəlif zülalların sintezinə rəhbərlik edir. DNT molekulunun hər bir zülalın sintezi üçün müvafiq gələn 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.



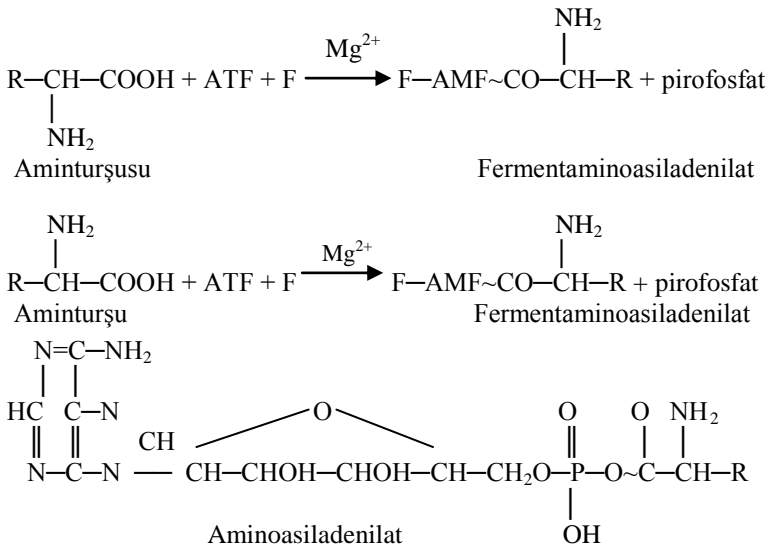
Reduplikasiya və transkripsiya prosesləri hüceyrənin nüvəsində törənir.

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 məlumatla görə zülalın sintezinə *translyasiya* 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 aminoturşuları hesab olunur. Beləliklə, zülalın sintezi barədə məlumat DNT-dən ribosomlara məlumat RNT-si ilə gətirilir və orada yerinə yetirilir.

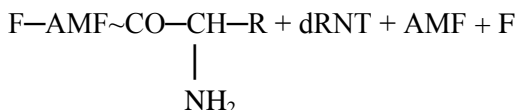
Məlumat RNT-də polipeptid zəncirinin sintezini icra edən sahəyə *gen və ya sistron* deyilir. Sistronlar birlikdə *gen qrupu*, yaxud *operon* adlanır.

Zülalın sintezində sitoplazmada əvvəlcə aminoturşuları, onların karboksil qrupu fəallaşdırılır. Bu da xüsusi fermentlərin – aminoasil – dRNT sintetazaların (F), ATF-in, maqnezium ionlarının iştirakı ilə gedir.

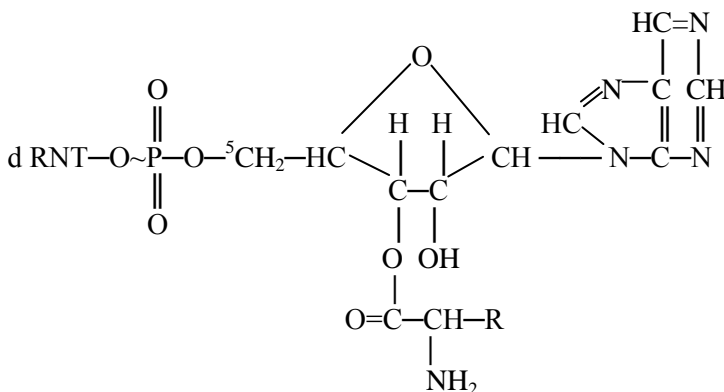


Aminturşularının fəallaşmasında iştirak edən fermentlər spesifikdir. Bunlara misal tirozin – dRNT – sintetazanı, leysil rRNT – sintetazanı, qlisil – dRNT – sintetazanı və qeyrilərini göstərmək olar.

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:



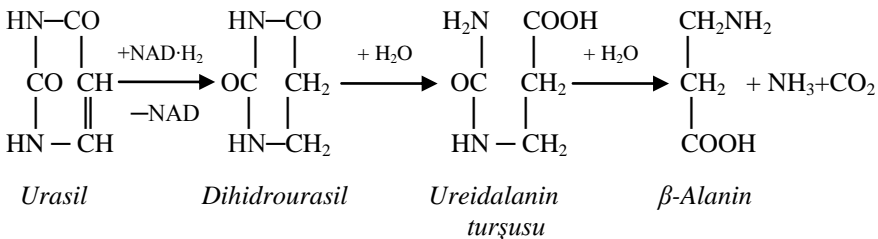
Aminoasil – d RNT

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 məndə 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 sahəsinə 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 də 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.

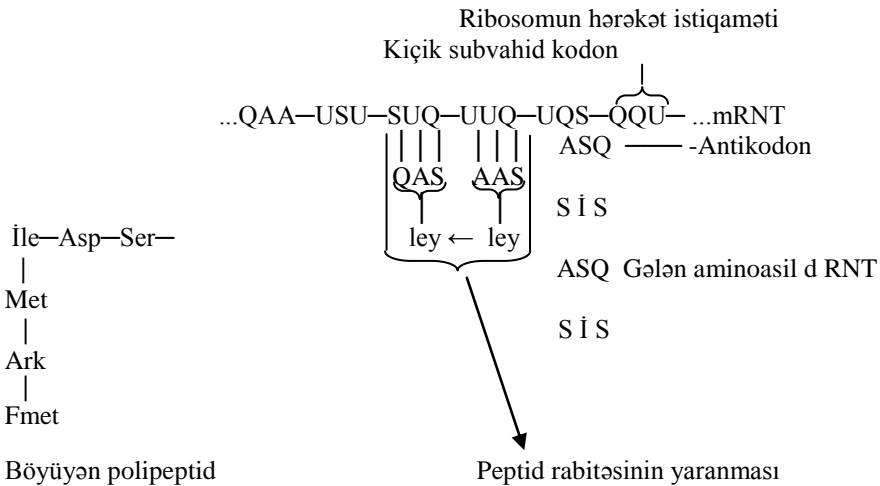
Cədvəl 14.

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.

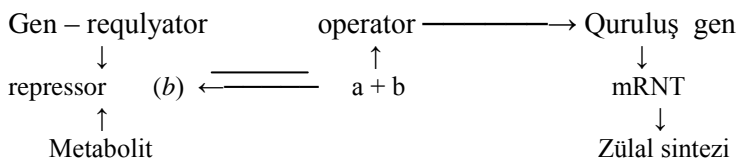
Polipeptid zəncirinin əmələ gəlməsi tamamlandıqdan sonra onda formalaşma gedir, qıvrılıraqla müəyyən forma alır. Bu isə hidrogen, disulfid tipli rabitələrin və s. yaranması ilə əlaqədardır. Bu rabitələr polipeptid zəncirinə xüsusi forma verməklə, zülal molekulunun ikinci və üçüncü quruluşunu yaradır. 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, adadovşanınin 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 nəzəriyyəsində 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.

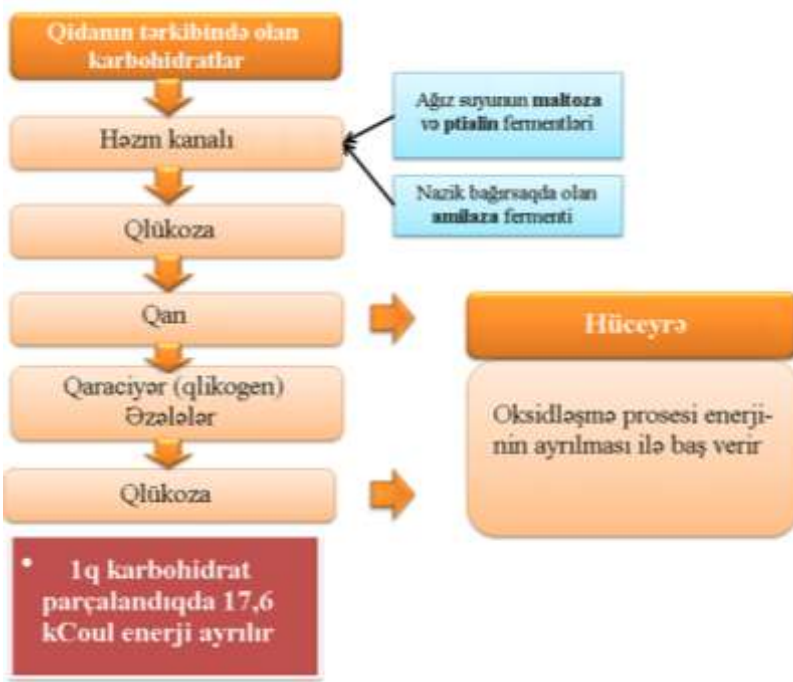
Karbohidratlar energetik materialdan başqa, onların parçalanma məhsulları yağların, piylərin, aminturşuların və qeyri-birləşmələrin sintezində, bəzi nümayəndələrindən tikinti materialı kimi (nukleotidlər və s.), müdafiə məqsədilədə (əks cisimlərin əmələ gəlməsində) istifadə olunur.

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.

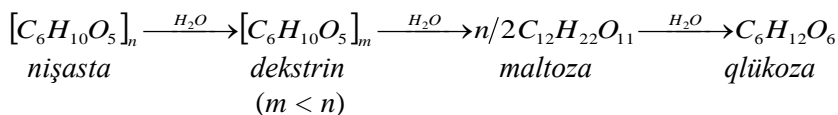
## 11.1 Karbohidratların həzm sistemində çevrilməsi

Heyvan və bitki mənşəli qidanın tərkibində olan karbohidratlar ağızda mexaniki, fiziki və qismən biokimyəvi təsirə uğrayır.

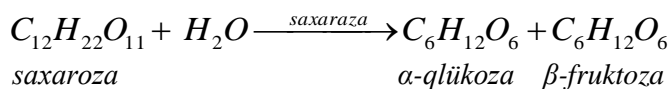
Karbohidrat mübadiləsinin sxemi aşağıdakı kimidir:



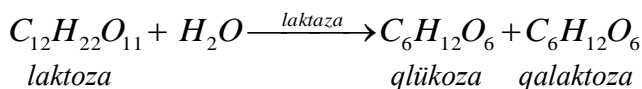
Bunlar ağız boşluğunda az saxlandığından ağız suyunda olan  $\alpha$ -amilaza və  $\alpha$ -qlükozidaza (maltaza) fermentlərinin təsirindən qismən hidrolitik parçalanma prosesinə məruz qalırlar. Amilaza nişasta və qlikogeni maltozaya qədər,  $\alpha$ -qlükozidaza (maltaza) fermenti isə disaxarid maltozanı qlükozaya qədər parçalayır. Aralıq məhsul isə dekstrinlər alınır. Bu prosesi aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



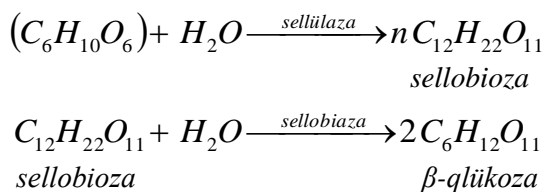
Mədədə karbohidratları parçalayan ferment yoxdur. Ağız suyunun amilazası mədənin turş mühitində (pH=1,5 – 1,8) fəallığı itir. Mədə möhtəviyyatından sonra karbohidratlar onikibarmaq bağırsağa keçir. Burada mədəaltı vəzin ifraz etdiyi pankreatik α-amilaza fermentlərin təsiri ilə maltoza, laktoza, saxarozanı 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, β-qalaktozidaza (laktaza) və s. mövcuddur ki, onlar da disaxaridləri monosaxaridlərə parçalayırlar. Maltaza fermenti maltozanı 2 molekul α-qlükozaya, saxaraza fermenti saxarozanı qlükozaya və β-fruktozaya parçalayır.



β-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 sellobiozaya 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%, inəkədə 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 sekreşiya 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.

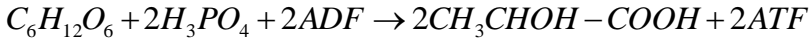
Qanda qlükozanın miqdarının nizamlanması uzunsov beyində şəkər mərkəzinin iştirakı ilə həyata keçirilir.

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 mübadilənininki isə karbon qazı və sudur.

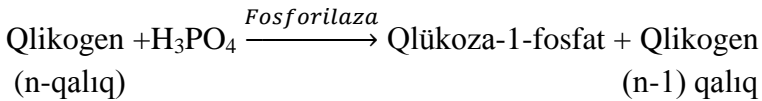
Anaerob mübadilə qlikogendən başlayırsa qlikogenoliz, qlükozadan başladıqda Embden – Meyerhof – Parnas (EMP) yolu və ya qlikoliz adlanır. Qlikolizin ümumi tənliyinin sxemi belə yazılır:



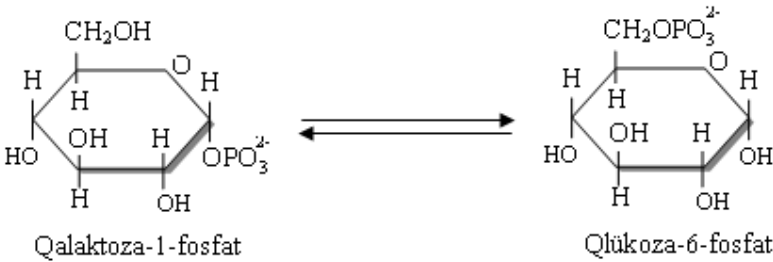
Burada 50 kkal enerji ayrılır. Onun 20 kkalorisi (2 molekul) ATF-də toplanır və 30 kkalorisi isə istilik enerjisi şəklində çıxır. Beləliklə, qlikolizin energetik faydalılığı təxminən 35% təşkil edir.

Qlikogenolizdə qlikolizdən fərqli olaraq 3 molekul ATF əmələ gəlir. Çünki qlikogenolizdə qlükoza-6-fofatın əmələ gəlməsinə ATF istifadə olunmur.

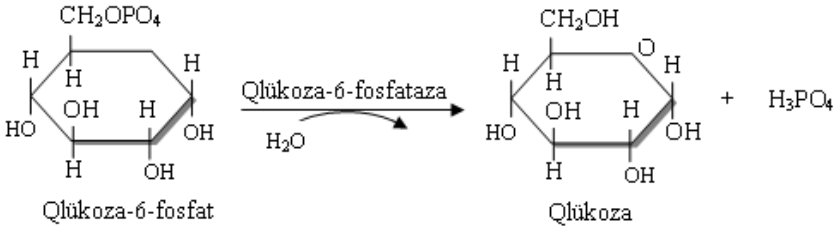
Toxumalarda qlikogen ilk mərhələdə fosforoliz yolu ilə parçalanaraq qlükoza-1-fofata ayrılır.



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.

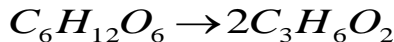
Esterləşmə (efirləşmə) reaksiyasına daxil olmamış qlükoza qana daxil olur qan vasitəsilə toxumalara daşınaraq energetik material kimi istifadə olunur. Qlükoza-6-fosfat isə bir çox toxumalarda (əzələ və beyin toxumasından başqa) ATF-in regenerasiyasına və enerjinin çıxarılmasına (ayrılmasına) sərf olunur.

