

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНЫҢ ҚАУЫМДАСТЫҒЫ

---

С. Қ. Тұртабаев,  
А. К. Кабдрахимова, А. Ж. Еримова

# БИОХИМИЯ НЕГІЗДЕРІ

Алматы, 2012

*Баспаға Абай атындағы Қазақ ҰПУ-нің жанындағы «Білім» тобындағы мамандықтар бойынша оқу-әдістемелік секциясы (№11 хаттама, 22.12.2009 ж.) және ҚР БҒМ Жоғары және жоғары оқу орнынан кейінгі білім департаменті «Оқулық» Республикалық ғылыми-практикалық орталығы (11.06.2011 ж.) ұсынған.*

**Пікір жазғандар:**

Техника ғылымдарының докторы, профессор **Б. Ш. Кедельбаев**;  
Медицина ғылымдарының докторы **Б. К. Керімбеков**

**Тұртабаев С. Қ. және т.б.**

**Т 86 Биохимия негіздері:** Оқулық. /С. Қ. Тұртабаев, А. К. Кабдрахимова, А. Ж. Еримова/ Биология мамандықтарының студенттеріне арналған. – Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2012. – 336 б.

ISBN 978-601-217-302-4

Оқулықта белоктардың химиясы, олардың құрылымдық ұйымы, қасиеттері мен қызметі, витаминдер, ферменттер, нуклеин қышқылдары, көмірсулар, липидтер туралы жалпы ұғымдар мен түсініктер берілген. Сол сияқты белок, нуклеин қышқылдары, көмірсулар, майлар синтезі мен тірі ағзадағы зат алмасу ерекшеліктері қарастырылған.

Оқулықтың негізгі мақсаты - тіршіліктің химиялық негіздерімен таныстыру және биологиялық химияның жетістіктері туралы жалпы түсінік беру.

Оқулық биология мамандығы студенттеріне арналған ҚР мемлекеттік жалпы міндетті білім беру стандарты мен типтік оқу бағдарламасына сай жазылды.

ӘОЖ 577(075.8)  
КБЖ 28.072я73

© С. Қ. Тұртабаев және т.б., 2012  
© ҚР Жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2012

---

## АЛҒЫ СӨЗ

Ұсынылып отырған оқулықта авторлар биологиялық химияның негіздерін осы ғылымның қазіргі даму дәрежесіне сай баяндауды көздеді.

Тіршілік құбылыстарын тереңірек білуде биологиялық химияның алатын орны ерекше, оның жетістіктері адам өмірінің әртүрлі салаларында (белоктар биохимиясы, ауылшаруашылық биохимиясы, тамақтану биохимиясы және т.б.) қолданылады.

Білім алу процесін мемлекеттік тілде, яғни қазақ тілінде жүргізу көптеп қолға алына бастады. Пәннің жоғары деңгейде өтуіне қазақ тіліндегі оқулықтардың жетіспеушілігі өзінің ықпалын тигізеді.

Фундаментальді ғылымдардың негізгілерінің бірі болып есептелетін биохимиядан қазақ тілінде жазылған оқулықтар жоқтың қасы.

Жоғары оқу орындарының биология, биология – химия және химия – биология мамандықтарына арналған «Биохимия негіздері» атты оқулық осы салада қазақ тілінде жазылған оқу құралдары мен оқулықтар қатарын толтыру мақсатында дайындалды.

Оқулық Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігінің университет студенттеріне арнап бекіткен биологиялық химия пәні бағдарламасына сәйкестендіріліп жазылды. Сонымен бірге, осы салада басқа тілдерде жарық көрген оқулықтардың негіздері де ескерілді.

*Авторлар*

---

## КІРІСПЕ

Биохимия (биологиялық химия) – тірі ағзалардың құрамына кіретін химиялық табиғи заттардың құрылымын, өзгерісін және тірі материяда болатын химиялық реакцияларды молекулалық деңгейде зерттейтін ғылым. Сондықтан да биологиялық химияны – тіршілік химиясы деп атайды.

Биохимия үш бөлімнен тұрады:

Статикалық биохимия – ағзаның химиялық құрамына анализ жасайды;

Метаболиттік биохимия – ағзадағы энергия және зат алмасуын зерттейді;

Функционалды биохимия – тіршіліктің әртүрлі өзгерістерінің процестерін зерттейді.

Биохимия зерттеу түріне қарай шартты түрде жануарлар және адам биохимиясы, микроағзалар биохимиясы және өсімдік биохимиясы болып бөлінеді.

Биохимия өз бетімен ғылым болып ХІХ ғасырдың ортасында қалыптаса бастады, ал ХХ ғасырда дербес ғылым болып орнықты, әсіресе, соңғы 80 жыл ішінде биохимия саласында көптеген жаңалықтар ашылды, ал қазіргі кезде ол молекулалық және электрондық деңгейде дамып келеді.

ХІХ ғасырдың басында К. Шееле табиғат өнімдерінен глицеринді, лимон, сүт, қымыздық және несеп қышқылдарын бөліп алды. И. Руэль адамның несепінде несеп нәрін, Ю. Либих – гиппур, ал А. Маргграф фосфор қышқылдарын ашты. Өт құрамынан холестерин табылды. А. Маргграф қант қызылшасынан сахарозаны анықтады.

К. С. Кирхгоф 1814 ж. сұлы дәндерінің әсерінен крахмалдың қанттануы ферментативті процесс екенін жазды. ХІХ ғасырдың ортасында басқа ферменттер табылды: сілекей амилазасы, асқазан сөлі - пепсин, ұйқы безінің сөлі - трипсин және т.б.

XIX ғасырдың 50 жылдарында зерттеу әдістері бір-бірімен байланысты болғандықтан, физиология биохимияға жақындай түсті. Заттардың химиялық табиғаты жөнінде ғылымда көптеген мәліметтер жиналды. Ю. Либих (1839 ж.) тірі ағзалардың негізгі заттары – белоктарды, липидтерді, көмірсуларды, ал Шеврель (1832 ж.) майлардың құрылысы мен қасиеттерін зерттеді.

Метаболизм процестерін зерттеу 19 ғасырда басталды. Лавуазье еңбектерінде тыныс алу процестері зерттеліп, оттегінің рөлі көрсетілді. Бұл метаболизм энергетикасын зерттеуге мүмкіндік берді.

XIX ғасырдың екінші жартысында орыс және шетел университеттерінің медициналық факультеттерінде арнайы медицина кафедралары ашылды. Медициналық химия кафедраларын бірінші рет 1863 ж. Қазан университетінде А. Я. Данилевский, ал Мәскеу университетінде А. Д. Бульгинский ұйымдастырды.

20 ғасырда белоктар, липидтер, көмірсулар химиясы, метаболизм процестері, геном құрылысы мен функциясы зерттеліп, биохимияны фундаментальді ғылым қатарына қосты.

Соңғы жылдары тірі ағзаларды зерттеу әдістері көптеген қағидалар мен фактілер жинағын толықтырды. Бұл биологияда молекулалық сатыда метаболиттік процестердің зерттелуіне мүмкіндік берді. Метаболизм - тірі жүйені сақтау үшін ағзада өтетін барлық химиялық реакциялардың жиынтығы.

Биохимиядан алғашқы оқулықтар (И. Зимон, Ю. Либих, А. И. Ходнев) шыққаннан кейін ол ғылым ретінде өте зор қарқынмен жан-жақты дами бастады.

Орыс биохимиясының негізін салушы А. Я. Данилевский (1838-1923) болып есептеледі. А. Я. Данилевский және оның шәкірттері көптеген белоктардың құрамын, құрылысын, қасиеттерін зерттеді. Белок молекуласының полипептидтік құрылыс теориясының негізін құрды. Ферментативтік жолмен белокқа ұқсас заттарды синтездеу іске асырылды. Ферменттерді алу және тазалау әдістері ашылды. Таза күйінде амилаза және трипсин ферменттері алынды. Сондай-ақ, ферменттердің қайтымды қасиеттерін және антиферменттерді ашу процестері де А. Я. Данилевскийдің еңбегімен байланысты.

1891 ж. Петербургте М. В. Ненцкий бірінші биохимиялық

лаборатория ашты. Гемнің құрылысын зерттеп, гемоглобин мен хлорофилдің ұқсастығын тапты. Белоктың шіруінен пайда болатын өнімдерді, бактериялардың химиялық құрамын зерттеді. В. Г. Гулевич бұлшық еттен карнитин, карнозинді тапты. С. С. Салазкин жануар ағзасындағы азоттық алмасуды зерттеді.

Осылай ерекше қарқынмен өсімдіктер биохимиясы да дами бастады. Санкт-Петербург университетінің профессоры А. С. Фаминцын және оның шәкірттері проф. Д. И. Ивановский, И. П. Бородин (ол әрі композитор еді) өсімдіктер биохимиясының дамуына орасан зор үлес қосты. Академик С. Н. Костычев көмірсулардың өзгеруін – бір түрден екінші түрге айналуын зерттеді, әсіресе, көмірсулар метаболизміндегі ашу, тотығу процестерін зерттеулерінің қорытындыларына сүйене отырып, әлемге әйгілі бірнеше баға жетпес ғылыми еңбектер жазды. К. А. Тимирязевтің фотосинтез, хлорофилл жөніндегі тамаша еңбегі биохимияның дамуында айрықша рөл атқарды. Академик В. И. Палладин өсімдіктердің тыныс алу теориясын, академик А. Н. Бах биологиялық тотығудың асқын оксид теориясын құрды.