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.

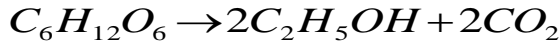
### 11.3 Dixotomik yolla (anaerob) qlükoza-6-fosfatın parçalanması

Bu üsulla parçalanmada qlükoza iki molekul süd turşusuna parçalanır.



$$\Delta G^0 = -196,9 \text{ K Coul/mol}$$

Spirtə qıvcırmada isə qlükoza etil spirtinə və karbon qazına parçalanır.

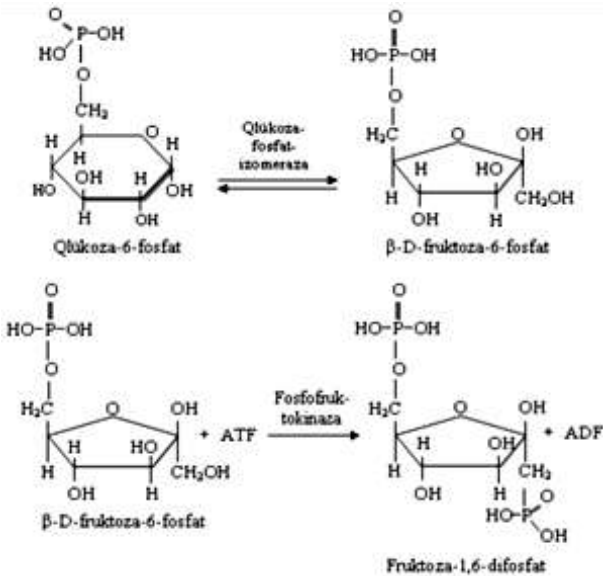


$$\Delta G^0 = -156,9 \text{ K Coul/mol}$$

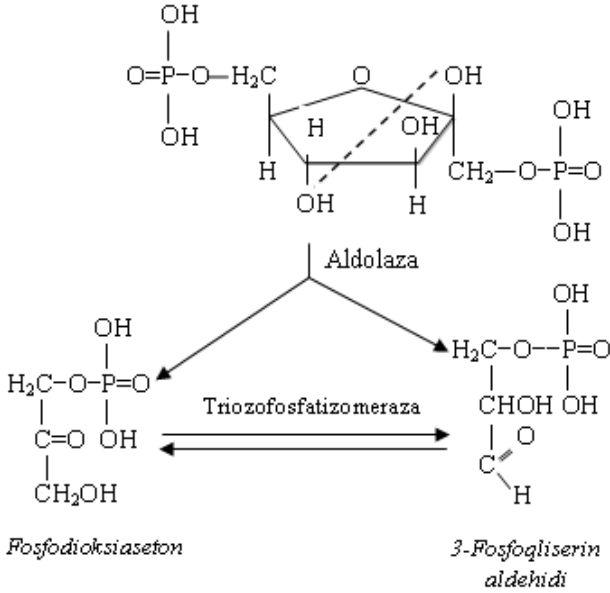
Anaerob parçalanma eberjinin azad olunması ilə gedir ki, bu enerji ATF-in makroergik rabitələrində toplanır.

Qlükoza-6-fosfatın dixotomik parçalanması aşağıdakı mərhələlərdə baş verir.

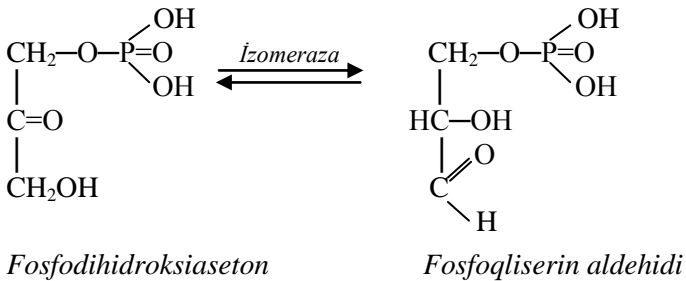
Birinci mərhələdə qlükoza-6-fosfat molekulu qlükozafosfatizomeraza fermentinin təsiri ilə izomerləşməyə məruz qalır və  $\beta$ -D-fruktoza-6-fosfata çevrilir. O, da öz növbəsində fosfofrukto-kinaza fermentinin təsirindən fruktoza 1,6 difosfata çevrilir.

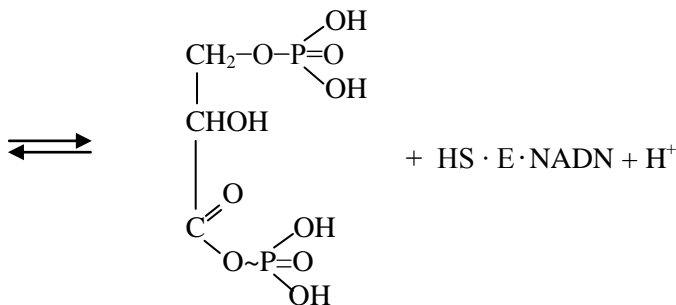
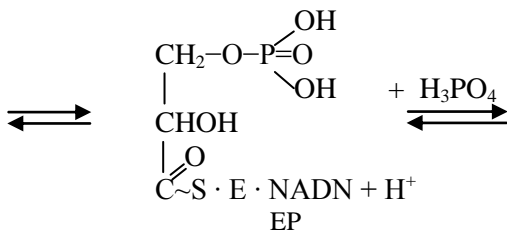
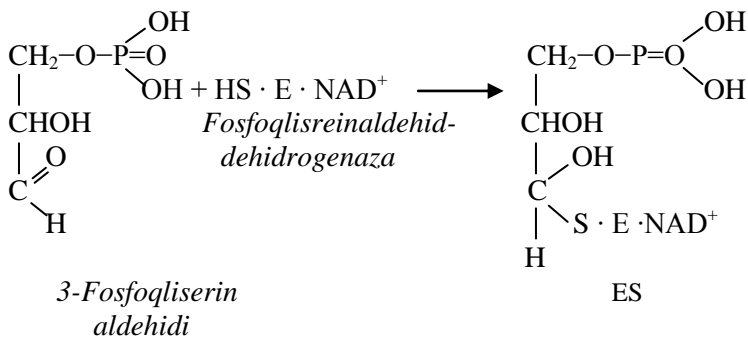


Fruktoza-1,6-difosfat molekulu sonrakı prosesdə dixotomik yolla bir-birinə çevrilə bilən iki molekul fosfotriozaya parçalanır. Fruktoza-1,6-difosfat molekulu aldolaza fermentinin təsiri ilə bir-birinə çevrilə bilən fosfodioksiaseton və 3-fosfoqliserin aldehidinə parçalanır.



Sonrakı mübadilə prosesində yalnız 3-fosfoqliserin aldehydi iştirak edir. Fosfodioksiasetonda yenidən izomerazanın iştirakı ilə izomerləşərək fosfoqliserin aldehydinə keçir. Beləliklə bir molekul qlükozadan iki molekul fosfoqliserin aldehydi alınır. Bu da fosfoqliserinaldehiddehidrogenaza fermentinin təsirindən asilfermentə sonuncu işə  $H_3PO_4$  molekulunu birləşdirərək 1,3 difosfoqliserin turşusuna çevrilir.

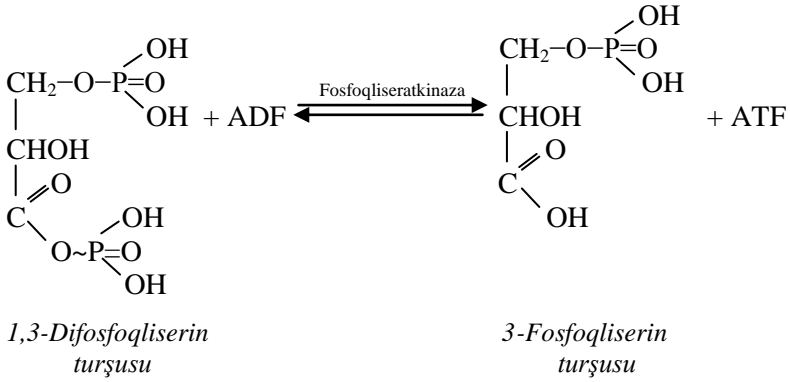




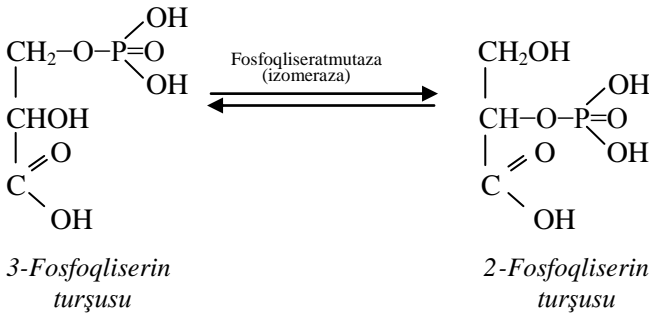
### 1,3-Difosfoqliserin turşusu

1,3 Difosfoqliserin turşusu fosfoqliseratkinaza fermentinin təsiri ilə ADF molekuluna bir mol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  verərək 3-fosfoqliserin turşusuna çevrilir.

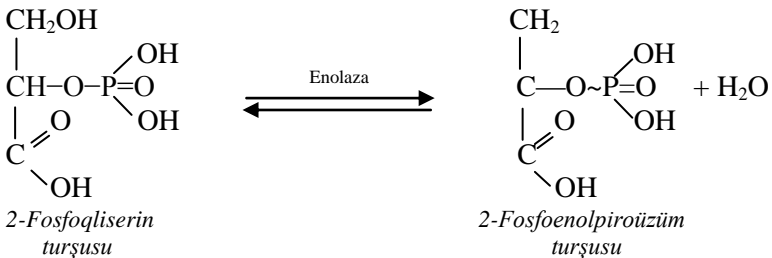
1,3 difosfoqliserin turşusu molekulunda fosfat turşusu molekulundakı makroergik rabitələrdə olan enerji ATF molekulunun əmələ gəlməsinə sərf olunur. Belə sintez prosesi çoxlu miqdarda ehtiyat ATF molekulunun əmələ gəlməsinə səbəb olur.



3-fosfoqliserin turşusu fosfoqliseratmutaza (izomeraza sinifinə aiddir) fermentinin təsiri ilə izomerləşərək 2-fosfoqliserin turşusuna çevrilir.

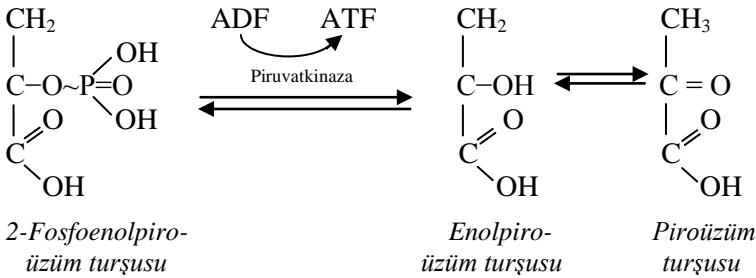


Sonra 2-fosfoqliserin turşusu enolaza fermentinin təsiri ilə bir su molekulu itirərək yüksək eberjili maddəyə enol formaya 2-fosfoenolpiroüzüm tursusuna çevrilir.

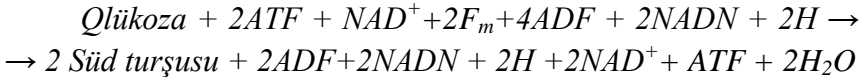


Bu reaksiyanın nəticəsində əmələ gələn enerjinin molekuldaxili paylanması (bölünməsi) baş verir. Enerjinin çox hissəsi 2-fosfoenolpiroüzüm turşusunun makroergik rabitəsində toplanır. Hansı ki, bu birləşmə hüceyrədə ən çox enerjiyə malik olan (enerjini özündə toplayan) fosfatdır.

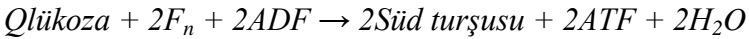
Sonrakı mərhələdə bu birləşmə piruvatkinaza fermentinin təsiri ilə 1 molekul fosfat turşusu itirməklə enolpiroüzüm turşusuna, o, da öz növbəsində piroüzüm turşusuna çevrilir.



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.



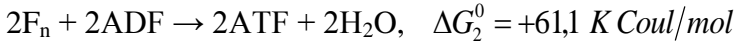
Sağ və sol tərəfdə olan eyni molekulları ixtisar etdikdə tənlik aşağıdakı sadə formaya keçir.



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.

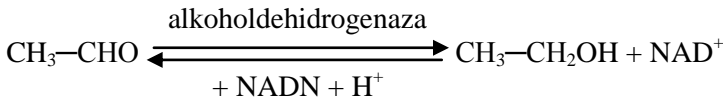
## 11.4 Spirtə qıcırma

Bir çox maya və mikroorqanizmlər üçün şəkərləri spirtə qıcırma xarakterikdir. Bu prosesdə qlükoza son məhsul olaraq etil spirtinə və karbon qazına parçalanır. Qlikozanın spirtə qıcırma prosesi qlikoliz prosesinin mərhələlərinə çox oxşardır. Ancaq son mərhələlərdə bəzi fərqli cəhətlər ayrılır. Belə ki, piroüzüm

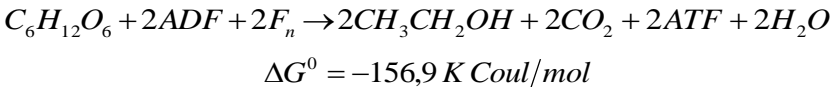
turşusu ilk mərhələdə piruvatdekarboksilaza fermentinin təsiri ilə dekarboksilləşərək asetaldehidə və CO<sub>2</sub>-yə parçalanır. Bu prosesdə piruvatdekarboksilaza fermenti onun koferment hissəsi tiamin-pirofosfat (karboksilaza) və Mg<sup>2+</sup> ionu fəallaşır.



Bu reaksiya tam dönər olmaması ilə xarakterikdir. İkinci mərhələdə asetaldehid alkololdehidrogenazanın 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 kimidir.



Qlikoliz prosesində olduğu kimi o qədər çox enerji alınmır.

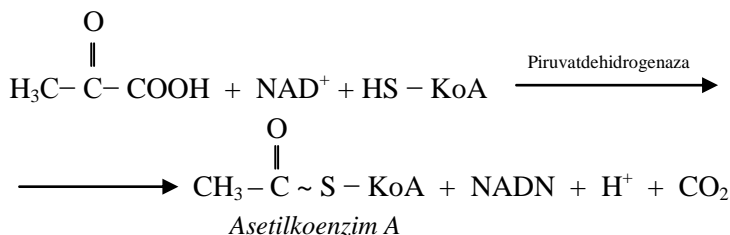
## **11.5 Karbohidratların aerob parçalanması (piroüzüm turşusunun mübadiləsi)**

Aerob (oksigenli şəraitdə) parçalanmada qlükozadan əmə-

lə gələn süd turşusu iki istiqamətdə çevrilməyə məruz qalır.

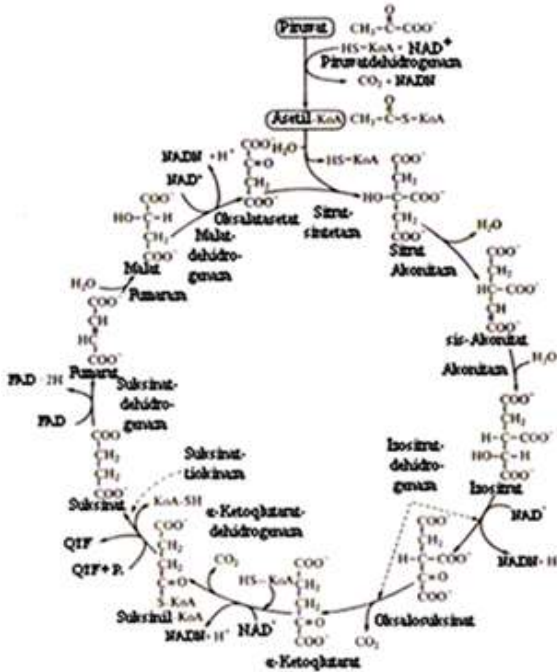
Birinci istiqamətdə süd turşusunun  $\frac{1}{5}$  hissəsi  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$  oksidləşir, ikinci istiqamətdə süd turşusunun qalan hissəsi qlikogenə çevrilir. Həm anaerob, həm də aerob parçalanmanın müəyyən mərhələləri eyni fermentlərin (kinazalar, mutazalar, dehidrogenazalar və 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 molekulyar 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 təsvir etmək olar.



Oksidləşmə reaksiyası nəticəsində asetilkoenzim A molekulyarında enerji mənbəyi olan makroergik rabitə yaranır. Bu rabitə hesabına enerji hesabına asetilkoenzim adı və trikarbon turşuları siklinə qoşulur.

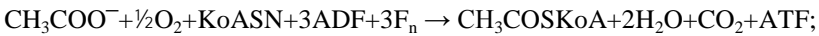
Asetilkoenzim A həmişə toxumalarda olan oksalat sirkə turşusu ilə kondensləşir və limon turşusu əmələ gəlir, nəticədə asetilkoenzim A azad olur. Əmələ gəlmiş limon turşusu bir sıra çevrilmələrə məruz qalır. Bu çevrilmələrdə 4 reaksiya dehidrogenləşmə, 2 reaksiya isə dekarboksizləşmə yolu ilə baş verir.



Şəkil 68. Krebs Sikli (iki və üçkarbonlu turşuların dövrünü).

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 dövrünü 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.

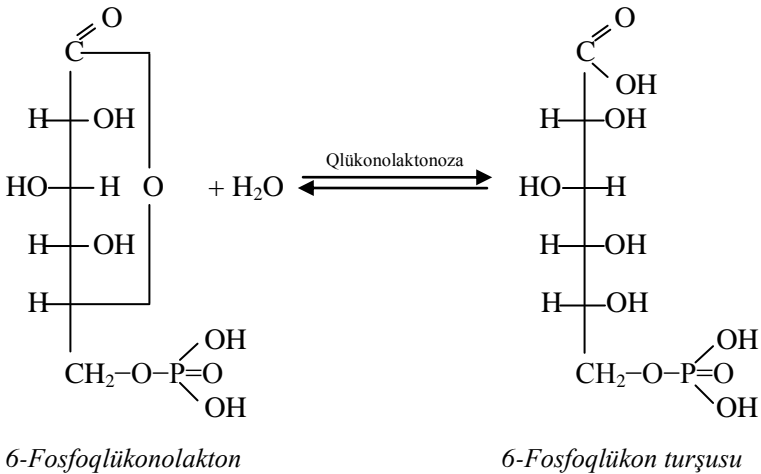
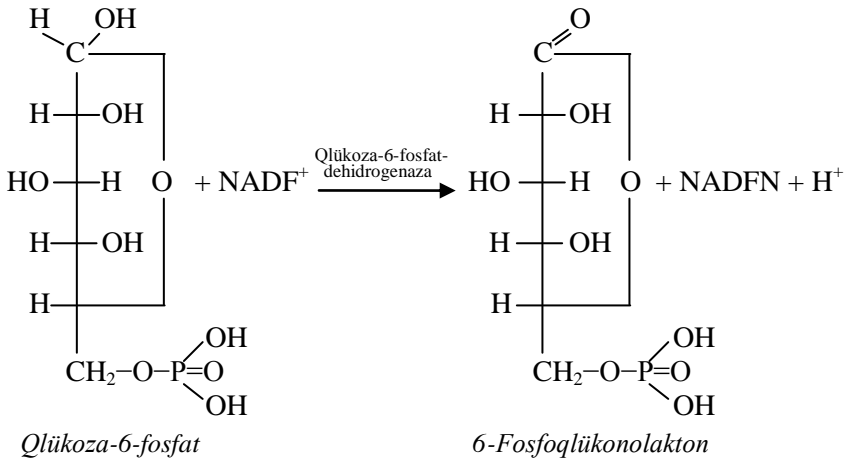
Apotomik oksidləşmə prosesinin əvvəlində qlükolitik parçalanmada olduğu kimi qlükozanın (və ya qlikogenin) fosforlaşması nəticəsində qlükoza-6-monofosfat efiri əmələ gəlir. Bu mərhələdən sonra qlükolitik və apotomik parçalanma bir-birindən ayrılır. Bu prosədə qlükoza-6-fosfat ikinci dəfə fosforlaşma 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.

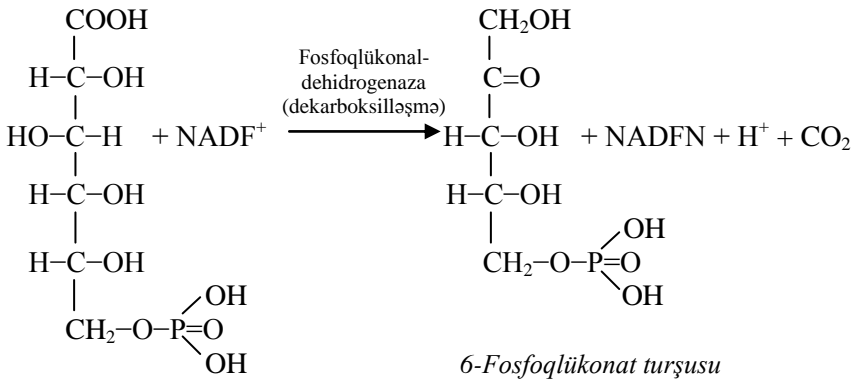
İlk mərhələdə qlükoza-6-fosfat dehidrogenaza fermentinin təsiri ilə hidrogensizləşərək 6-fosfoqlükonolakton əmələ gətirir. NADF isə qlükoza-6-fosfatdan ayrılan hidrogen atomlarını qəbul

edib, NADF 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 NADF<sup>+</sup> iştirakı ilə 6-fosfoqlükonolaktana çevrilir. Bu proseslər aşağıdakı kimidir:



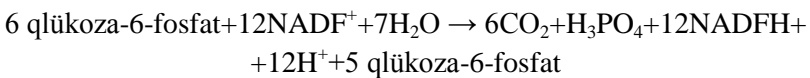
Sonrakı prosesdə 6-fosfoqlükon turşusu NADF (dehidrogenazanın kofermentidir) təsiri ilə dehidrogenləşməyə və dekarboksizləşməyə məruz qalır və nəticədə bir molekula CO<sub>2</sub> ayrılmaqla ribuloza-5-fosfata çevrilir.



*6-Fosfoqlükonat turşusu*

*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 molekul qlükoza-6-fosfatdan 5 molekul qlükoza-6-fosfat alınır. Bir molekulu tamamilə parçalanmaya məruz qalır. Bu prosesin bütün reaksiyalarının cəmini ümumi şəkildə belə ifadə etmək olar.



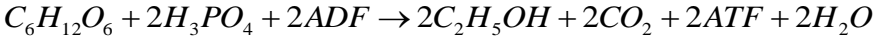
Karbohidratların pentoza fosfat yolu ilə parçalanması za-



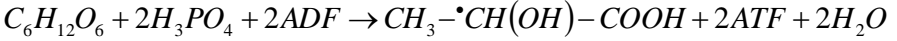


1) Natamam oksidləşmə:

a) qıvcırma

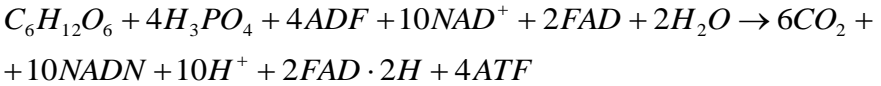


b) qlikoliz



2) Tam oksidləşmə

a) qlikotomik istiqamət (yol), üsul



b) apotomik istiqamət (yol) üsul



Hər prosədə 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.

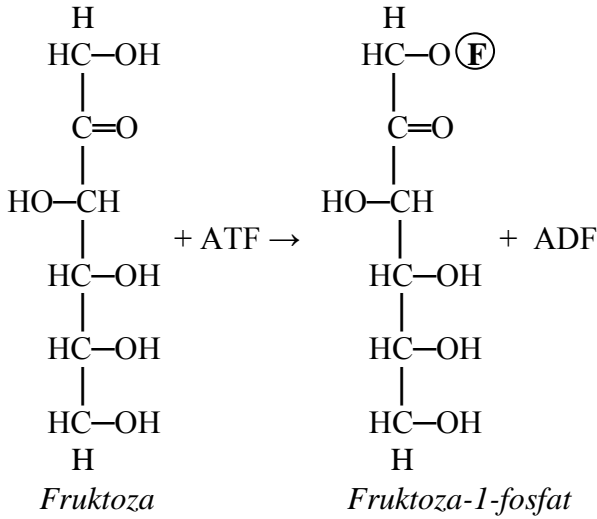
Bir molekula qlükozanın parçalanması nəticəsində ATF molekulu makroergik rabitələrində dixotomik yolla parçalanmada 1140 Kcoul (30 KC·38 mol ATF), apotomik yolla parçalan-

mada isə 1050 Kcoul (30 KC·35 mol ATF) ehtiyat enerji şəklində toplanır. Qıvcırma və qlikoloiz proseslərində az miqdar-da ATF molekulu olduğundan enerji ehtiyatı minimum toplanır.

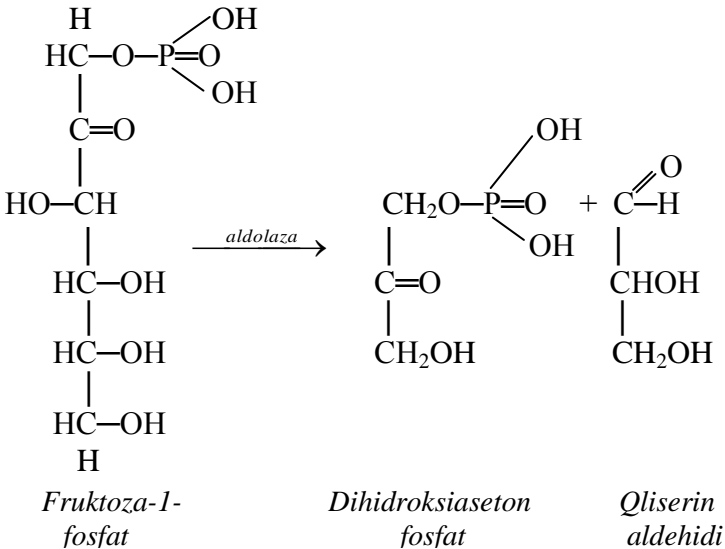
## **11.7 Fruktoza və qalaktozanin mübadilə xüsusiyyətləri**

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.

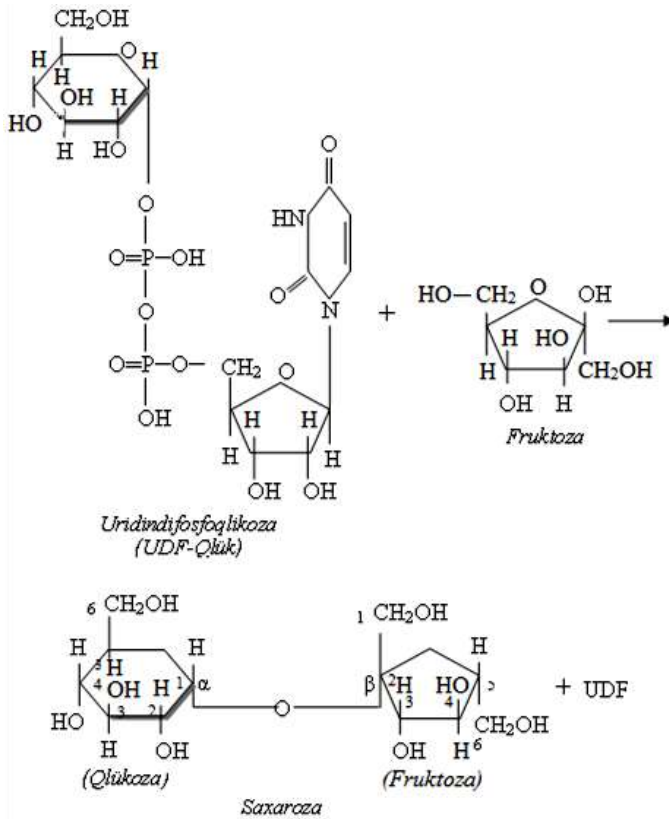
Fruktoza ya qeyri-spesifik heksokinazanın, ya da spesifik təsirli fruktokinaza fermentinin təsiri ilə qlikolitik parçalanmaya bilər. Heksokinaza fermenti fruktozanı fosfat qalıqlarının donoru vəzifəsini daşıyan ATF-in iştirakı ilə, qlikolitik parçalanmanın aralıq məhsullarından biri olan fruktoza-6-fosfata 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 hələlək 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-fosfaldolaza fermentinin təsiri ilə dihidroksiasetonfosfata və qliserin aldehydinə parçalanır:



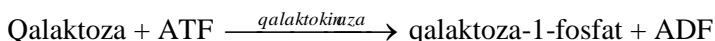
Üçüncü mərhələdə qliserin aldehidi triozokinazanın təsiri ilə fosforlaşaraq, fosfoqliserin aldehidinə çevrilir. Bundan sonra əmələ gəlmiş dihidroksiasetonfosfat və fosfoqliserin aldehidinin mübadiləsi qlikolitik oksidləşmə-reduksiya prosesində təsvir edildiyi kimi davam edir. Sərbəst fruktozadan bitki toxumlarında saxarozanın sintezi üçün istifadə oluna bilər. Saxarozanın sintezinin əsas yollarından biri uridindifosfatqlükoza ilə fruktozanın qarşılıqlı təsirindən ibarətdir:



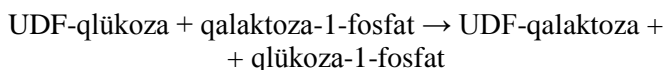
Burada təsadüf edilən UDP-qlükoza monosaxaridlərin “aktiv” formalarından biridir. O, müvafiq fermentlərin təsiri altın-

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.

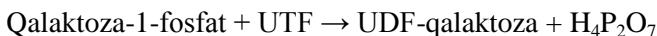
Qalaktozanın qlikolitik yolla parçalanmasında da UDF-qlükozanın rolu vardır. Toxumalarda olan qalaktoza mübadilə prosesinin ilk mərhələsində qalaktokinaza fermentinin təsiri ilə qalakto-1-fosfata çevrilir.