Шетелдік ғалымдардың да биохимияны дамытуға сіңірген еңбектері орасан зор. 1868 ж. Ф. Мишер нуклеин қышқылдарын, Л. Пастер тыныс алу мен ашу процестерінің көптеген реакцияларын ашты. Э. Фишер ферменттердің әрекет ету механизмін зерттеді.

Қазақстанда биохимия саласындағы іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстары республикада жоғарғы оқу орындарының ұйымдас-тырылуымен (1928 ж.) және Ұлттық Ғылым академиясының құрылуымен байланысты. Биохимияға қатысты айтарлықтай зерттеу жұмыстарын медицина саласында Б. И. Ильин-Кокуев, П. А. Верболович, кейіннен елімізде академик Т. Ш. Шармановтың басшылығымен жаңадан Тамақтану институты (институт пита-ния) ашылып, сәбилер мен жасөспірімдердің тамақтану биохимиясы және гигиенасына аса зор көңіл бөлініп, іргелі зерттеулер жүргізілді.

Өсімдіктер биохимиясы саласында Қазақ КСР Ғылым ака-демиясының академиктері: М. И. Горяев, Т. Б. Дарқанбаев, Г. Т. Тәшенов, М. Ә. Айтқожиннің еңбектерін ерекше атауға болады.

Биохимияның көрнекті салаларының бірі – энзимология (ферменттер туралы ілім) өте кең көлемде зерттелген. Ол белоктардың құрылысын биохимиялық қасиеттерін зерттейді. Қазақстандағы көрнекті ғалым-биохимик Т. Б. Дарқанбаев энзимологиямен шұғылданған болатын. Бұл салада ол көптеген ғылыми жаңалықтар ашты.

Республика Ғылым академиясының академиктері: Л. Қ. Қылышев, Ф. Ә. Польшбетова, І. Р. Рахымбаев, Қ. Ж. Пірәлиев, биология ғылымдарының докторы, профессор З. С. Сейітов және басқалар бағалы зерттеу жұмыстарын жүргізді.

Биохимия ғылымының алдында тұрған проблемалар ол генетикалық және жасушалық инженерияның әдістерін жасау, солардың негізінде биотехнологияның жаңа процестерін дамытып, жануарлардың жаңа тұқымдарын алу, бағалы өсімдіктердің түрлерін алу, диагностиканың жаңа әдістерін қолдану, емдеу (адамдар мен жануарларда ауру тудыратын вирустар мен микроағзалар генетикасын; оксогендер мен онкобелок табиғаты, т.б.) және оның алдын алу; инженерлі энзимология негізіндегі жұмыстар; жаңа биокатализаторларды енгізу және солардың көмегімен химиялық және тағамдық заттар алу; биомолекулалы жасушалардың құрылымы мен қызметін зерттеу; молекулалық және жасуша негізінің иммунологиясын зерттеу; молекулалық биология механизмінің канцерогенезін зерттеу; биоэнергетика проблемасын зерттеу; психика, есте сақтау негізін және мидың қызметін зерттеу.

Осы жасалған зерттеулер бойынша биохимия даму сатысына қарай негізгі зерттеу бағытында өз шешімін табуда. Қазіргі микробиология, биогенетика, жеңіл және тамақ өнеркәсібі толығымен биохимиямен байланысты. Әсіресе, тамақ өнеркәсібі өз құрамына енетін заттарды зерттеп қана қоймай, оларды молайту, қолдан жасау жолдарын керек етіп отыр. Мәселен, жас бала және жолаушы мен космонавт үшін қуаты әлдеқайда күшті тағам керек. Осы қоректік заттардың негізгі үш компоненті - белоктар, майлар және көмірсулар, әсіресе, бағалысы белоктар болып табылады.

Болашақ биолог, биолог-химик және дәрігер мамандарын дайындау үшін биологиялық химия пәнінің атқаратын қызметі өте күшті.

## I. АҒЗАЛАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ

Жердің биомассасын құрайтын ағзаларда Д. И. Менделеев таблицасының 70-тен астам элементтері табылған. Оттегі, көміртегі, сутегі, азот, кальций, фосфор, калий, күкірт, хлор, натрий, магний, мырыш, темір, йод, мыс, молибден, кобальт, селен элементтері тірі ағзада үнемі кездеседі. Олар тірі ағза жасушасының негізін қалайтын қосылыстар: белоктар, көмірсулар, нуклеин қышқылдары, липидтер, ферменттер, гормондар мен витаминдер құрамында болады.

Сандық мөлшеріне қарай ағзадағы элементтер 4 топқа бөлінеді:

I-топ – макробиогенді элементтер:

- оттегі, көміртегі, азот және сутегі, олардың ағзадағы мөлшері 1%-дан жоғары.

II-топ – олигобиогенді элементтер – кальций, фосфор, калий, хлор, күкірт, магний, темір. Ағзадағы мөлшері – 0,01%-дан жоғары.

III-топ – микробиогенді элементтер – мырыш, марганец, кобальт, мыс, бром, йод, молибден, т.б. бұл элементтер мөлшері 0,001% - 0,000001% аралығында.

IV-топ – ультрабиогенді элементтер – литий, кремний, калайы, кадмий, селен, титан, ванадий, хром, никель, сынап, алтын, және т.б. Ағзадағы мөлшері 0,000001%-дан аспайды (1-кесте).

Адам ағзасындағы химиялық элементтердің мөлшері, %

*1-кесте*

Элементтер	O	C	H	N	Ca	P	K
Мөлшері, %	62,48	21,15	9,86	3,1	1,90	0,95	0,23

Элементтер	S	Cl	Na	Mo	I	F
Мөлшері, %	0,08	0,08	0,080	0,027	0,014	0,009

Элементтер	Fe	Zn	Br	Al	Si	Cu
Мөлшері, %	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,0015



Егер тірі және өлі заттардың химиялық құрамын қарасақ, тірі ағза негізінен жеңіл элементтерден, ал өлі заттар ауыр элементтерден тұрады, себебі тірі ағзалардың құрамына қажет суда жақсы еритін газ тәрізді, сұйық және қатты қосылыстар үшін жеңіл элементтер ғана жарамды. Тірі ағзаның құрамына кіретін молекулаларды биомолекула деп атайды, демек олардың құрылымы және өзара әрекеттесуі тіршілік негізіне жататын процестерді қамтиды.

Тірі ағза жасушасының негізін құрайтын қосылыстар: белоктар, нуклеин қышқылдары, көмірсулар, липидтер (май және май тәрізді заттар), су, минералды тұздар (2-кесте).

Осы органикалық қосылыстардың алуан түрлі құрылымы мен қасиетін білу үшін олардың құрамына кіретін ең қарапайым органикалық заттардың кластарын бір-бірінен ажырата білу қажет.

### Тірі жасушаның химиялық құрам ерекшелігі

(А. Гизе бойынша)

2-кесте

Химиялық заттар	Мөлшері, %
Су	85
Белоктар	10
ДНК	0,4
РНК	0,7
Липидтер	2
Төменгі молекулалы органикалық заттар	0,4
Минералды заттар	1,5

Барлық тірі ағзалар жасушадан және олардың метаболиттік өнімдерінен тұрады. Әрбір жасуша тірі жүйеге тән барлық қызметті атқара алады: зат және энергия алмасуы жүреді; өседі, көбейеді және өзінің қасиеттерін басқа жаңа жасушаларға жеткізе алады. Тірі ағзалар жасушаларының барлығы жалпы құрылысы және химиялық құрамы бойынша өзара ұқсас. Жасушалардың барлығы бірдей емес, бірақ барлығында да құрылыстық жалпы белгі бар.

Ағзаның құрамына кіретін заттарды пластикалық және энергетикалық заттар деп шартты түрде екіге бөледі.

Пластикалық заттар - ағзаның жасушалары мен ұлпаларын құру үшін қажетті заттар, демек құрылыс заттары. Бұл белок, нуклеин қышқылдары, липидтердің кейбір түрлері және жоғары молекулалы көмірсулар.

Энергетикалық заттар макроэргті қосылыс АТФ-тың қайта түзілуіне жұмсалатын энергияны бөлетін заттар. Бұл көмірсулар (глюкоза, гликоген, крахмал), кейбір липидтер.

### **1.1. Жасуша – тірі ағзаның құрылымдық бірлігі**

Барлық тірі ағзалар жасушалардан тұрады. Бұл пікірді 1838 жылы М. Шлейден және Т. Шванн постулат түрінде дәлелдеді. Тірі ағза жасушаларында барлық химиялық процестер жүріп жатады. Жасушаның қызметін фабрика қызметіне теңеуге болады.