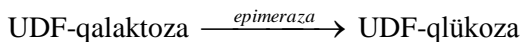
Burada əmələ gələn qalaktoza-1-fosfat UDF-qlükoza ilə reaksiyaya girərək, onun tərkibindəki qlükozanı qlükoza-1-fosfat efirinə çevirir, özü isə UDF-lə birləşir. Bu reaksiyanı kataliz edən ferment heksoza-1-fosfat-uridil-transferaza adlanır:



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:



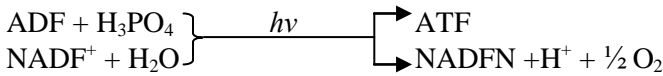
Beləliklə, toxumalarda olan qalaktoza yalnız uridindifosfatqalaktoza şəklinə düşdükdən sonra qlükozaya çevrilə bilər. Heksozafosfat-uridiltransferaza və uridindifosfatqlükoz-izomeraza fermentləri eyni bir zülal funksiyasının tərkibinə daxildir. Onları bir-birindən ayırmaq hələlik mümkün olmamışdır. Bu ferment sisteminin anadangəlmə pozğunluğu qalaktozemiya və qalaktozu-

riya ilə müşayiət olunan irsi xəstəliyin əsasını təşkil edir.

## 11.8 Karbohidratların biosintezi

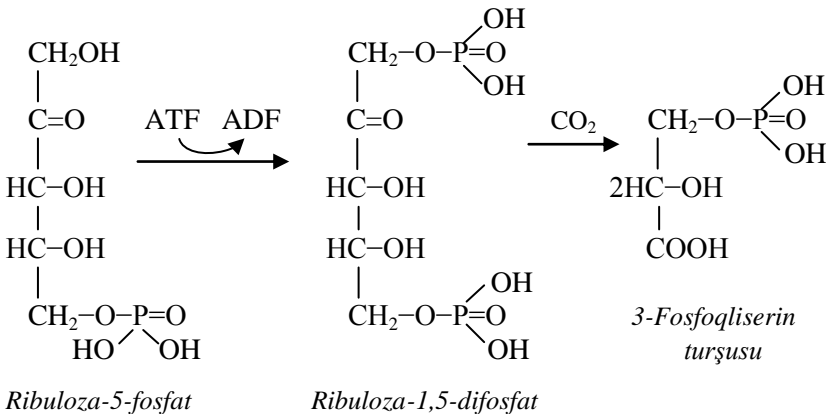
Canlı orqanizmdə karbohidratların parçalanması ilə yanaşı biosintezi də gedir. Sadə karbohidratlar əsasən bitkilərdə, xemosintez və fotosintezə bənzər bakteriyalarda (avtotrof orqanizmlər) atmosferin karbon qazının, günəşin ultrabənövşəyi şüalarının və su molekullarının hesabına ilk üzvi maddələr sintez olunur. Aşağıdakı sxemdə avtotrof orqanizmlərdə işıqda və qaranlıqda fotosintez reaksiyalarının gedişi verilmişdir.

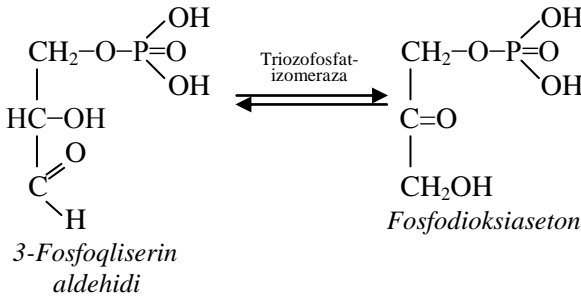
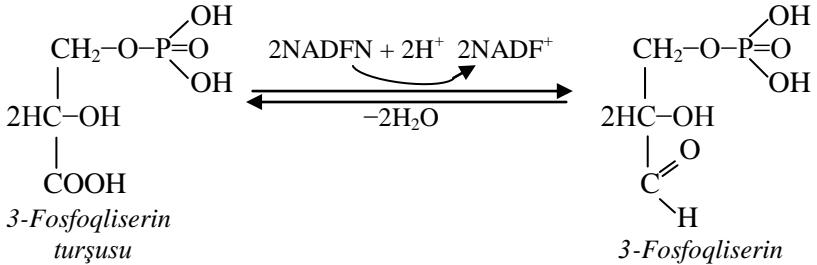
1) fotosintezin işıqda gedən reaksiyaları



2) fotosintezin qaranlıqda gedən reaksiyaları

Prosesin ilk mərhələsində ribuloza-5-fosfat özünə ATF-dən bir molekul fosfat turşusu birləşdirərək ribuloza-1,5-difosfata çevrilir.



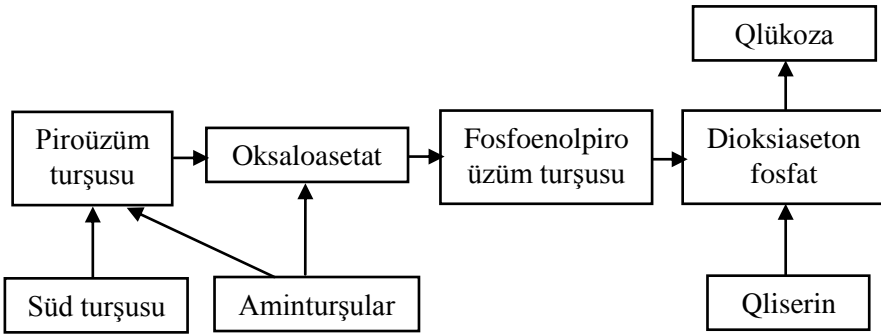


Aldoloza  
 ↓  
 Fruktosa-1,6-difosfat  
 ↓  
 Karbon

Heterotrof (insan və heyvan) orqanizmlərində sadə karbohidratların biosintezi, lipidlərin, zülalların və digər üzvi birləşmələrin parçalanmasından alınan məhsullar hesabına baş verir.

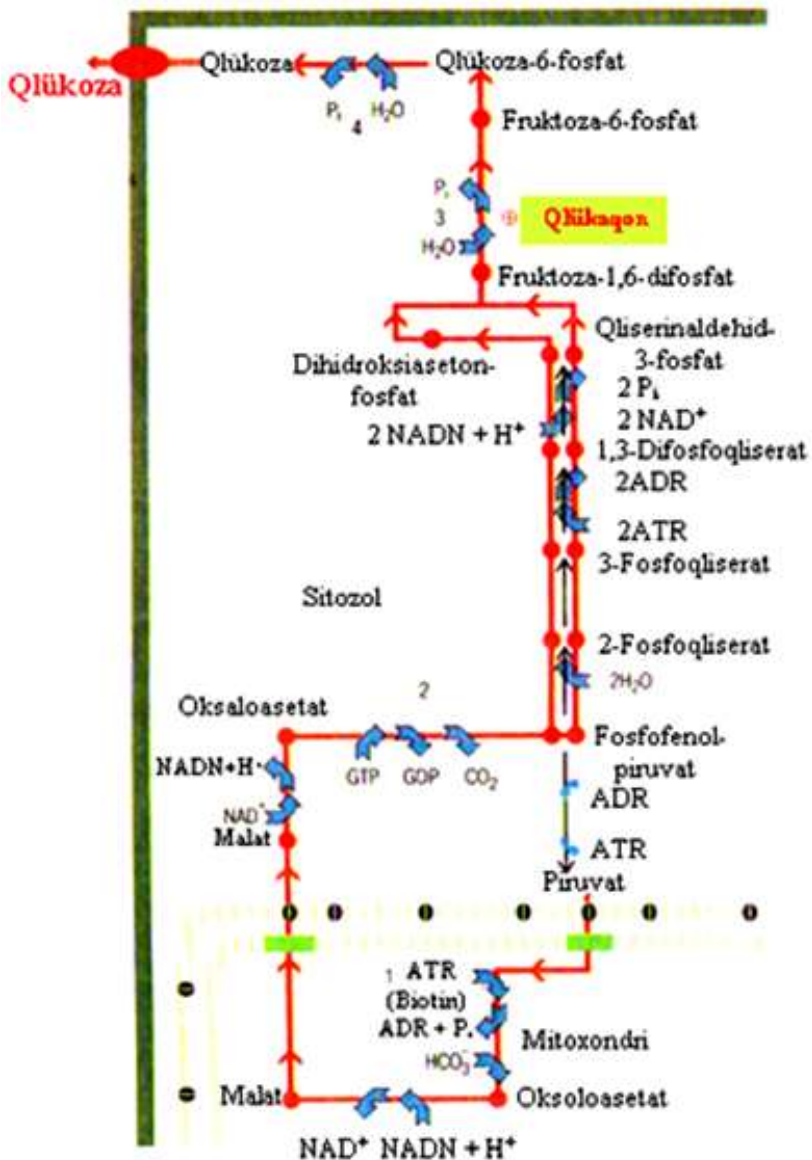
Orqanizmdə karbohidrat qrupuna mənsub olmayan üzvi maddələrdən qlükoza və qlükogenin sintez edilməsi *qlükoneogenez* adlanır. Bu proses əsasən qaraciyərdə və bəzi hallarda böyrəklərdə gedir. Qlükogen aminturşularından qliserindən habelə gövşəyən heyvanların mədə önlüklərində əmələ gələn süd, piroüzüm, 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:

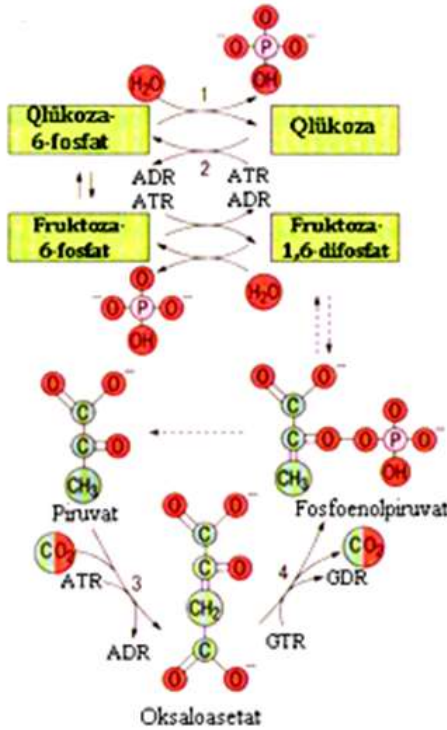


Sxemdən görüldüyü kimi qlükoza piroüzüm və süd turşularından Krebs dövrəsinin aralıq məhsullarından, lipidlərin parçalanması nəticəsində yaranan qliserindən və qlikontörədici amin turşularından (qlisin, alanin, serin, alanin, treonin, valin, qlutamin və asparagin turşuları, arginin, histidin, prolin, oksiprolin) sintez oluna bilər. Orqanizmin tələbatından asılı olaraq qlikoneogenezi 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 amin turşuları da deyildir. Çünki göstərilən amin turşuları orqanizmdə ketobirləşmələrin miqdarının azalmasına şərait yaradır.





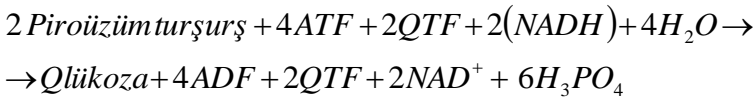
Şəkil 70. Qlikoliz prosesi



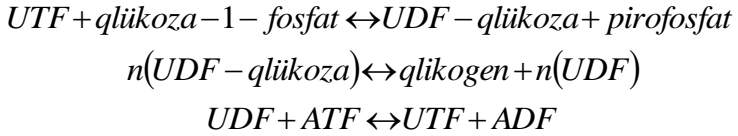
Şəkil 71. Qlikogenez, dönməyən reaksiya  
 Ferment: 1-qlükoza-6-fosfataza; 2-heksokinaza; 3-piruvatkarboksilaza;  
 4-fosfoenolpiruvatkarboksikinaza

Qlikoneogenezin əsas reaksiyaları qlikoliz reaksiyalarının geriyə dönməsi hesabına həyata keçir.

Qlikoneogenezin ümumi tənliyi aşağıdakı kimidir:



Qlikogenin qlükozadan sintezinə *qlikogenez* deyilir. Həmin məqsədlə qlükoza-6-fosfatdan istifadə edilir. Bu iki yolla: uridinfosfoqlükozid və fosforilaza reaksiyası yolu ilə gedir. Uridinfosfoqlükozid 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 yarım kürələrinin 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 “qli-

kogenin 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, dolayı 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

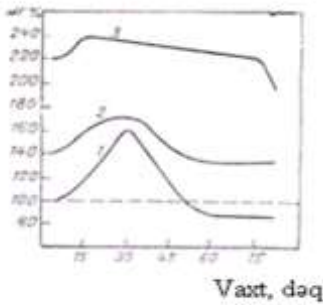
Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları ilk növbədə qanda şəkərin miqdarının dəyişməsi ilə təzahür edir. Qanda şəkərin miqdarının 6,66 m mol/l-dən (120 mq%) yüksək olması–hiperqlikemiya, 3,59 m mol/l-dən (70 mq%) aşağı olması isə hipoqlikemiya adlanır. Normal halda sidiyin tərkibində şəkər olmur. Lakin 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 çıxma 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 72).

Şəkildən görüldüyü 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 adacıqlarındaki  $\beta$ -hüceyrələrin fəaliyyətinin reflektor yolla yüksəlməsi (insulin hasilatının artması) ilə müşayiət edilir. İnsulin şəkərin bioloji zarlardan keçməsinə sürətləndirdiyinə görə, onun çatışmazlığı şəraitində

bağırsağ xovlarının şəkərə qarşı keçiriciliyi də pozulur. Bununla əlaqədar olaraq, şəkərli diabet xəstəliyi zamanı monosaxaridlər bağırsağ xovlarından zəif sürətlə sorulur. Beləliklə, “şəkər yükü”



Şəkil 72. "Şəkər yükü" sınağını grafik təsviri.  
1-sağlam şəxs, 2-şəkərli diabetin "gizli" forması, 3-şəkərli diabetin "aşkar" forması

sınağı zamanı şəkərli diabetin “gizli” formasını keçirən xəstələrin qanında şəkərin miqdarının həm zəif sürətlə artması, həm də tədricən azalması insulinin çatışmazlığı ilə əladardır. “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. Hi-

perqlikemiya 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 nəticələndiyi 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 hipofunksyası, qalxanabənzər vəzinin, hipofizin və böyrəküstü vəzilərin hiperfunksiyası hallarında da rast gəlmək olar.