Құрылысы мен атқаратын қызметіне қарай жасушаларды екі класқа бөледі. Құрылысы қарапайым болатын жасушалар прокариоттар, олардың негізгі қасиеттерін бактериялар мысалынан қарауға болады. Бұлардың құрылысы қарапайым, кіші өлшемді. Бактериялар қажетті энергияны қоршаған ортадан алады және бұлар үшін энергияның қайнар көзі – глюкоза.

Жасушалардың екінші класы – эукариоттық жасушалар. Бұлардың мөлшері прокариоттардан 10-15 есе үлкен болады. Эукариоттардың жасушаларында түрлі функция атқаратын оргanelлалар бар: ядро, митохондриялар, пероксисомалар, лизосомалар, Гольджи аппараты, цитоплазма, эндоплазмалық тор, рибосомалар, хлоропластар, биологиялық мембраналар.

Жасушалардың барлығы қабықшамен – жарғақшамен қапталған. Жарғақшаның белокты қабаты амин қышқылдардың, көмірсулардың және жасушадағы өзге де заттардың сыртқы және ішке тасымалдануын қамтамасыз етеді.

Цитоплазма - барлық жасушаларда болатын сұйық зат.

Ядро дегеніміз – бұл жарғақшалы органелла. Оның ішінде ядрошырын сөлі – кариоплазма болады. Ядрошырын сөлінің ішінде ядрошық және ДНҚ-дан құралатын хромосомалар жүзіп

жүреді. Олар белоктардың құрылысы туралы тұқым қуалайтын ақпараттарды сақтайды.

Эндоплазмалық тор (ретикулум) (ЭПТ) – бұл цитоплазмадағы өзекшелер және қуыстар жүйесі түріндегі жасуша органелласы. Әдетте рибосомалар эндоплазмалық тордың жарғақшасына жабысады.

Лизосомалар - жануар және саңырауқұлақ ағзаларының жасушаларында кездесетін диаметрі 0,5 мкм сопақ денешіктер. Лизосомаларда жасуша метаболизмінде пайда болған өнімдерді ыдырататын ферменттер жинақталған, лизосома сұйығының рН~4,5 шамасы гидролиздің тиынақты жүруіне себеп болады.

Пероксисома – органелла, мұнда органикалық қышқылдарды тотықтыратын ферменттер, каталаза, пероксидаза ферменттері жинақталған.

Рибосомалар – РНҚ және белоктардан құрылған мөлшері 20 нм болатын жасушаның ұсақ органелласы. Рибосомаларда белоктар синтезі жүреді.

Митохондриялар – біржасушалы және көпжасушалы ағзалардың барлық жасушаларында болатын органелла. Митохондриялардың ішінде ДНҚ, РНҚ және цитоплазмалық рибосомалардан өзгеше рибосомалар кездеседі. Митохондриялар жасушалардың энергетикалық станциясы деп аталады. Митохондриялардың саны, пішіні, мөлшері жасушаның метаболиттік статусына тәуелді.

Хлоропластар – хлорофилл пигменті болатын жасыл пластидтер. Хлоропластарда фотосинтез жүреді – күн энергиясы АТФ және көмірсу молекулаларының химиялық энергиясына айналады.

Биологиялық мембраналар, ең алдымен, жасуша метаболизмінің биохимиялық, жасушалық және физиологиялық деңгейдегі интеграциялық және дифференциялық жүйесі. Биомембранасыз АТФ-тың синтезі, гормондардың зат алмасуға әсері т.б. процестер жүрмейді.

Жасушалық және субжасушалық деңгейде мембранасыз ядроның, митохондрийдің, лизосомалардың, цитоплазманың өз қызметтерін істеуі мүмкін емес.

## 1.2. Биологиялық мембраналар

Жасушалар мембраналарының бір-бірінен құрамы, қасиеттері және органелла түрлері бойынша айырмашылықтары болады.

Эукариоттарда мембрана топтарының түрлері: плазматикалық, ядролық, эндоплазмалық ретикулум, митохондрий, хлоропластық т.б. Мембраналар түрі көп болғанымен құрылыстары ұқсас келеді. Мембраналар құрамында көмірсулар гликолипидтер түрінде кездеседі, мөлшері 0,5-10%-ға дейін болуы мүмкін. Көмірсулар мембрананың сыртқы бетінде орналасады. Бұл заттардан басқа мембрана құрамында су, минералды тұздар және кейбір минорлы (РНҚ 0,1% дейін) қосылыстар кездеседі

Мембраналар негізінен май мен белоктардан тұрады. Майлардың белоктармен салмақтық қатынасы 1:4 немесе 4:1 болып келеді. Мембраналарда көмірсу компоненттері де кездеседі. Ондағы майларға құрамында гидрофильді және гидрофобты топтары бар, молекулалары оншалықты үлкен емес майлар тобы жатады. Сулы ортада майлардың мұндай молекулалары өте жылдам липидтік қосқабат түзеді, ал мұндай қосқабаттан полярлы молекулалар өте алмайды. С. Дж. Синджер мен Л. Г. Николсон: «биологиялық мембраналар липидтік қос қабаттан тұрады, тіпті мембрананы белоктар жүзіп жүрген липидтер «теңізі» деп қарау керек» деген. Мұны сұйықты-мозайкалық модель деп атайды. Мембраналардың құрамына майлардың негізгі үш тобы кіреді: фосфолипидтер, гликолипидтер, холестерол (3-кесте).

Мембрананың көптеген қызметі, оның құрамына кіретін белоктардың қасиетімен анықталады. Мембрана белоктары насостық, рецепторлық, ферменттік қызмет атқарады. Мембрана белоктары липидтік қос қабатқа еніп тұрады да, өздеріне тән активтілік көрсетеді. Мембрана белоктарын екі топқа бөлуге болады: шеткейлік немесе липидтік қосқабатқа жанасып тұрушы белоктар және интегралды немесе липидтік қосқабатқа батып тұрушы белоктар.

Шеткейлік (перифериялық) белоктар қосқабаттың гидрофобты шетімен байланысады, ал интегралды белоктар қосқабаттың гидрофильді соңына батып тұрады.

## Тірі жасушалар мембраналарының липидтік құрамы

(Д. Альбертс бойынша)

3-кесте

Липидтер	Жалпы липидтер құрамынан алынған, %					
	Плазма мембранасы		мие-лин	Митохондриялардың сыртқы, ішкі мембраналары	ЭПТ (Эпр)	E. coli
	Бауыр жасушасы	Эритроциттер				
Холестерол	17	23	22	3	6	0
Фосфатидилэтанолламин	7	18	15	35	17	70
Фосфатидилсерин	4	7	9	2	5	ізі
Фосфатидилхолин	24	17	10	39	40	0
Сфингомиелин	19	18	8	0	5	0
Гликолипидтер	7	3	28	ізі	ізі	0
Басқа липидтер	20	13	8	21	27	3

Биомембраналар өздерінің ерекше құрылымына сәйкес әртүрлі физикалық-химиялық қасиеттер көрсетеді:

1. Биологиялық мембраналар амфифильді болғандықтан, олардан көптеген заттар өте алмайды.
2. Биомембраналар ассиметриялы болып келеді.
3. Биомембрананың сұйықтығы мен аққыштығын атап кету керек.
4. Биомембраналардың өздігінен жинала алуы. Сулы ортада биомембраналардың құрамына кіретін липидтер мен белоктар жеткілікті болған жағдайда, биомембраналардың өздігінен жиналуы мүмкін.

1. Мембрана амфифильді. Оның құрамына кіретін липидтер гидрофобтық және гидрофильдік бөлімнен тұратын болғандықтан, олар мембранаға амфифильдік қасиет береді. Сондықтан да мембрана арқылы көптеген заттар өте алмайды. Мысалы: суда ерігіш заттар мембрананың майлы қабатынан өте алмайды.

2. Мембрана ассиметриялы. Оның сыртқы және ішкі қабаттарының құрамы және ферменттік активтілігі жағынан бір-бірінен айырмашылығы болады. Мысалы, адам қанындағы эритроциттер мембранасының ішкі қабатында фосфатидилэтаноламин және сфингомиелин болады. Мембраналардағы тасымалдаушы жүйелер тек бір бағытта ғана жұмыс істейді. Мысалы, эритроцит мембранасындағы  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  - АТФ-аза насосының жұмысын алсақ: бұл насос  $\text{Na}^+$  - иондарын жасушадан сыртқа шығарып отырса,  $\text{K}^+$  иондарын сыртқы ортадан ішке кіргізіп отырады, ал керісінше бағытта ешқашан жұмыс істей алмайды. Сонымен қатар, мембрананың сыртқы қабаттарында гликопротеиндердің құрамына кіретін олигосахаридтер тобы болса, ішкі қабатта олар кездеспейді.

3. Мембрананың аққыштығы – биомембрананың құрамына кіретін май қышқылдары мен холестеринге байланысты. Мембранадағы май қышқылдары белгілі бір тәртіппен немесе қалай болса солай орналасуы мүмкін. Егер де май қышқылдары қаныққан болса, онда липидтік қосқабаттың аққыштығы нашар, қанықпаған май қышқылдары көп болатын болса, сұйық болады. Холестерин биологиялық мембрананың кристалдануынан сақтайды. Бір жағынан холестерол ацилдік тізбектің тез қозғалуына кедергі жасаса, екінші жағынан екі көміртек тізбектің арасына тұрып, бір-бірімен жабысып қалуынан сақтап, мембрананың аққыштығын бірқалыпта ұстап тұруға мүмкіндік береді.