### 11.10.1. Şəkərli diabet. Şəkər mübadiləsinin pozğunluqla-

rının 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 sidriyində 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 qlükozaya 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 hipoqlikemiya törədə bilər. Hipoqlikemiya 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 hipoqlikemik koma və ya insulin şoku adlanır. Hipoqlikemiya qanın osmos təzyiqinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Buna görə də, hiperqlikemiya zamanı xəstələrin ağzında quruluq müşahidə edildiyi halda, hipoqlikemiya zamanı ağız suyunun ifraz olunması sürətlənir və

güclü tərləmə müşahidə edilir; hiperqlikemik koma ilə hipoqlikemik 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 fruktozinaza 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-fosfaldolaza 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 hipoplükemik 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 pozulur. 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 qlükozanın 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 zədələnir (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 xəstəliklər 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)	Fosfoqlükomutaza	Qaraciyər	Əzələ və qaraciyər qlikogenozu
VIII (Tarun xəstəliyi)	Fosfofruktokinaza	Əzələlər, qaraciyər	Əzələ qlikogenozu

IX (Xaqa 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 dixomatik 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* xolestrol) 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 onikibarmaq 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 qədəri) limfa sistemində, nisbətən az (20%-ə qədəri) isə

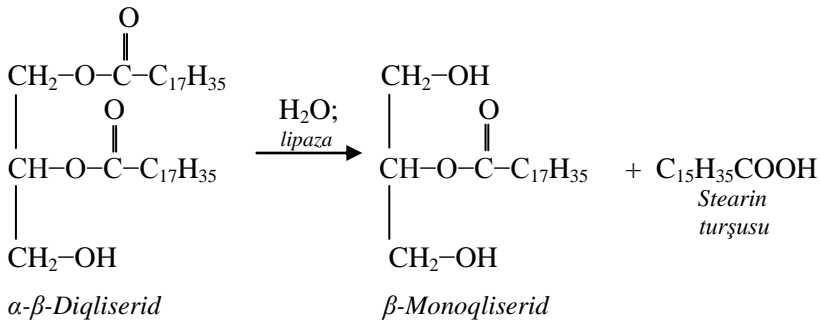
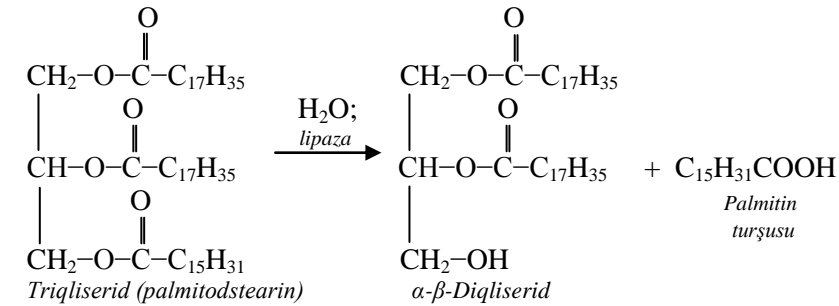
*müsariqə* venaları vasitəsilə qapı venasına keçir. Resintez prosesi nəticəsində bağırsağ divarlarında ATF, koenzim-A və sitidin trifosfatın iştirakı ilə müəyyən miqdar (30–40%) neytral yağlar sintez olunur. Bunların bir qismi orqanlarda ehtiyat şəklinə toplanır, qalanı isə hidroliz olunaraq qana sorulur, ayrı-ayrı orqanlara aparılır.

## 12.1 Yağların parçalanması

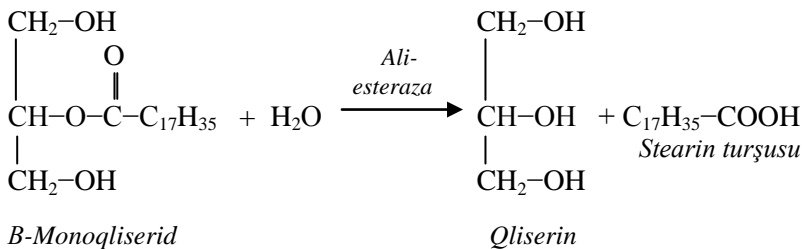
Yağların (triqliseridlərin) parçalanması onların hidrolizi nəticəsində baş verir. Hidroliz nəticəsində qliserin və ali yağ turşuları alınır. Ali yağ turşuları tərkibində əsasən karbonun miqdarı 16:18 olan (həmişə cüt karbon olur) doymuş: palmitin– $C_{15}H_{31}COOH$ , stearin –  $C_{17}H_{35}COOH$  və 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 tiptə 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.

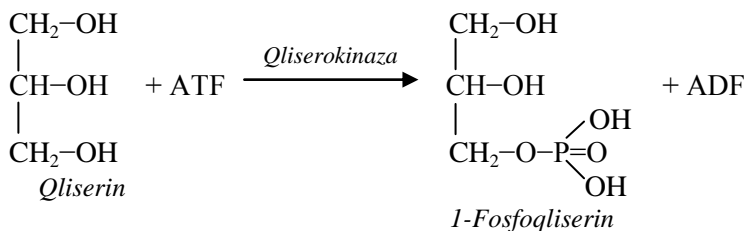


## 12.2 Qliserin və yağ turşularının mübadiləsi

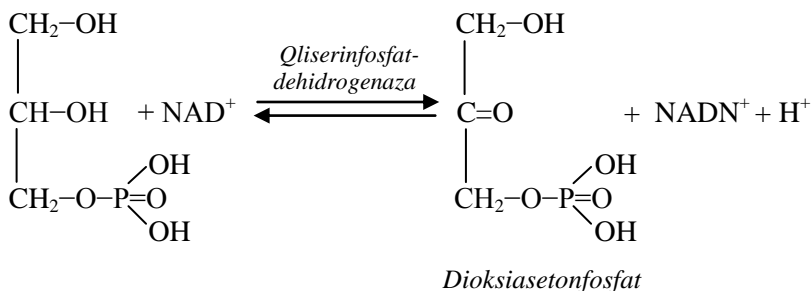
Triqliseridlərin hidrolizindən əmələ gəlmiş qliserin və ali yağ turşuları sonrakı mübadilə prosesində bir sıra çevrilmələrə məruz qalırlar və aşağıdakı sxemdə daha aydın göstərilmişdir:



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.



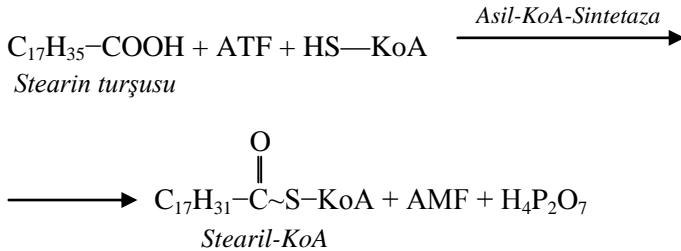
1-fosfoqliserin molekulunun əsas hissəsi yeni triqliseridlərin sintezinə sərf olunur. Bir hissəsi isə dioksiasetonfosfata oksidləşir.



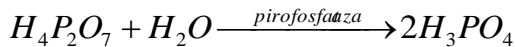
Dioksiasetonfosfat molekulu izomerləşərək 3-fosfoqliserin aldehidinə çevrilir. Sonuncu isə dixotomik prosesə qoşulur bir sıra çevrilmələrə uğrayaraq, sirkə turşusuna, nəhayət suya, karbon qazına ayrılır və enerji verir.

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 mərhələlərlə baş verir.

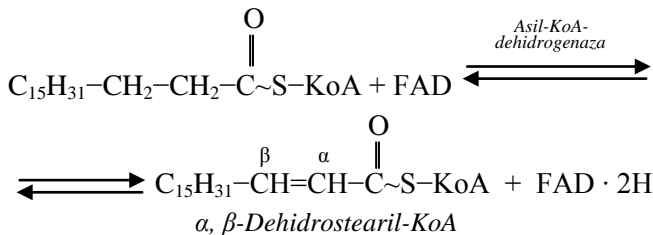
Birinci mərhələdə doymuş ali yağ turşuları asil-KoA-sintetaza fermentinin iştirakı ilə koenzim-A-nın təsirindən aktiv formaya keçirlər. Bu reaksiya üçün sərf olunan enerji ATF molekulunun parçalanması nəticəsində alınır.



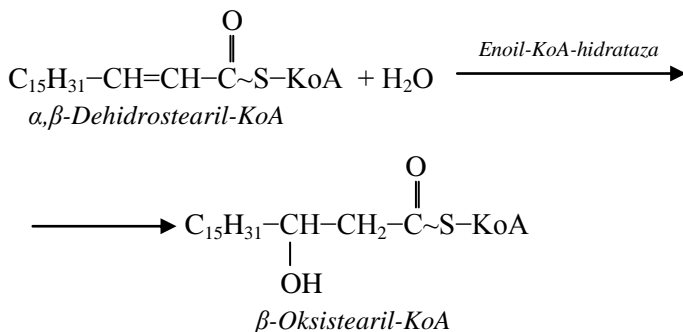
Yağ turşularının aktivləşməsi hüceyrənin sitoplazmasında gedir. Bu prosesdə əmələ gəlmiş pirofosfat turşusu tezliklə sitoplazmada olan pirofosfataza fermentinin təsiri ilə hidrolizə uğrayaraq 2 molekul fosfat turşusuna çevrilir və prosesin geri dönməsinə şərait yaranmır.



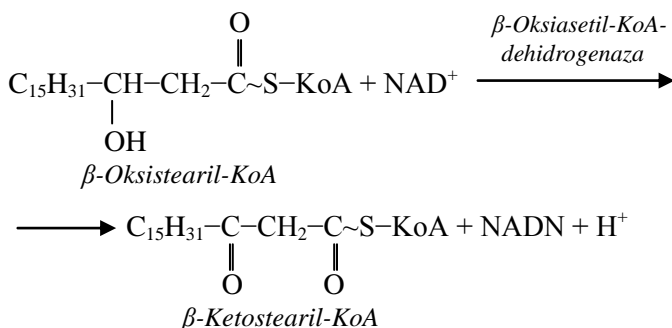
İkinci mərhələdə aktivləşmiş yağ turşuları mitoxondriyanın matrisasına daxil olur və asil-KoA dehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə flavinadenindinukleotidin (FAD) oksidləşməyə məruz qalır.



Üçüncü mərhələdə əmələ gəlmiş  $\alpha$ - $\beta$ -dehidrostearil-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.

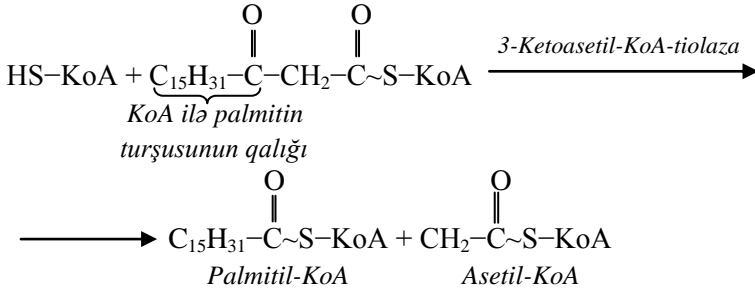


Dördüncü mərhələdə yağ turşularının parçalanması karboksil qrupundan  $\beta$  vəziyyətdə yerləşən karbon atomundan iki hidrogen atomunun çıxarılması ilə gedir. Bu səbəbdən prosesin adı  $\beta$ -oksidləşmə adlanır. Hidrogen atomunun çıxarılması qoparılması (hidrogenləşmə)  $\beta$ -oksiasil-KoA-dehidrogenaza (oksireduktaza) fermentinin və  $\text{NAD}^+$  iştirakı ilə gedir.



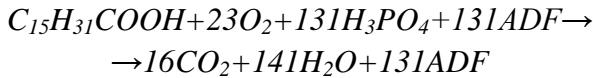
Birinci mərhələdə  $\beta$ -ketostearil-KoA molekulu 3-ketoasil-KoA-tiolaza fermentinin iştirakı ilə yeni asil-KoA molekulu ilə

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 molekulalarının 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.

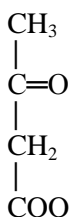
$\alpha$ -oksidləşmə yolu ilə parçalanmanın ilk mərhələsində alifatik turşunun  $\alpha$  vəziyyətdə olan ikinci karbon atomunda olan  $H$  atomu  $OH$  ilə əvəz olunur. sonra isə  $\alpha$  hidroksiturşu oksidləşərək  $\alpha$ -ketoturşuya, o da öz növbəsində oksidləşdirici karboksizləşmə prosesinə uğrayaraq zəncirin uc hissəsində olan karboksil qrupu itirilir. Beləliklə, alifatik turşu molekulunda olan karbon atomlarının sayı hər bir oksidləşmə dövrü ərzində bir ədəd azalır. Oksidləşmənin növbəti mərhələləri həmin prosesin təkrarı ilə başa çatır. Bütün deyilənləri aşağıdakı qısa sxemlə izah etmək olar.



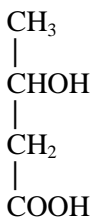
Qaraciyər hüceyrələrinin mikrosomlarında üzvi turşuların  $\omega$ -oksidləşmə prosesinə uğrayaraq  $\alpha$ -,  $\omega$ -dikarbon turşularına çevirən ferment sisteminə təsadüf olunmuşdur. Bu sistemin iştirakı ilə üzvi turşu molekulunun uc hissəində yerləşən metil radikalı (bu radikal üzvi turşunun  $\omega$ -qrupu adlanır) oksidləşmə prosesinə uğrayır.  $\omega$ -oksidləşmə prosesində isə monooksigenaza fermenti, NADF · H<sub>2</sub>, oksigen və sitoxrom P<sub>450</sub> iştirak edir (sitoxrom P<sub>450</sub>-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)

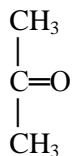
Keton cisimcikləri orqanizmdə lipid mübadiləsinin aralıq məhsulları kimi əmələ gəlir. Bunlara aset-sirkə turşusu,  $\beta$ -hidroksi yağ turşusu və aseton aiddir:



*Aset-sirkə turşusu*



*B-hidroksisi yağ turşusu*



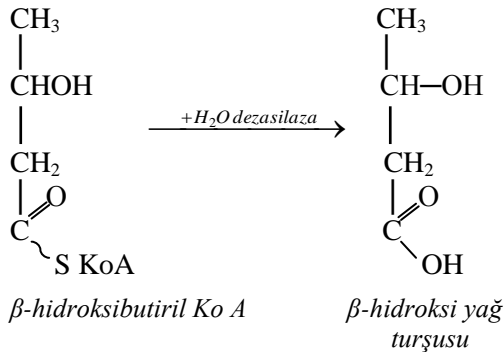
*Aseton*

Yağların toxumadaxili parçalanmasının sürətlənməsi ilə müşayiət olunan bir sıra patoloji hallarda orqanizmdə çoxlu miq-

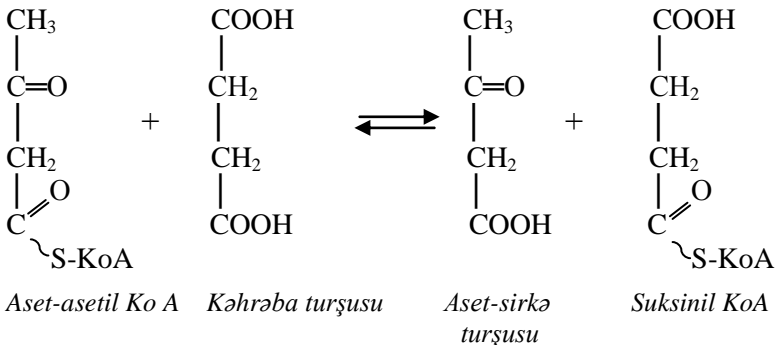


darda keton cisimcikləri əmələ gəlir. Keton cisimcikləri qaraciyər hüceyrələrində sintez olunur.