4. Мембрананың өздігінен жиналуы - олигомерлік белоктар немесе рибосома сияқты жүреді.

## II. БЕЛОКТАР

### 2.1. Белоктар туралы жалпы түсінік

Жер жүзіндегі тірі ағзалардың негізгі құрамды бөлігі – белок. Ф. Энгельс өзінің «Табиғат диалектикасы» еңбегінде: «Өмір дегеніміз – белокты денелердің тіршілік ету тәсілі» деген. Демек белок барлық тірінің негізі, ал олардың тіршілік ету тәсілі - өмір болып табылады.

Тірі ағзаның құрамына кіретін белоктар немесе протеиндер (protos – бірінші, алғашқы, маңызды деген грек сөзі) органикалық қосылыстардың 50-85% құрайды.

1871 ж. орыс химигі Н. Н. Любавин белоктар амин қышқылдарынан тұратынын анықтады.

Белоктар цитоплазма мен ядроның негізін құрайды. Олар табиғатта кездесетін органикалық заттардың ішіндегі ең күрделісі. Белоктардың элементтік құрамы (К. Сағатов бойынша):

Көміртегі – 50-55%

Оттегі – 21-24%

Азот – 15-18%

Сутегі – 6-7%

Күкірт – 0,3-2,5%

Кейбір белоктік заттардың құрамына фосфор кіреді, аз мөлшерде кейде темір, мыс, йод, хлор, бром, кальций, мырыш және т.б. элементтер де кездесуі мүмкін.

Белоктардың басқа полимерлерден өзгешелігі – олар құрылысы жағынан бір-біріне ұқсас болғанымен, мүлдем басқа мономерлерден құралған.

Белоктың молекулалық массасы оның құрамындағы амин қышқылдарының санына байланысты. Мысалы, инсулин белогінің құрамында 51 амин қышқылдарының қалдығы бар, екі полипептидтік тізбектен тұрады, молекулалық массасы 5733, ал гемоглобиннің құрамында 574 амин қышқылдарының қал-

дығы бар, молекулалық салмағы 64500. Әртүрлі белоктардың құрамындағы амин қышқылдары қалдықтарының саны әртүрлі-жүзден бірнеше мыңға дейін. Белоктың молекулалық массасын әртүрлі физикалық және химиялық әдістермен анықтауға болады, солардың ішінде кең тарағаны: электрофорез, молекулалық тор әдісі, ультрацентрифугалау т.б.

Нақтылы нәтиже алу үшін бір ғана әдісті емес, әртүрлі әдістерді пайдаланады. Осы әдістерді қолдана отырып, белоктың молекулалық массасы өте кең аралықта ауытқитыны анықталған: 6 мыңнан бірнеше миллион Дальтон аралығында.

Адам ағзасында белоктар үлесіне дене салмағының  $\frac{1}{4}$  бөлігі келеді. Қазіргі кезде адам ағзасында 100000 астам белоктар болатыны белгілі, олардың атқаратын биологиялық қызметтері алуан түрлі:

1. Катализаторлық, ферментативтік қызмет атқарады. Ферменттер химиялық құрамы жағынан – белоктар. Олар ағзадағы әртүрлі химиялық реакциялардың, процестердің жүру қарқынын реттейді.

2. Тасымалдаушы қызмет атқарады. Айталық қан құрамындағы гемоглобин деген белок оттегін өзіне байланыстырып, әртүрлі мүшелердегі ұлпалар мен жасушаларға тасымалдаса, екінші бір қандағы альбумин деген белок май қышқылдарын тасымалдайды.

3. Ағзаның қозғалуын қамтамасыз ететін белоктар, оларға бұлшық еттегі актин мен миозин белоктарын және жасуша мембранасындағы тасымалдаушы белоктарды т.б. жатқызуға болады

4. Қорғаныштық қызметі, ондай белоктар ағзаның иммундық қасиеттерін жүзеге асырады, қанның ұюы қан сары суының құрамындағы фибриноген белогінің фибринге айналуына байланысты. Бұл да белоктың қорғаныштық қасиетін көрсетеді.

5. Көптеген белоктар биологиялық активті заттар. Солардың ішінде гормондар, токсиндер т.б.

6. Белоктар құрылымдық қызмет атқарады. Олар кез келген жасуша мембранасының құрамында, цитоплазмасының негізі бола отырып, құрылымдық элементтерін түзеді. Жоғарғы сатыдағы жануарлардағы талшықты коллаген, ретикулин деген



белоктар жасушааралық матриксте болады, ал  $\alpha$  - кератин белогі шаш, тырнақ, жүн, қауырсындардың негізін құрайды. Белоктар жасушадағы липидтермен байланыса отырып, жасушалардың, жасуша ішіндегі органеллалардың мембранасын құрайды.

7. Қор ретінде жиналатын белоктар: сүт құрамында - казеин, жұмыртқа белогі – альбумин, өсімдік дәніндегі көптеген әртүрлі қор белоктары т.б.

8. Белоктардың рецепторлық қызметі. Көптеген белоктар, әсіресе, гликопротеидтер, таңдамалы түрде белгілі бір заттармен байланысады. Жүйке импульсін жасушаларға жеткізу қызметін атқарады.

Белоктардың қызметі жоғарыда көрсетілген функцияларымен шектеліп қоймайды. Айталық реттеуші белоктарға ферменттер мен гормондардан басқа да белоктарды жатқызуға болады. Мысалы, ферменттердің белсенділігін реттейтін белоктар. Белоктардың халық шаруашылығында да маңызы зор екендігін айту керек.

Адам тамағының және жануарлардың азығының негізін белоктар құрайды. Жем-шөп құрамындағы белоктың сапасы мен мөлшері ауыл-шаруашылық жануарларының өнімін анықтайды. Көптеген өнеркәсіптердің технологиясы белоктардың қасиеттерін өзгертуге негізделген, атап айтқанда, теріні, табиғи жібектерді өндеу. Нан пісіретін өндірістерде ұнның құрамындағы белоктың қасиеті мен сапасы өте маңызды рөл атқарады.

## **2.2. Белоктарды бөлу және тазарту әдістері**

Белоктардың құрылымы мен атқаратын қызметін зерттеу үшін биологиялық материалдардан белоктарды бөліп алу қажет. Алдымен биологиялық материалдарды (шикі затты) гомогенді күйге дейін ұсақтайды. Ұсақталған биологиялық материалда белок макромолекуласының жоғары құрылымын ұстап тұрған байланыстар үзіледі, белок молекуласында гидрофобты, гидрофильді топтар саны өзгереді. Бұл белоктың ерігіштігіне әсерін тигізеді. Кейбір белоктар суда ериді, басқа біреулері тұздардың сұйық ерітіндісінде немесе су мен спирт қоспасында ериді. Тіпті ешқандай еріткіштерде де ерімейтін белоктар да бар.

Ұсақталған белоктарды жасуша құрылымдарынан бөлу үшін гомогенизаторлар, кварц құмымен келіде ұнтақтау (бұл жануарлар жасушалары үшін), ультрадыбыс, шарлы диірмендер (өсімдік жасушалары үшін) қолданылады. Жасуша құрылымдарынан тазартылған белокты диализ әдісін қолданып, бос жүрген кіші молекулалардан тазартады. Белоктарды диализдегенде молекулалар мен иондар жартылай өткізгіш мембрана арқылы оңай өтіп, еріткішке көшеді. Ал коллоидты бөлшектер мөлшері үлкен болғандықтан, жартылай өткізгіш мембрана арқылы өтпейді. Еріткішті жиі-жиі ауыстыру арқылы белоктың коллоидты ерітіндісін бөгде заттардан осылайша тазартады.

Белокты тұнбаға түсіріп шөктіру үшін көбінесе аммоний сульфаты тұзының концентрлі ерітіндісі, сілтілік металдардың және ауыр металдардың тұздары (мыс, сынап, қорғасын, күміс, т.б.) қышқылдар мен гидроксид, спирт ерітінділері (метанол, бутанол т.б.) қолданылады. Алынған белоктар қоспасын жеке дара белоктарға немесе фракцияларға бөледі. Түрлі фракцияға бөлуді хроматографиялық әдіс көмегімен жүргізеді. Хроматографиялық әдістің түрлі модификациялары қолданылады: адсорбциялы, газды, сұйықтықты, гельді, капиллярлы, ион алмасу және т.б. Сонымен қатар, биохимияда ғылыми зерттеулердің мүмкіндігін арттыруға ерекше үлес қосқан рентген-құрылымдық анализ, электронды микроскопия, таңбаланған атомдар әдісі, инфрақызыл және ультракүлгін анализ, электрофорез, молекулярлы елек әдісі, масс спектрометрия, ультрацентрифуганы пайдалану, магнитті-оптикалық айналуғағы дисперсиялық әдістер, электронды парамагнитті резонанс, ядролық магнитті резонанс және т.б. әдістерде қолданылады.