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:



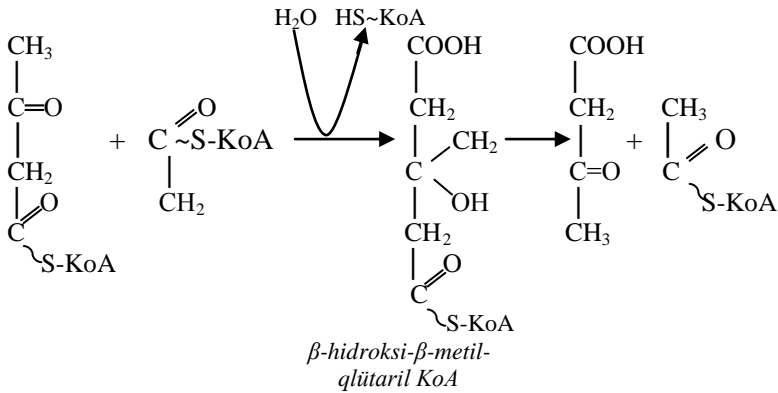
Aydınır ki, əgər orqanizmdə keton cisimciklərinin əmələ-

gəlmə 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.

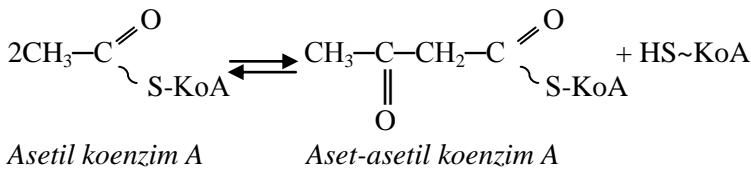
Aset-sirkə turşusunun əmələ gəlməsinin ikinci yolu birinciyə nisbətən mürəkkəb olsa da, insan və heyvan orqanizmində daha geniş yayılmışdır. Bu prosesin mahiyyəti belədir: əvvəlcə aset-asil KoA ilə bir molekul aset-koenzim A və  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metil-qlütəril KoA əmələ gəlir; bundan sonra 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 adi 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  $\beta$ -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.



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:



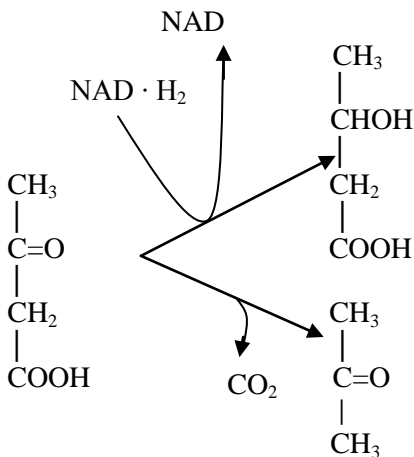
Orqanizmin qəbul etdiyi qida maddələri asetilkoenzim A-nın kondensasiya reaksiyasının istiqamətinə təsir göstərə bilər. Məlumdur ki, asetil KoA-nın Krebs dövrəsinə daxil olaraq, karbon qazına və suya qədər oksidləşməsi üçün mühitdə mütləq oksalat-sirkə turşusu olmalıdır. Lakin bu turşu orqanizmdə əsasən qlikoliz prosesi nəticəsində (piroüzüm və fosfoenolpiroüzüm turşularından) əmələ gəlir. Az miqdarda oksalat-sirkə turşusu asparagin turşusundan da əmələ gələ bilər. Doğrudur, Krebs dövrəsinin üzrə oksidləşmə prosesində iştirak edən oksalat-sirkə turşusu

prosesin sonunda sərbəst hala keçir. Lakin onun müəyyən hissəsi orqanizmdə piroüzüm turşusunun parçalanması və aspara-gin 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 aminturşusu 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 bilirlər. Orqanizmdə keton cisimciklərinin sintezinin üçüncü yolu məhz yuxarıda adları çəkilən aminturşuların (leysin, izoleysin, lizin, fenilalanin və tirozin) katabolizmindən ibarətdir. Bu aminturşulara “ketogen” aminturşular 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 energetik 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  $\beta$ -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 ener-

jinin bir hissəsi digər bioüzvi birləşmələrin sintezinə sərf olunur.

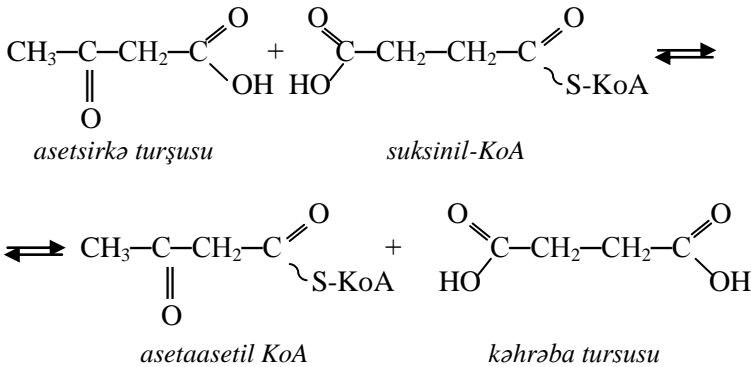


Ürək əzələsi və böyrəklərin qabıq maddəsi enerji mənbəyi kimi qlükozadan deyil, asət-sirkə turşusundan istifadə edir. Aclıq və şəkərli diabet xəstəlikləri zamanı beyin hüceyrələri də asət-sirkə turşusundan enerji mənbəyi kimi istifadə etməyə uyğunlaşır. Uzunmüddətli aclıq şəraitində beyinin enerjiyə qarşı tələbatının 75%-ə qədəri asət-sirkə turşusunun oksidləşməsi hesabına ödənilir. Qan plazmasında olan asət-sirkə turşusu lipid mübadiləsinə tənzimedicisi təsir göstərir. Onun miqdarı artdıqda piy toxumalarında lipoliz prosesinin sürəti azalır.

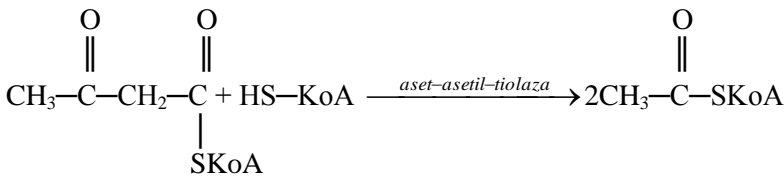
Aset-sirkə turşusunun oksidləşməsinin ilk mərhələsi onun aktiv formasının (aseto-asetil koenzim A) əmələ gəlməsindən ibarətdir.

Aset-sirkə turşusunun “aktivləşməsinin” ikinci yolu suksinil-KoA-aset-asetat-transferaza fermentinin iştirakı ilə həyata keçir. Onun təsiri altında asət-sirkə turşusu suksinil-KoA ilə reaksiyaya girərək sərbəst kəhrəba turşusu və asət-asetil KoA əmələ

gətirir. Bu prosesləri aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə təsəvvür 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:

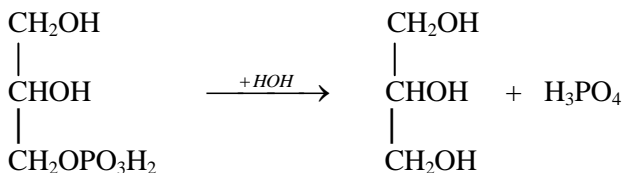


Bu reaksiyada əmələ gəlmiş asetil KoA-nın katabolizmi limon turşusu dövrənində nəzərdən keçirdiyimiz yolla davam edir.

$\beta$ -hidroksi-yağ turşusunun oksidləşməsi spesifik təsirli dehidrogenazanın iştirakı ilə başlayır. O, hidrogen atomlarının daşıyıcısı olan NAD-ın iştirakı ilə oksidləşərək, aset-sirkə turşusuna çevrilir. Sonra isə aset-sirkə turşusu üçün xarakterik olan çevrilmələrə uğrayır.

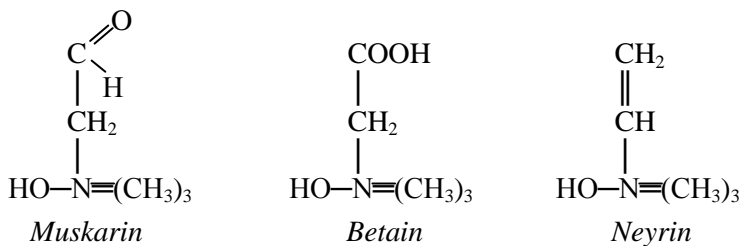


Qliserilfosfoxolində xolinə və qliserinfosfata ayrılır. Bu da qliserofosfatazanın iştirakı ilə qliserinə və fosfat turşusuna parçalanır:

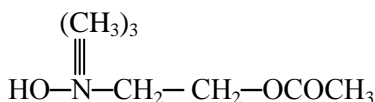


Qliserinin və yağ turşularının sonrakı çevrilmələri yuxarıda göstərilədiyi kimi gədir, yəni son məhsul olaraq su və karbon qazına parçalanır, həm də enerji ayrılır. Fosfat turşusu fosforlu üzvi birləşmələrin (nukleozidfosfatların, monosaxaridlərin, fosfat efirlərinin və s.) və qismən fosfat turşusunun duzlarının (kalsium-fosfat, 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.

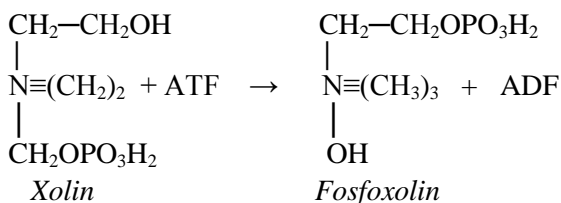


*Asetilxolin*



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 diqlise-ridlərdən istifadə olunur. Sonuncular fosfat turşusu, xolin, kola-min, serin və s. ilə birləşərək müvafiq fosfatidlərə (lesitinlər, kefa-linlər, 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:

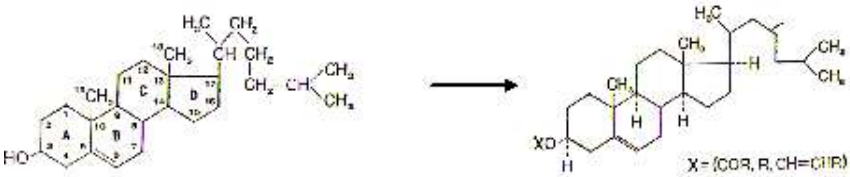


Bu sxem üzrə başqa fosfatidlərdə: kefalinlər, serinfosfatid-lər və qeyriləri də sintez olunur.

## 12.5 Sterinlərin mübadiləsi

Sterinlərin ən əhəmiyyətli xolesterindir. Bu orqanizmdə həm sərbəst, həm də yağ turşularının efirləri (steridlər) və zülallar-la kompleks formada olur.

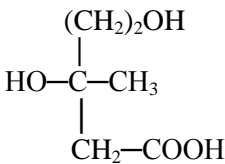
Xolesterindən orqanizm üçün bir sıra çox faydalı fizioloji fəal maddələr: öd turşuları, tənəsül hormonları, kortikosteroidlər, D – vitamini və s. əmələ gəlir. Xolesterin toxumaların su ilə birləşməsində iştirak edir, toksinləri zərərsizləşdirir. Sterinlər orqanizmdən müxtəlif yollarla: ödlə, bağırsağın divarından, dəri ilə və s. toxumalarla ayrılır. Yoğun bağırsağın möhtəviyyatında həmişə xolesterinin mikrofloranın təsiri ilə reduksiyalaşma məhsulu olan koprosterinə təsadüf edilir.



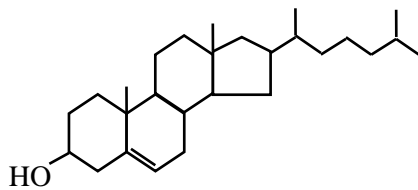
Qoyunlarda dəri piyi ilə daimi steridlər də ifraz olunur.

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-ın, 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*



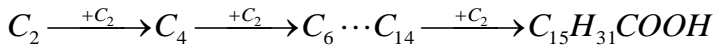
*Xolesterin*

Xolesterin isə asetil-KoA ilə birləşməklə xolesteridlərə çevrilir.

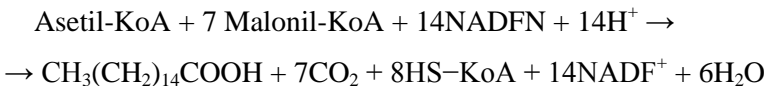
Xolesterinin mübadiləsi pozulduqda (ateroskleroz zamanı və s.) damarların divarında çökür və onların elastikliyi pozur. Arteriya damarlarında təzyiq artdığından damarlar da partlayır. Belə hal ən çox yaşlı insan və heyvanlarda müşahidə olunur. Bu zaman qanda və başqa toxumalarda xolesterinin miqdarı 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.

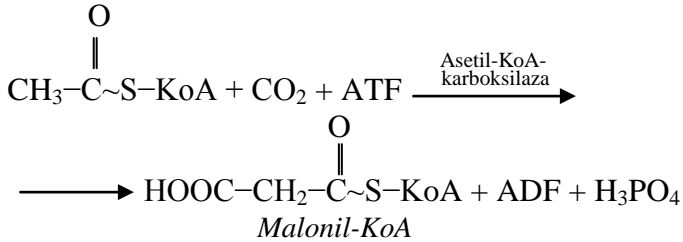


Palmitin turşusu 1 molekul asetil-KoA-nın və 7 molekul malonil KoA-nın sıxlaşmasından əmələ gəlir. Bu prosesi ümumiləşdirilmiş şəkildə palmitin turşusunun əmələ gəlməsi misalında aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



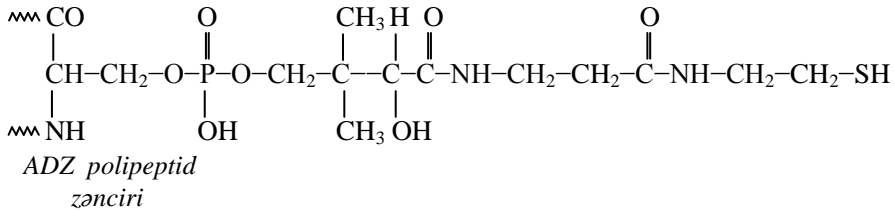
Bu proses üçün asetil-KoA karbohidratların və yağ turşularının aralıq məhsulundan alınır, ondan başqa ATF, NADFH bikarbonat və  $Mg^{2+}$  ionları olmalıdır. Göstərilən reaksiyada karbon qazı deyil onun aktiv forması iştirak edir. Malonil – KoA əmələ

gəlməsi asetil-KoA ATF-in və aktiv  $CO_2$ -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.

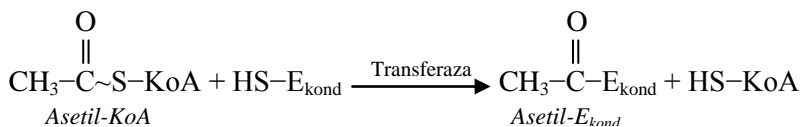
Malonil KoA alifatik turşuların biosintezində mərkəzi rol oynayır. Malonil KoA yağ turşularının sintezində birbaşa asetil KoA ilə reaksiyaya girmir. Əvvəlcə asetil malonil KoA asildaşıcı zülal (ADZ) ilə əvəz etmə reaksiyalarına girirlər aktivləşirlər. ADZ (acil carrier protein) heyvan hüceyrələrinin protoplazmasında və mikroorqanizmlərdə aşkar edilmişdir. O molekul sonluğunda aktiv sulfhidril ( $-SH$ ) qrupları daxil olan maddədir. Onun quruluşu aşağıdakı kimidir.



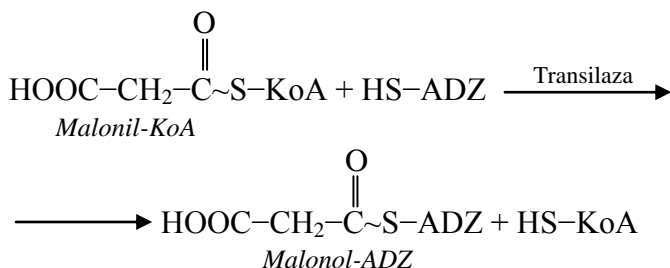
Asetil Ko-A -nın ADZ ilə reaksiyasına asetil-transasilaza,

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).

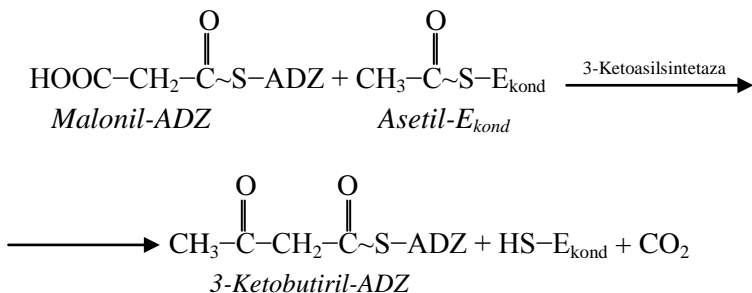


2. İkinci mərhələdə ADZ molekulunun aktiv tutucu sonluğu ikinci monomerdən transasilaza fermentinin katalitik təsiri ilə molonil-Ko A molekulundan molonil molekulunu qopardıb özünə birləşdirir.

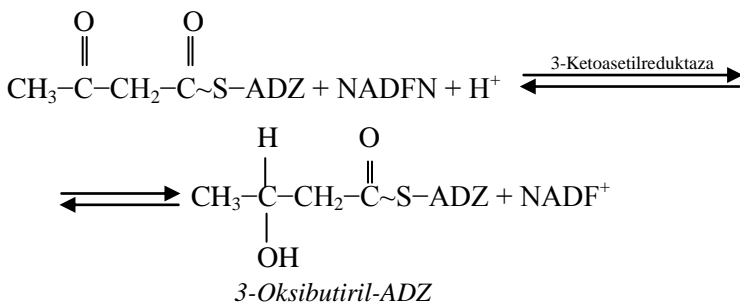


3. Üçüncü mərhələ kondensasiya mərhələsi adlanır. Kondensləşdirici 3-ketoasilsintetaza fermentinin ( $E_{\text{kond}}$ ) təsiri altında molonil-ADZ molekulundan 3-ketobutiril ADZ molekulu əmələ gəlir.

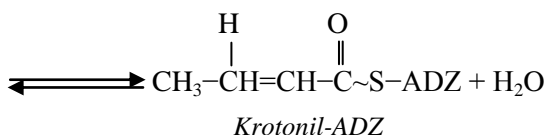
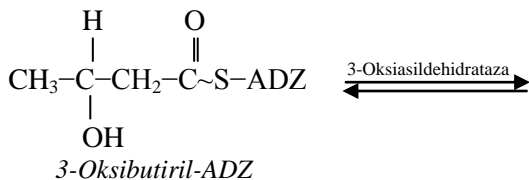
Göstərilən biosintez reaksiyalarında karbon dioksid katalizator rolunu oynayır. Hər iki karbon zənciri sintez olunarkən  $CO_2$  molekula azad olur (ayrılır).



4. Dördüncü mərhələdə 3-ketobutiril ADZ  $\text{NADH} + \text{H}^+$  təsirindən reduksiya olunur.

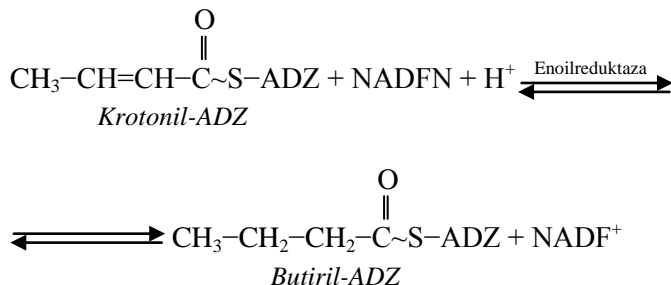


5. Beşinci mərhələdə əmələ gəlmiş 3-oksibutiril-ADZ molekulu 3-asildehidrotaza fermentinin təsiri altında dehidrotasiyaya uğrayaraq doymamış karbonil-ADZ molekuluna çevrilir.

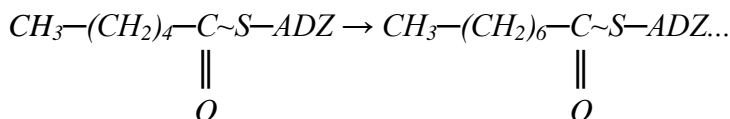


6. Altıncı mərhələdə karbonil-ADZ enoilreduktaza (dehid-

rogenaza tiplidir) fermentinin təsiri altında reduksiya olunaraq butiril ADZ molekuluna çevrilir. Koferment kimi NADFN iştirak edir.

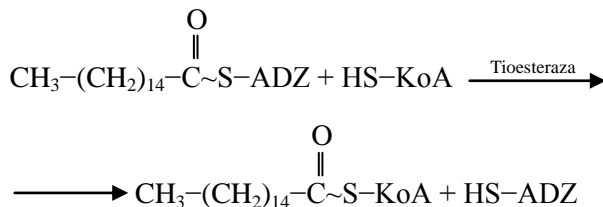


7. Yeddinci mərhələdə radikalın qoparılması (atılması) baş verir. Prosesin hər bir dövründə zəncirdə əvvəlkinə nisbətən artıq 2 karbon atomu olan yeni asil-ADZ-in əmələ gəlməsi ilə nəticələnir.



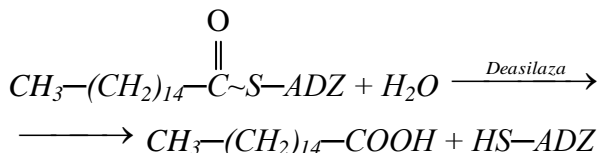
Bu ardıcılıq  $C_{16}$ -ya kimi davam edir.

8. Səkkizinci mərhələdə tiosteraza fermentinin iştirakı ilə palmitin turşusunun qalıqı ADZ molekulundan  $HS\text{-KoA}$  molekulu keçir.



Bu proses tərkibində 16-18 karbon atomu olan yağ turşularının əmələ gəlməsi ilə başa çatır.

9. Nəhayət sonuncu mərhələdə asil-ADZ-in tərkibindəki asildaşıyıcı zülal ayrılır və əmələ gəlmiş ali doymuş yağ turşusu sərbəst hala keçir.



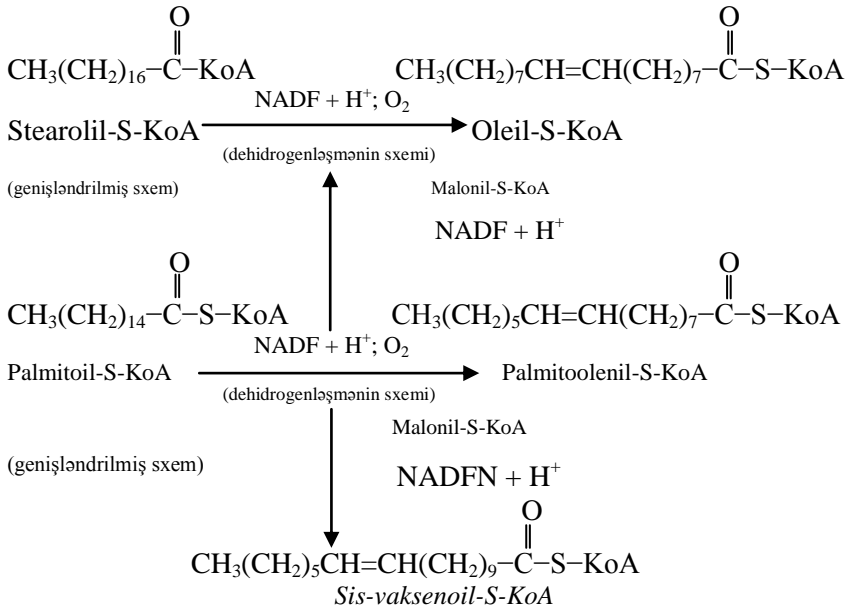
Ali doymuş yağ turşularının sintezini kataliz edən (sintetazalar) polifermentlər ansamblı yüksək reaksiya effektivliyinə malikdirlər.

## 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 molekul 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 nonoentərəkibli 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.

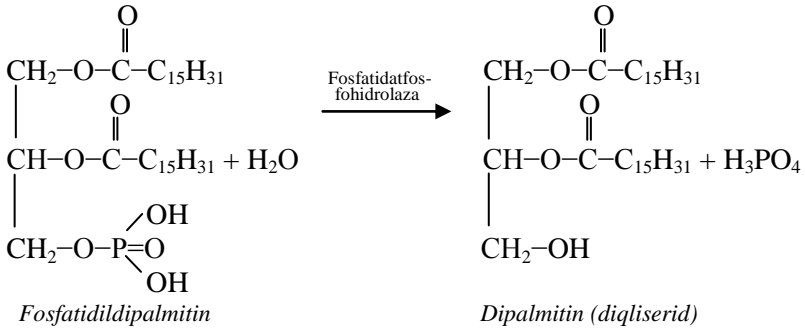


Doymamış turşularının məməlilərin orqanizmində sintez edilməsi qeyri-mümkündür. Orqanizm linol, linolein, araxidon turşularını yalnız qida maddələrinin (yalnız bitki mənşəli) tərkibində mənimsəyir. Bununla əlaqədar göstərilən turşulara əvəz edilməz turşular adı verilmişdir. Son vaxtlarda sübut edilmişdir ki, məməli heyvanlar qida vasitəsilə (sörqo, 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 olunmuş-



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 çarpacaq 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 suvaşqanlığa 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 bağırsaq divarından sorulur. Bağırsaq möhtəviyyatında ödün miqdarı azaldıqda, yağların parçalanması nəticəsində əmələ gələn üzvi turşuların hamısı xolein turşularına çevrilə bilmir və buna görə də bağırsaq 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-bağırsaq xəstəliklərində (kəskin enterokolit, dizenteriya, bağırsaq vərəmi, qastritlər və s.) qida maddələrinin

həzm sistemində hərəkəti sürətlənir və bağırsaq 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 əvəzedilməyən 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 yağabənzər 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 pro-sesin 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. İnozinin lipotrop təsirinin mexanizmi hələlik məlum deyil.

Endogen mənşəli lipotrop amillərdən biri – mədəaltı vəzinin xırda axacaqlarının divarlarının epitel hüceyrələrində hazırla-

nan 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 (ketonuriya). 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 qlikogen ehtiya-

tının 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 uçucu birləşmə olduğuna görə tənəffüs yolları vasitəsilə də orqanizmdən xaric edilə bilər.

Şəkərli diabet xəstəliyi olan şəxslər bir gün ərzində sidiklə 10 – 15 q keton cisimcikləri 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 sisteminə narkotik təsir göstərirlər.

### **12.9.2.3. Xolesterin mübadiləsinin pozğunluqları. Xoles-**



terin 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 ödənin 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 bədəninə 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, poli-funksional maddədir. Su polyarlıq xassəsinə və hidrogen rabitəsi yaratmaq qabiliyyətinə malik olduğundan orqanizmdə həlledici rolunu oynayır. O, bədəndə 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, bədəndə onların hərəkətinə də şərait yaradır. O, ifrazatda da iştirak edir. Maddələr mübadiləsi nəticəsində əmələ gələn son məhsullar sulu məhlullar şəklində ifrazat orqanlarına aparılır və bədəndən 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 siankobalamində kobalt, fermentlərdən ksantinoksidazada molibden, karboanhidrazada sink, hormonlardan tiroksində yod vardır.

### **13.1 Suyun mübadiləsi**

Su orqanizmdə diri çəkinin yarısından 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 mayelərdə də suyun miqdarı müxtəlifdir. Məsələn, qaraciyərdə 70%, əzələ toxumasında 75%, beyində 70–84%, böyrəklərdə 82%, qanda 85%, tüpürçəkdə 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 yararır. 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 saxlanmasını 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.

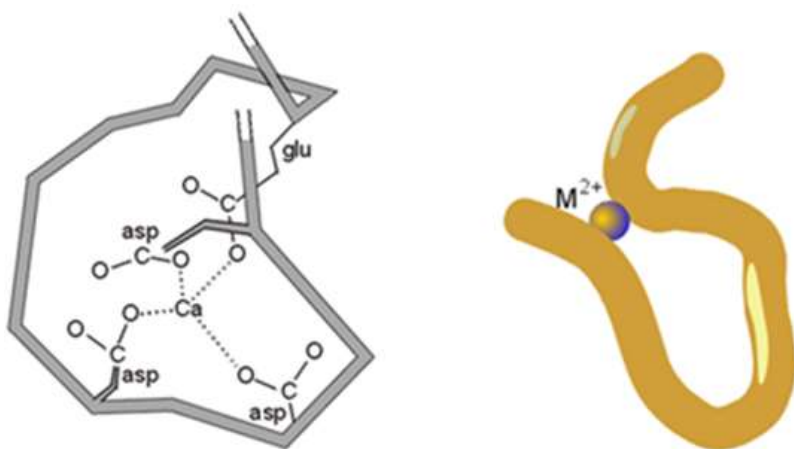
## 14.2 Duzların mübadiləsi

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 çəkisinin 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 edilir. Bəzi duzlar (kalsium-karbonat, maqnezium-karbonat, kalsium-fosfat, maqnezium-fosfat) suda pis həll olur. Pankreas şirəsi və öd onların sorulmasını asanlaşdırır.



Şəkil 73. 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 kalium 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.