Қазіргі кезде бірқатар автоматты биохимиялық анализаторлар, лабораториялар құрылып жұмыс істеуде. Осындай автоматты жүйелер анализін басқаруда және алынған хабарларды өңдеуде ЭЕМ қолданылады.

Белок молекуласы өте сезімтал, әртүрлі жағдайлардың (қышқылдың, сілтінің, органикалық еріткіштердің, температураның) әсерінен өзінің табиғи қасиетін жоғалтып, денатурацияға түседі, сондықтан да белокты бөліп алу төменгі температурада (+4°)

жүргізіледі. Алынған белок ерітіндісінде жеке белок емес, белоктар қоспасы болады.

Жеке белокты бөліп алу үшін әртүрлі әдістер қолданылады, әдістерді таңдап пайдалану тәжірибелік жолмен алға қойылған мақсатқа сәйкес, ең алдымен, бөліп алынатын белоктың физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты болады.

### 2.3. Белоктардың физикалық және химиялық қасиеттері

Белоктар үлкен молекулалы органикалық қосылыстар, олар жартылай өткізгіш мембранадан өте алмайды. Белоктарды басқа қоспадан диализ арқылы тазарту осындай қасиетіне негізделген.

Молекуласының пішіндеріне қарай белоктар фибрилярлық және глобулярлық болып екіге бөлінеді. Глобулярлық белоктардың құрылымы шағын, полипептидтік тізбектері сфера (шар) немесе эллипсоид сияқты бүктелген болады (1-сурет).



Глобулярлы белок  
А



Фибрилярлы белок  
Б

1-сурет. Глобулярлы және фибрилярлы белоктар

Глобуланьң бетіне амин қышқылдарының полярлы тобы және зарядталған атомдары жинақталады. Олар сумен әрекеттесуге қабілетті келеді.

Фибрилярлық белоктар суда және сұйық тұз ерітінділерінде ерімейді.

Белоктарға тән физикалық қасиеттердің бірі - молекулаларының бетіне кіші молекулалы органикалық қосылыстар мен иондарды адсорбциялау қабілеті. Белоктардың транспорттық қабілеті осы қасиетімен тығыз байланысты.

Белок ерітіндісі коллоидты ерітінді және коллоидты ерітінділердің барлық қасиеттеріне ие. Белоктардың коллоидты

ерітінділері тұрақты келеді, оған екі себеп бар: біріншіден, белок бөлшектері электр заряд алып жүреді, екіншіден, белок молекулаларының айнала сыртын бірнеше қабаттан тұратын тығыз су қабықшасы қоршап тұрады. Бұл фактор белок молекулаларының бір-бірімен қосылып (коагуляцияланып), тұнбаға түсуіне кедергі жасайды.

Белоктың амфотерлік қасиеті құрамындағы амин қышқылдарының бүйірлік топтарына байланысты. Табиғи белоктардың көпшілігі қышқыл белоктар, олардың құрамында екі карбонды амин қышқылдары бар, олар негізінен глобула бетінде орналасқан және белок молекуласының физикалық және химиялық қасиеттерін анықтайды. Зарядтардың молекула үстінде орналасуы бірдей емес, оның әртүрлі аймақтарында бір-біріне қарама-қарсы зарядтар болуы мүмкін. рН-тың өзгеруі радикалдардың диссоциациялану бағытына әсер етеді, молекула үстіндегі зарядтар алмасады, нәтижесінде белоктың кеңістіктегі құрылымы және оның биологиялық активтілігі өзгереді. Белок молекуласы металл иондарымен, тағы да басқа зарядталған макромолекулалармен әрекеттеседі.

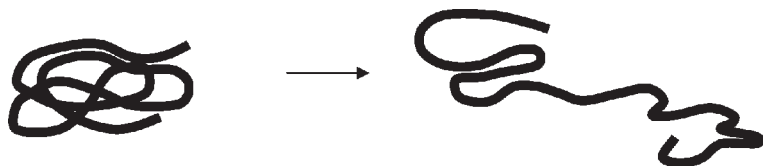
рН-тың белгілі бір шамасында белок молекуласының оң заряды мен теріс заряды теңеседі, яғни белок нейтральді, зарядсыз, электр тогы жүйесінде қозғалмайды. рН-тың осы мәнін сол белоктың изоэлектрлік нүктесі (ИЭН) дейді. Белок өзінің ИЭН-де ерітіндіден тез және толық тұнбаға түседі.

Егер белок құрамында негіздік амин қышқылдарының қалдықтары көп болса, онда олардың ИЭН 7-ден жоғары, ал егер қышқылдық амин қышқыл қалдықтары басым болса, ИЭН 7-ден төмен болады. Көптеген глобулярлы белоктардың ИЭН қышқылдық аралықта (4,5-6,5).

Көптеген белоктар өзінің биологиялық активтілігін, атқаратын қызметін температура мен рН-тың өзіне тән арнаулы деңгейінде ғана сақтай алады. рН-пен температураның экстремалды көрсеткішінде белок молекуласы өзгеріп денатурацияға түседі. Денатурация дегеніміз - белоктардың нативті қасиетін жойып тұнбаға түсуі. Көптеген белоктарда денатурация температураны 50-60°-қа көтергенде байқалады. Жұмыртқа альбуминінің ерітіндісін ақырындап 60-70°С-қа дейін қыздырса, алдымен

ерітінді лайланады, біраз уақыттан кейін ұйып қалады. Осындай құбылыс барлық глобулярлы белоктарды қыздырғанда байқалады. Денатурацияны тек температурамен ғана емес белок ерітіндісіне кейбір органикалық ерітінділермен (спирт, ацетон) мочевиімен, басқа да детергенттермен әсер ете отырып та жасауға болады. Ауыр металл катиондары йод, тиоцианат аниондары ерітіндідегі белоктарды денатурацияға түсіреді. Көптеген белоктар өте қышқылдық немесе өте сілтілік ортада ұйып, денатурацияланады. Тіптен механикалық күштердің өзі де, атап айтқанда, жоғарғы қысым, құрғақ препараттарды езу, белок ерітіндісін қатты шайқау белокты денатурациялайды. Физикалық факторлардың ішінде қыздырудан басқа белок денатурациясына әсер ететін ультракүлгін жарығы, ионизация сәулелері. Денатурация кезінде белоктың көптеген физикалық, химиялық қасиеттері өзгереді: ерігіштігі төмендейді, тіптен бұл қасиеті жойылады, оптикалық қасиеттері, тұтқырлығы (вязкость) т.б. өзгереді. Белок өзіне тән биологиялық активтілігін, атқаратын қызметін жояды. Ферменттер табиғи белсенділігін жойып, катализтік қасиетінен айырылып, химиялық реакцияны жүргізе алмайды. Денатурация кезінде белоктың кеңістіктегі құрылымы өзгереді (төртінші, үшінші, тіптен екінші деңгейдегі құрылымдары). Тек бірінші деңгейдегі құрылымы, яғни полипептидтік тізбектегі амин қышқыл қалдықтарының реттеліп орналасу тәртібі сақталады. Белоктың толық денатурацияға ұшырауы көптеген жағдайларда қайтымсыз, бірақ белгілі қолайлы жағдайды жасай отырып, денатурацияға ұшыраған белокты қайтадан бастапқы

### Жылумен өңдеу



**Табиғи (нативті) белок**

**Денатурацияланған белок**

**2-сурет.** Табиғи глобулярлы белокты жылумен өңдегенде полипептидтік тізбек жазылады, бірақ коваленттік құрылымы бұзылмайды.

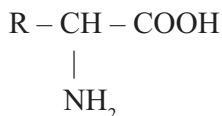
табиғи қалпына келтіруге болады, мұны ренатурация деп атайды. Мысалы, денатурацияланған трипсин ферментін жайлап бөлме температурасына дейін суытса, ол қайтадан өзінің каталитикалық қасиетіне ие болады.

Белок оптикалық активті зат, өзі арқылы өткен полярланған сәулені не оңға, не солға бұрады. Барлық белоктар ультракүлгін сәулені сіңіреді (190, 250, 280 нм толқын ұзындығында).

Бұл қасиеті оның құрамындағы ароматты амин қышқылдарына (тирозин, фенилаланин, триптофан), белок молекуласындағы  $\alpha$ -спиральдағы сутектік байланыстарға және белоктағы пептидтік байланыстарға тәуелді. Белоктың осы қасиетіне сүйене отырып, оның мөлшерін спектрофотометрлік әдіспен анықтауға болады.

## 2.4. Белоктардың химиялық құрылысы

Белок макромолекулалары қарапайым амин қышқылдарынан тұрады. Белоктарды түзетін амин қышқылдарының құрылысын мынадай түрде көрсетуге болады:



Амин қышқылдары түрлі белок молекулаларын түзетін мономерлі жеке заттар. Адам ағзасында 300-ге жуық амин қышқылдары бар екені белгілі, бірақ олардың 20-сы ғана белок молекуласының құрамына кіреді. Бұлар протеиногенді амин қышқылдары.

Кейбір белоктардың құрамында жоғарыда көрсетілген амин қышқылдарымен қатар аз мөлшерде минорлы амин қышқылдары болады.

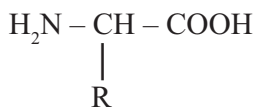
Минорлы амин қышқылдары — радикалдары түрленулер нәтижесінде пайда болған протеиногенді амин қышқылдарының туындылары. Минорлы амин қышқылдарына мысал ретінде мына төмендегілерді келтіруге болады:

Ацетиллизин  
Гидроксилизин  
Гидроксипролин  
Гликозиласпарат  
Гликозилсерин  
Гликозилтреонин  
Гликозилгидроксилизин  
Гликозилгидроксипролин  
Десмозин и изодесмозин (лизиннің туындысы)  
Карбоксиглутамат  
Метиларгинин  
Метилгистидин  
Метиллизин  
Моноидтирозин  
Дийодтирозин  
Трийодтиронин  
Тетрайодтиронин  
Сульфотирозин  
Фосфосерин  
Фосфотреонин  
Цистин

Глициннен басқа амин қышқылдарына оптикалық активтілік тән. Протеиногенді амин қышқылдары тек *L* – формада ғана болады, бірақ тірі табиғатта *D* – амин қышқылдары да бар екені байқалады, олар ұзындығы қысқа пептидтер құрамында немесе бос, жеке күйде болуы мүмкін.

Амин қышқылдары молекуласында карбоксильдік (-COOH) топ та, аминдік (- NH<sub>2</sub>) топ та бар. Амин қышқылдары молекуласында аминдік топ - $\alpha$ ,

- $\beta$ , -  $\gamma$  – жағдайында және басқа да түрде болуы мүмкін. Табиғи белоктардан тек  $\alpha$ -амин қышқылдары ғана табылған. Олардың биологиялық маңызы зор, себебі олардан белок молекулалары құралады. Амин қышқылдарының құрамында *R*-радикал бүйірдегі топтарды көрсетеді. Радикал құрамында ашық, жабық тізбек және әртүрлі функциялық топтар болуы мүмкін.



Табиғатта кездесетін барлық амин қышқылдарға тән жалпы қасиет амфотерлік, яғни әрбір амин қышқылының құрамында, кем дегенде, бір қышқылдық бір негіздік топтарының болуымен сипатталады.

Жалпы формулада көрсетілгендей, амин қышқылдары бір-бірінен *R*-радикалының химиялық табиғатымен ерекшеленеді. Барлық  $\alpha$ -амин және  $\alpha$ -карбоксил топтары белок молекуласындағы пептидті тізбек түзуге қатысады. Осы кезде олар өздерінің қышқылдық, негіздік қасиеттерін жоғалтады.

Сондықтан да белок молекулаларының құрылымының түрлі ерекшеліктері мен қызметі оның химиялық табиғатына, амин қышқыл радикалдарының физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты. Осыған байланысты белоктар бірқатар өзіне негізделген ерекшеліктерімен және басқа биополимерлерге тән емес химиялық даралығымен ерекшеленеді. Амин қышқылдары радикалдарының химиялық құрылысына байланысты жіктеледі. Амин қышқылдарын ароматты және алифатты деп бөледі, сонымен қатар күкірт және гидроксил топтары бар амин қышқылдары деп те бөледі. Көбіне бөліну амин қышқылының зарядының табиғатына негізделген. Егер радикал нейтрал болса, онда олар нейтрал амин қышқылы деп аталады. Көбіне мұндай қышқылдарда бір амин, бір карбоксил тобы болады. Егер амин қышқылының құрамында амин немесе карбоксил топтары бірден көп болса, онда олар сол қасиетке сәйкес қышқылды немесе негізді деп аталады. Амин қышқылдарының қазіргі рационалды бөлінуі радикал полярлығына негізделген, яғни олардың сумен әрекеттесу қабілетіне байланысты.

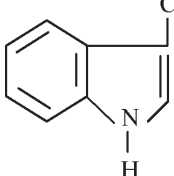
Протеиногенді амин қышқылдарын радикалдарының қалдығына байланысты төрт топқа бөледі.

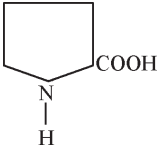
- 1) полярсыз – гидрофобты – метил тобы, фенол қалдығы
- 2) полярлы – гидрофильді – зарядталмаған: гидроксил – OH, карбоксил – COOH, амин тобы – NH<sub>2</sub>, имин тобы = NH, амид – CO – NH<sub>2</sub>, тиол тобы – SH



## Амин қышқылдарының жіктелуі

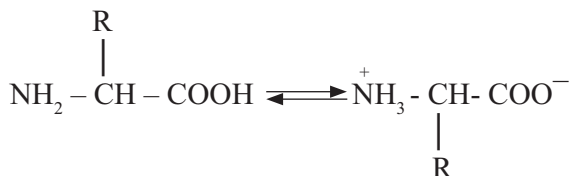
4-кесте

№	атауы		Амин қышқылдарының формуласы
	Толық атауы	Қысқартылған атауы	
<b>I. Полярсыз радикалды амин қышқылдары немесе полярсыз (гидрофобты) амин қышқылдары.</b>			
1	Глицин	Гли	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
2	Аланин	Ала	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
3	Валин	Вал	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
4	Лейцин	Лей	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
5	Изолейцин	Иле	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$
6	Метионин	Мет	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$
7	Триптофан	Три	$\begin{array}{c} \text{NH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{Indole ring} \\   \\ \text{H} \end{array}$ 

8	Фенилаланин	Фен	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
9	Пролин	про	
<b>II. Зарядталмаған полярлы-радикалды амин қышқылдары немесе полярлы (гидрофильді) зарядталмаған амин қышқылдары.</b>			
10	Серин	Сер	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
11	Треонин	тре	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
12	Тирозин	Тир	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$
13	Цистеин	Цис	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{SH} \end{array}$
14	Аспарагин	Асп	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CO}-\text{NH}_2 \end{array}$

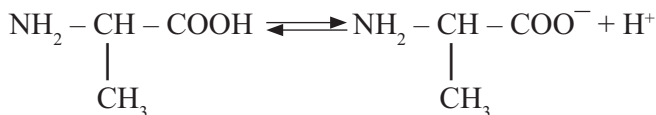
15	Глутамин	Глн	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ (\text{CH}_2)_2 \\   \\ \text{CO}-\text{NH}_2 \end{array}$
<b>III. Теріс зарядталған полярлы радикалды амин қышқылдары немесе теріс зарядталған (қышқылды) амин қышқылдары.</b>			
16	Аспарагин қышқылы	Асп	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$
17	Глутамин қышқылы	Глу	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
<b>IV. Оң зарядталған полярлы радикалды амин қышқылдар немесе оң зарядталған (негізді) амин қышқылдары.</b>			
18	Лизин	Лиз	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ (\text{CH}_2)_4 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
19	Аргинин	Арг	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ (\text{CH}_2)_3 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{C}=\text{NH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
20	Гистидин	Гис	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{HN} \quad \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \quad \text{HN} \end{array}$

Амин қышқылдарының қышқылды-негізді қасиеттері белоктардың көптеген физикалық, химиялық және биологиялық қасиеттерін анықтайды. Амин қышқылдарын бөлу және идентификациялау осы қасиеттерге негізделген. Амин қышқылдары суда тез ериді. Олар судың нейтрал ерітінділерінде, биполярлы ион формасында кристалданады. Барлық амин қышқылдары ортаға байланысты қышқылдық та, негіздік те қасиет көрсетеді.

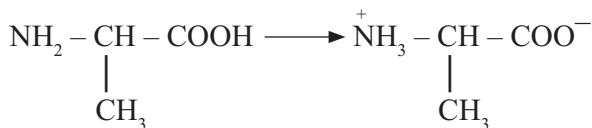


Екіжақты қасиет көрсетуіне байланысты амин қышқылдары амфотерлі қосылыстар немесе амфолиттер деп аталады.

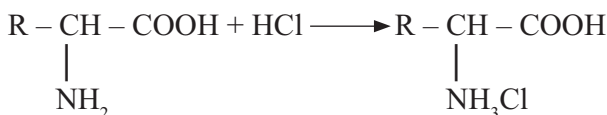
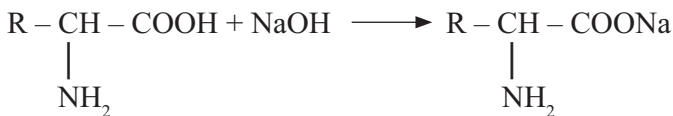
Кристалды амин қышқылын еріткенде, мысалы: аланинді суда еріткенде ол қышқыл тәрізді (протон беруші донор)



немесе негіз сияқты (протон қосып алушы) қасиеттер көрсетеді:



Амин қышқылдарының амфотерлік ерекшелігі болғандықтан, олар күшті негіздермен де, күшті қышқылдармен де әрекеттесіп тұз түзеді:



pH белгілі мәнінде амин қышқылы молекуласының электрлік заряды нөлге тең және ол анодқа не катодқа жылжымайды. pH-тың мұндай мәні изоэлектрлік нүкте деген ат алды.