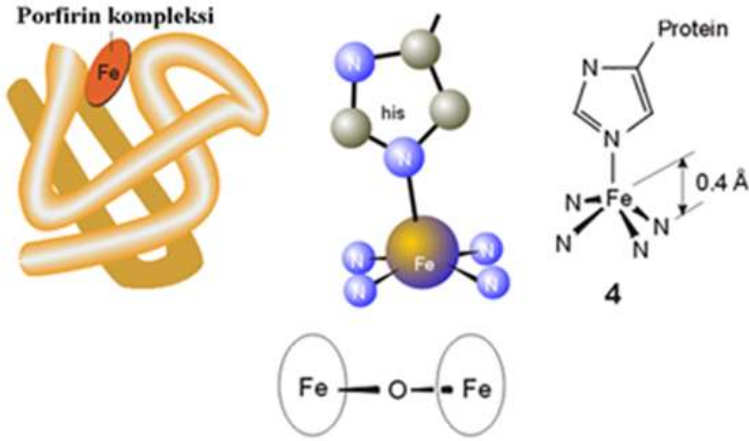
Kükürd bəzi vitaminlərdə də (tiamin, biotin) vardır. Bunlarda kükürd reduksiya olmuş formada: hidrogen-sulfidin qalığı şəklindədir. Kükürd sulfhidril qrupu şəklində oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında mühüm rol oynayır. Lakin mukopolisaxaridlərdə kükürd oksidləşmiş formada, sulfat turşusunun qalığı 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 74. 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 biogeokimyə elmi məşğul olur. Biogeokimyə kainatın kimyəvi tərkibi ilə orqanizmin elementar kimyəvi tərkibi arasındakı əlaqəni və mübadilə proseslərini öyrənir. Biogeokimyayın 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. Vinoqradov, 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 peptidazaları, fosfatazaları, 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.

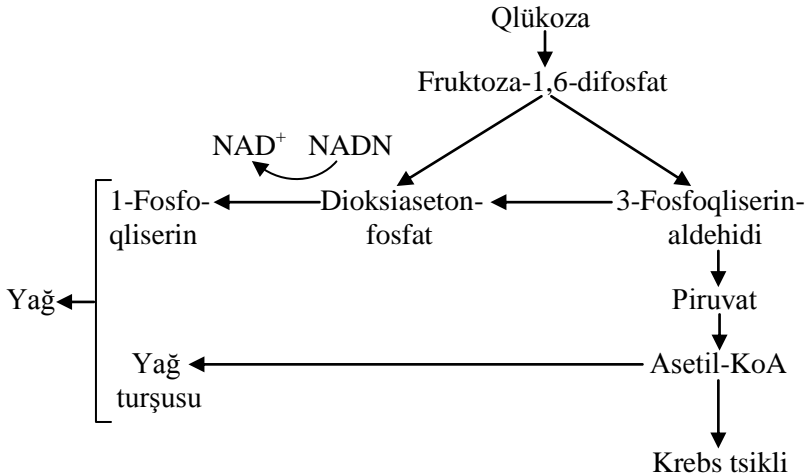
Orqanizmdə təbii radioaktiv elementlərin əhəmiyyəti də çoxdur. Onlardan (məsələn, radioaktiv karbon) alınan enerjidən mübadilə proseslərində istifadə olunur. Bu məsələləri radiobiologiya öyrənir. Hazırda radiobiologiya elminin sürətlə inkişafı da bununla əlaqədardır.

Mikroelementlərin maldarlıqda: heyvanların normal inkişafında və məhsuldarlığında əhəmiyyəti böyükdür. Ona görə də heyvanların yemləndirilməsində onların mikroelementlərə olan təlabatı 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 ansambldır. Heterotrof orqanizmlərdə qida vasitəsilə hazır şəkildə qəbul edilən üzvi maddələr kimyəvi proseslər nəticəsində bir-birinə əlaqəli şəkildə çevrilirlər və bunun hesabına onların orqanizmi qurulur.

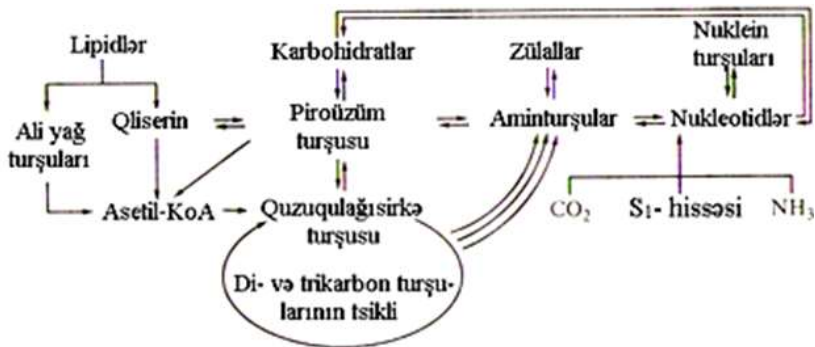
Qəbul edilən qidanın tərkibində orqanizmin qurulması üçün lazım olan maddələr hazır şəkildə mövcud deyildir. Yalnız bir sıra biokimyəvi çevrilmələr (fermentlərin iştirakı ilə) sayəsində heterotrof orqanizmlərdə bir sinifə mənsub olan üzvi maddələr digər sinifin nümayəndələrinə çevrilir. Bu da orqanizmin 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 prosədə 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, nuklein 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 75. 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 oksidləşməsi nəticəsində ATF-də toplanan enerjidən yağlarda və zülalların biosintezində, yağların oksidləşməsindən alınan enerjidən isə karbohidratların və zülalların biosintezində, zülalların parçalanmasından ayrılan enerjidən 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 rolunu Krebs sikli oynayır.

Mübadilə prosesində bu əlaqə hüceyrənin ayrı-ayrı hissələrində də (mitoxondriyalar, ribosomlar, nüvə və s.) rəbitə 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 aminturşu 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 aminturşular (asparagin-pirimidin 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.

Axırcı isə oliqo və polisaxaridlərin biosintezində vacib maddələrdəndir.

**13.4.3. Nuklein turşularının və lipidlərin (triqliseridlərin) mübadiləsi arasında əlaqə.** Lipidlər ilə NT-1 arasında birbaşa 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.

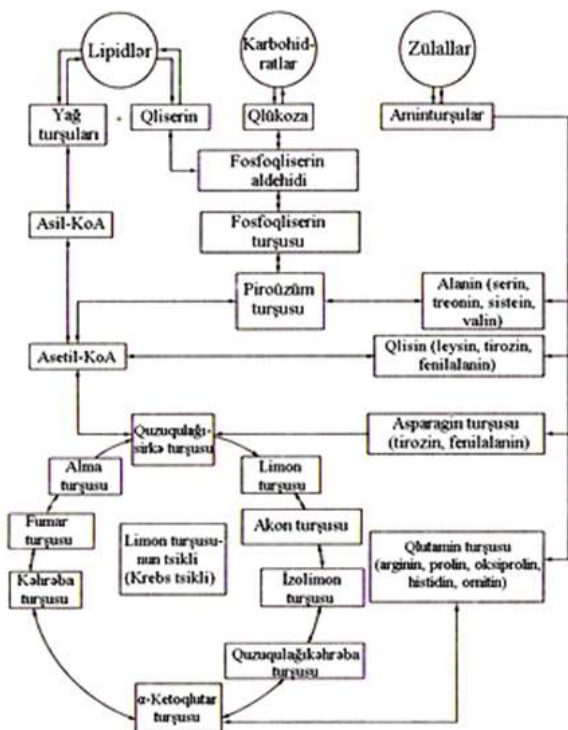
**13.4.4. Karbohidratların və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.** Karbohidratların dixotomik parçalanmasından əmələ gələn piroüzüm turşusu zülalların biosintezində mühüm rol oynayır. Piroüzüm turşusu aminləşmə yolu ilə alaninə çevrilir. Həmçinin piroüzüm turşusunun karboksilləşməsindən quzuqulağı sirkə turşusu alınır ki, bu maddədən asparagin turşusu əmələ gəlir. Piroüzüm turşusunun Krebs siklinə qoşulması  $\alpha$ -ketoqlutar turşusunun sintezi baş verir. Axırcının 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 enerjidən zülalların 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 aminturşuların sintez olunur. Zülalların tərkibində rast gəlinən aminturşuların çoxusu lipidlərin parçalanma məhsullarından sintez olunur.



Şəkil 76. Yağların, zülalların və karbohidratların əlaqəli çevrilmə sxemi

Həmçinin lipidlərin sintezi zülallərin 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 molekuluna 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 zülallərin, 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.

## ƏDƏBİYYAT

1. Страйер Л. Биохимия: В 3т. – Москва. Мир, 1984.
2. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3т. – Москва. Мир, 1985.
3. Xəlilov Q. V. Heyvan biokimyasının əsasları. Bakı. 1987. Maarif.
4. Франк-Каменецкий М. Д. Самая главная молекула. – Москва. Наука, 1988.
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. Биохимия человека: В -2т./Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейс, В. Радзуэлл. - Москва. Мир, 1993.
8. Молекулярная биология клетки: В-3т./ Б. Альбертс, Д. Брей, Дж. Льюс и др.- Москва, Мир -1993.
9. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В – 3т.- Москва. Мир,1996.
10. Филиппович Ю. Б. Основы биохимии. Москва. Агар, 1999.
11. Гринстейн Б., Гринстейн А. Наглядное биохимия. – Москва. Мир, 2000.
12. Кольман Я., Рем К. Г. Наглядное биохимия –Москва. Мир, 2000.
13. Северин Е. С., Алейникова Т. Л., Осипов Е. В. Биохимия.-Москва. Мир, 2000.
14. Северин Е. С., Алейникова Т. Л., Осипов Е. В. Биохимия. - Москва. Медицина. 2003.

15. Эллиот В., Эллиот Д. Биохимия и молекулярная биология. - Москва. Мир, 2003.

16. Ковалевский Н. И. Биологическая химия. Москва. Академия 2008.

17. Yusifoov N. M., Daşdəmirov K. Ş. Biokimyadan xülasə. – Gəncə.Araz, 2010.

18. Mövsümov E. M., Yusifov N. M. Qida kimyası. –Bakı, MVM. MMC - 2010.

# MÜNDƏRİCAT

MÜQƏDDİMƏ.....	3
I FƏSİL	
I. CANLI ORQANİZMİN 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. Zülalllar.....	62
3.1 Zülalların tərkibi və funksiyaları.....	62
3.2 Zülalların ayrılması və təmizlənməsi üsulları.....	63
3.3 Zülalların xassələri, molekulunun forması və nisbi molekul	

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 metalloïdproteidlər.....	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-in 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
--------------------------	-----

## VII FƏSİL

7. HORMONLAR.....	170
-------------------	-----

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.....	183
-----------------------------------	-----

7.7 Tənəsül vəziləri hormonları.....	186
--------------------------------------	-----

7.8 Hipofiz vəzi hormonları.....	189
7.8.1 Somatotropin.....	189
7.8.2 Honadotrop hormonlar.....	190
7.8.3. Folikultənzimedicu hormon.....	191
7.8.4. Lüteinləşdirici hormon.....	191
7.8.5. Laktogen hormon (laktotropin).....	191
7.8.6. Andenokortikotropin (AKTH).....	191
7.8.7. Tireotropin.....	192
7.8.8. Hipofizin orta payının hormonu.....	192
7.8.9. Hipofizin arxa payının hormonları.....	193
7.8.10. Oksitosin (pitosin).....	194
7.8.11. Vazopressin (antidiuretik hormon).....	195
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 Həzm kanalından maddələrin sorulması.....	218
8.4 Bioloji oksidləşmə.....	220
8.5 Bioloji oksidləşmənin mexanizmi.....	221
8.6 Oksidləşməklə fosforlaşma.....	233
8.7 Makroergik birləşmələr.....	238

## IX FƏSİL

9. NUKLEİN TURŞULARININ MÜBADİLƏSİ.....	243
9.1 Nuklein turşularının həzm sistemində parçalanması.....	243
9.2 Nuklein turşularının bioloji sintezi.....	248
9.2.1. DNT biosintezinin inisiyasiyası.....	257
9.2.2. DNT sintezinin elonqasiya mərhələsi.....	257
9.2.3. RNT-nin biosintezi (transkripsiya).....	258
9.3 Nuklein turşuları mübadiləsinin pozğunluqları.....	262

## X FƏSİL

10. ZÜLALLARIN MÜBADİLƏSİ.....	266
10.1 Zülal və aminturşuların parçalanması.....	266
10.2 Aminturşuların biosintezi.....	279
10.3 Zülalların biosintezi.....	283

## XI FƏSİL

11. KARBOHİDRATLARIN MÜBADİLƏSİ.....	292
11.1 Karbohidratların həzm sistemində çevrilməsi.....	293
11.2 Karbohidratların aralıq mübadiləsi.....	296
11.3 Dixotomik yolla (anaerob) qlükoza-6-fosfatın parçalanması.....	298
11.4 Spirtə qıçırma.....	304
11.5 Karbohidratların aerob parçalanması (piroüzüm turşusunun mübadiləsi).....	305
11.6 Karbohidratların oksidləşməsinin pentozofosfat yolu (apotomik oksidləşmə).....	308
11.7 Fruktoza və qalaktozanın mübadilə xüsusiyyətləri.....	313
11.8 Karbohidratların biosintezi.....	317
11.9 Şəkər mübadiləsinin neyro-humoral tənzimi.....	322
11.10 Karbohidrat mübadiləsinin pozğunluqları.....	324
11.10.1. Şəkərli diabet.....	326
11.10.2. Fruktozuriya.....	329
11.10.3. Qalaktozemiya.....	330
11.10.4. Qlikogenozlar.....	331

## XII FƏSİL

12. LİPİDLƏRİN MÜBADİLƏSİ.....	333
12.1 Yağların parçalanması.....	334
12.2 Qliserin və yağ turşularının mübadiləsi.....	336
12.3 Keton cisimciklərinin yaranması (ketogenez) və oksidləşmə (ketoliz).....	343

12.4 Yağabənzər maddələrin mübadiləsi.....	350
12.5 Sterinlərin mübadiləsi.....	352
12.6 Ali doymuş yağ turşularının biosintezi.....	354
12.7 Doymamış ali yağ turşularının biosintezi.....	359
12.8 Yağların (triqliseridlərin) sintezi.....	361
12.9 Lipid mübadiləsinin pozğunluqları.....	362
12.9.1 Lipidlərin həzm və sorulmasının pozulması.....	362
12.9.2 Lipidlərin aralıq mübadiləsinin pozğunluqları.....	364
12.9.2.1. Qaraciyər piy infiltrasiyası.....	364
12.9.2.2. Ketonemiya və ketonuriya.....	366
12.9.2.3. Xolesterin mübadiləsinin pozğunluqları.....	367
<b>XIII FƏSİL</b>	
13. MİNERAL MADDƏLƏR MÜBADİLƏSİ.....	370
13.1 Suyun mübadiləsi.....	371
13.2 Duzların mübadiləsi.....	373
13.3 Mikroelementlər.....	378
13.4 Maddələr mübadiləsinin orqanizmlə əlaqəsi (vəhdəti).....	381
13.4.1. Nuklein turşularının və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.....	384
13.4.2. Nuklein turşularının və karbohidratların mübadiləsi arasında əlaqə.....	384
13.4.3. Nuklein turşularının və lipidlərin (triqliseridlərin) mübadiləsi arasında əlaqə.....	385
13.4.4. Karbohidratların və zülalların mübadiləsi arasında əlaqə.....	385
13.4.5. Zülalların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.....	385
13.4.6. Karbohidratların və lipidlərin mübadiləsi arasında əlaqə.....	387
ƏDƏBİYYAT.....	388