Белоктың амин қышқылды құрамы XX ғасырдың 30-шы жылдарында ғана анықталды.

1871 жылы Н. Н. Любавин (орыс оқымыстысы) өзінің зерттеулерінде ас қорыту сөлі ферментінің әсерінен белоктардың амин қышқылына дейін ыдырайтынын анықтады. Осы жасалған тәжірибелер белок құрамын анықтауда басты рөл атқарды. Осыдан кейін А. Данилевский мен Э. Фишер амин қышқылдарының бір-бірімен пептидті байланысып, тізбектесіп тұратынын айтты.

Осы зерттеулерден маңызды екі тұжырым жасалған: біріншіден - белок құрамына амин қышқылдары кіреді, ал екіншіден – гидролиз әдісімен белоктардың химиялық және амин қышқылды құрамын зерттеуге болады.

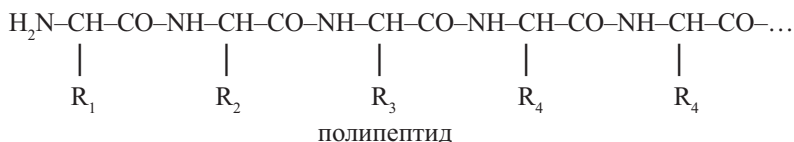
Таза белокты гидролиздегенде, оның ешқандай қоспасы болмаса, 20 түрлі  $\alpha$ -амин қышқылдары бөлініп шығады. Көптеген өсімдіктер, микроағзалар, жануарлар ұлпасындағы амин қышқылдары табиғатта еркін түрде және қысқа пептид түрінде немесе басқа органикалық заттармен қосылыс түрінде кездеседі.

## 2.5. Пептидтер

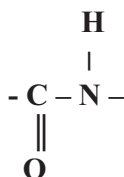
Амин қышқылдарының маңызды қасиеті олардың бір-бірімен әрекеттесіп пептидті байланыс түзуі.



Пептидтер дегеніміз - полимерлі қосылыстар, құрылым бірлігі ретінде амин қышқылдарының қалдықтары болады.



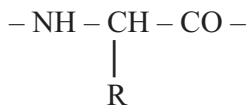
Бұлардың бүйір радикалдары әртүрлі, ал пептидтік байланыс универсалды. Екі амин қышқылы қосылатын болса, онда дипептид түзіледі, үш амин қышқылы қосылатын болса – трипептид түзіледі. Осылайша көптеген амин қышқылдары қосылуынан полипептид пайда болады. Амин қышқылдары қалдықтарының арасында байланыс түзіледі, бұл пептидтік байланыс деп аталады.



Табиғи белок полипептид болып саналады, ол бірнеше жүздеген амин қышқылдары буындарынан тұрады. Полипептидтер кейбір қасиеттері бойынша белоктарға жақындайды, бірақ белоктардың қасиетін толық қайталамайды, мысалы, полипептидтер шөгіп тұнбаға түспейді және денатурация құбылысына ұшырамайды, себебі полипептидтерде кеңістік құрылым болмайды.

Пептидті байланысты түзуге тек  $\alpha$ -амино- және  $\alpha$ -карбоксилді топтар қатысады. Пептидтер тармақталмаған.

Полипептидтің қаңқасы (хребеті) үнемі қайталанып отыратын құрылымдық элементтерден тұрады.

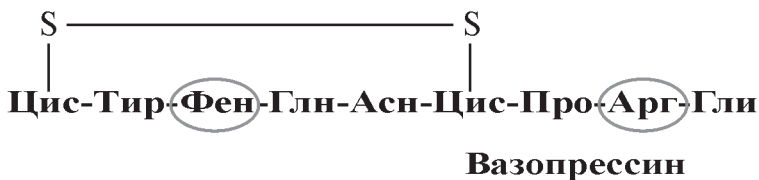


Пептидті тізбекте ретпен орналасқан N - шеті мен C - шетіне байланысты пептидтер векторлы болып келеді. N-шетінде бос амин тобы, ал, C-шетінде бос карбоксил тобы орналасқан. Тізбек N – шетінен → C – шетіне қарай бағытталған.

Басқа органикалық қосылыстар тәрізді пептидтер химиялық реакцияларға түсе алады, бұл олардың құрамындағы бос амин және карбоксил топтарына ғана емес, сонымен қатар бүйірлік (радикал) топтарына да байланысты. Осы реакциялардың ішінен ерекше екі реакцияны айтуға болады. Бірінші: пептидтерді қышқылдармен немесе сілтілермен ыдырату нәтижесінде бос амин қышқылдарын бөліп алуға болады.

Екінші: пептидтердің динитрофтор-бензолмен реакцияға түсуі - маңызды реакция. Бұл қосылыс пептидтердің бос *α*-аминтобымен байланысып динитрофенилпептид түзеді. Осы реакция белоктар мен пептидтердің құрамындағы амин қышқылдарының реттеліп орналасуын N-шетінен бастап анықтауға пайдаланылады.

Белоктардың қасиеті мен қызметі олардың құрылымы мен амин қышқылдарының орналасу ретіне тәуелді, амин қышқылдық құрамы өзгерген жағдайда белоктың қасиеті де, қызметі де өзгеруі мүмкін. Мысалы, гипофиз гормондары – окситоцин мен вазопрессин наонапептидтер болады, олардың айырмашылығы 3 және 8 орындағы екі амин қышқылдарының өзгеруінде.



Демек құрылымдары ұқсас болған пептидтердің бұл айырмашылықтары қызметтерінің өзгеруіне әсерін тигізді.

Тірі ағзада бос күйінде пептидтер кездеседі, олардың көпшілігі биологиялық активті. Мысалы, гормондардың кейбіреулері химиялық табиғаты жағынан пептидтер. Ал гормондар ішкі секреция бездерінің маманданған жасушаларынан бөлініп, қан арқылы басқа мүшелер мен ұлпаларға тасымалданып, олардың өздеріне тән атқаратын қызметін тәртіпке келтіреді. Кейбір улы

заттар да пептидтерге жатады, саңырауқұлақтардағы аминтин деген улы зат, сонымен қатар көптеген антибиотиктер де пептидтер болып табылады.

## 2.6. Белок молекуласының құрылысы

Полипептидтік теорияға сәйкес белок молекуласы құрамында ондаған, жүздеген амин қышқылдарының қалдықтары бар үлкен полипептид. Мысалы, клупеин деген белок молекуласының құрамында - 30, лизоцимде - 129, миоглобинде - 155, трипсиногенде - 234 т.б. амин қышқылдарының қалдықтары бар.

Белок молекуласындағы амин қышқылдары бір-бірімен пептидтік байланыспен қосылған. Ол байланыс: бір амин қышқылының амин тобымен екінші амин қышқылының карбоксил тобы байланысып, су молекуласын бөліп шығару арқылы түзіледі.



Реакция нәтижесінде аланил-аспарагин дипептиді түзіледі. Пептидтердің аталуы бір-бірімен байланысқан амин қышқылдарының атауымен аталады. Әдетте карбоксил тобымен реакцияға түскен амин қышқылының атына -ил жалғауы қосылады да, амин тобымен реакцияласқан амин қышқылының өз аты сақталады.

Белок молекуласының осындай құрылысына мынадай дәлелдер бар:

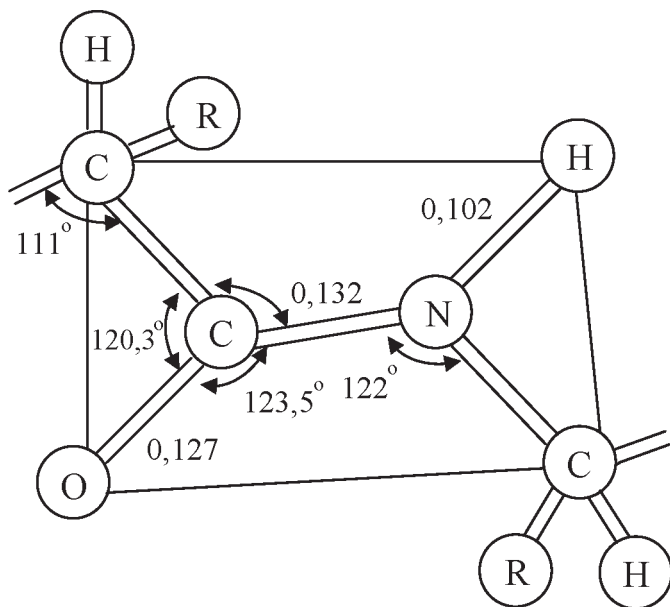
1. Табиғи белоктардағы бос карбоксил тобы мен амин топтарының саны көп емес, өйткені олар полипептидтік байланыстарды түзуге жұмсалған.



2. Барлық белоктар биурет реактивінің әсерінен көк-күлгін түске боялады, бұл олардың құрамындағы пептидтік байланыстарға негізделген реакция.

3. Қарапайым белок – инсулиннің полипептидтік табиғатын лабораториялық жолмен синтездей отырып дәлелдеген.

4. Белок құрылысына рентгенструктуралық талдау жасай отырып, сол белокқа тән амин қышқылы қалдықтарының полипептидтік тізбек бойында тізбектеліп орналасып жатқанын байқауға болады. Полипептидтік тізбек белоктың құрылымдық негізі болғандықтан, құрылысы жан-жақты зерттелген. Полипептидтік тізбектің негізін құрайтын - CO – NH – фрагменттегі атомдар арасындағы қашықтықтар. Сонымен қатар осы фрагменттердегі көміртегі, оттегі, азот және сутегі атомдары арасындағы бұрыштар анықталған, ол төменгі суретте көрсетілген:



**3-сурет.** Пептидтік байланыстағы атомдар аралық қашықтықтар (нм) және бұрыштар

Полипептидті тізбектің құрылысының ерекшелігі: - CO – NH – тобындағы көміртегі мен азот атомдары шамамен бір

жазықтықта орналасқан, ал сутегі атомы мен радикал осы жазықтыққа  $109,28^\circ$  бұрышпен бағытталған. Сонымен, көршілес амин қышқыл қалдығындағы сутегі атомы мен радикалдың орналасуы қарама-қарсы. Полипептидтік тізбек құрылысындағы екінші бір ерекшелік – CO – NH – байланысының өзгешелігінде. Бұл топтағы көміртегі мен азот арасындағы байланыс өзінің арақашықтығы жағынан қос байланысқа жақын 0,132 нм (қос байланыс C = N 0,127 нм, дара байланыс – C – N - 0,149 нм). Міне осы жағдай белоктар мен полипептидтердің қасиетіне әсер етеді.

Полипептидтік тізбектің тағы бір ерекше қасиеті біртектес – CO – NH – фрагменттерден тұратын тізбек өзінің химиялық табиғаты жағынан әртектес бүйірлік топтармен қоршалған. Бүйірлік топтар R–радикалдар функционалдық жағынан алуан түрлі. Олардың көпшілігінің құрамында бос амин немесе карбоксил топтары, гидроксилді, фенолды, амидті тағы да басқа функционалды топтары бар. Белоктың көптеген қасиеттері, әсіресе, олардың кеңістікте орналасуы осы радикалдармен анықталады. Сонымен қатар, басқа факторлармен бірге белоктың функционалды активтілігіне әсер етеді.

Сонымен, амин қышқыл қалдықтары бір-бірімен пептидтік байланыс арқылы байланыса отырып, пептидтер, не белоктар түзеді. Әдетте, пептидтер құрамында 20-ға дейін амин қышқыл қалдықтары болса, онда оларды олигопептидтер деп, ал құрамында амин қышқылдары 50-ге дейін болса, онда олар полипептидтер, ал 50-ден астам амин қышқылы бар және молекулалық массасы 6 мыңнан жоғары болса, ондай полипептидтерді белоктарға жатқызады. Молекулалық массасы ең төмен белок - инсулин гормоны 51 амин қышқылдарының қалдықтарынан тұрады.

## 2.7. Белок молекуласының құрылымдары

Белок молекуласының төрт деңгейлі құрылымы жөніндегі түсінікті ең бірінші ұсынған Ландерстром-Ланг. Белок молекуласының құрылымы басқа биополимерлерге қарағанда әлдеқайда күрделі. Сонымен, белок молекуласының төрт деңгейдегі құрылымдық ұйымдасуы болады. Олар: бірінші, екінші, үшінші, төртінші деңгейдегі құрылымдар.

*Белоктың бірінші деңгейдегі құрылымы.* Белок молекуласының бірінші деңгейдегі құрылымы полипептидтік тізбектегі амин қышқылдарының реттеліп орналасуы. Бірінші деңгейдегі құрылымға тән пептидтік байланыс ұзындығы 0,132 нм, бұл –C–N- байланысынан (0,149 нм) кіші, C = N қос байланысынан ұзын (0,127 нм) (3-сурет). Кейбір ғалымдар пептидтік байланысты ішінара қос байланыс, ішінара дара байланыс деген пікір айтуда. Л. Полинг пен Р. Кори рентген құрылымдық анализ әдісімен пептидтік байланыс бұрышын анықтап, полипептидтік тізбек бір жазықтықта орналасқанын дәлелдеді. Дара байланыстардың бұралу бұрыштары торсионды болып келеді де, N-C<sub>α</sub> бұрышы φ, ал C-C<sub>α</sub> бұрышы – ψ деп белгіленеді. Әр амин қышқылының өзіне тән бұралу бұрышы болады, бұл белоктардың екінші құрылымын сипаттайды. Пептидтік тізбектегі орынбасушы топтар пептидтік байланысқа цис- немесе транс- жағдайында ие болуы мүмкін және транс- жағдайдағы пептидтік байланыс мықтырақ келеді, бұл табиғи белоктарда (полипептидтерде) көп таралған, ал цис-пептидтік байланыстар сиректеу кездеседі және көбінесе оны пролин қалдықтары түзеді.

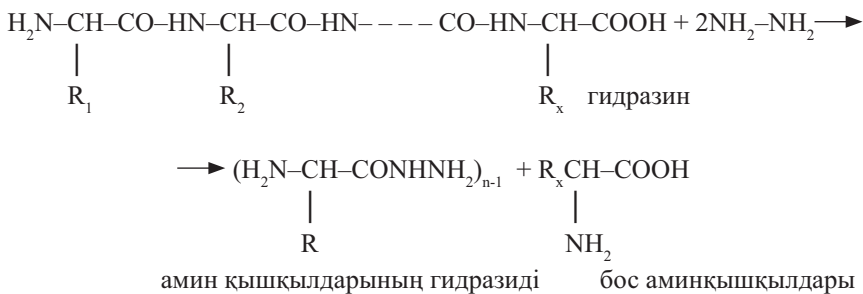
Соңғы жылдары белоктар биохимиясының дамуының арқасында белоктардың бірінші құрылымы туралы мәліметтер жинақталуда, қазіргі кезде 14-тен астам белоктардың бірінші құрылымы белгілі болды.

Белок молекуласында бір немесе бірнеше тізбек болуы мүмкін, мысалы рибонуклеазада 1 тізбек, инсулинде – 2, гемоглобинде – 4, т.б.

Полипептидтік тізбектің екі соңы бар. Бос NH<sub>2</sub>-тобы бар соңын N - шеті деп, ал бос COOH тобы бар соңын C - шеті деп белгілейді. Әдетте тізбектің басын N шетінен бастайды. Ең бірінші өткен ғасырдың 50-ші жылдарында инсулин гормонының бірінші деңгейдегі құрылымын анықтаған ағылшын биохимигі Ф. Сенгер болды. Ол белокты 1-фтор-2,4-динитробензолмен (ДНФБ) өңдеген, бұл реагент белоктың бос NH<sub>2</sub> тобымен байланысып, сары түсті полипептидтік 2,4 - динитро-фенилді туындысын түзеді. Осы қосылысты қышқылмен өңдегенде оның құрамындағы барлық пептидтік байланыстар үзіледі, бірақ ДНФБ-мен N-шеткі амин қышқылының арасындағы коваленттік байла-



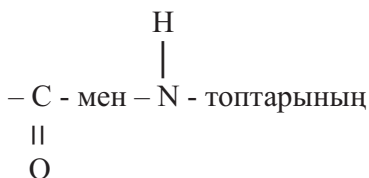
бөлініп шыққан әрбір амин қышқылдары гидразинмен байланыса отырып, амин қышқылдарының гидразидін түзеді. Тек ең соңғы С-шеткі амин қышқылы бос күйінде бөлінеді. Оны жоғарыда айтылғандай хроматографиялық әдіспен анықтайды.



С-соңғы амин қышқылын карбоксипептидаза ферментімен әсер етіп бөліп алуға да болады. Бұл фермент белок құрамындағы пептидтік байланысты тек бос COOH - тобы бар жағынан үзеді. Полипепидтен бөлінген С-шеткі амин қышқылын хроматографиялық әдісті қолдана отырып, анықтауға болады. Белоктағы амин қышқылдарының орналасу тәртібін (бірінші деңгейдегі құрылымын) толық анықтау үшін алдымен ұзын полипептидтік тізбекті - белок молекуласын кішірек фрагменттерге бөлшектейді. Ол үшін белокты әртүрлі ферменттердің әсерімен немесе химиялық әдіспен қысқа пептидтерге ыдыратады да, солардағы амин қышқылдарының орналасу тәртібін жоғарыда келтірілген әдістерді қолдана отырып анықтайды.

*Белок молекуласының екінші деңгейдегі құрылымы.* Белок молекуласының екінші деңгейдегі құрылымы сутектік байланыспен бекітіледі. Белок молекуласындағы полипептидтік тізбек ұзыннан-ұзақ созылып жатқан түзу тізбек емес. Осындай тұжырымға ғалымдар белоктың рентгенограммасын қарастыра отырып келген. Осы бағытта біраз зерттеулер жүргізген америка ғалымдары Л. Полинг пен Р. Кори. Олардың алға қойған мақсаты белоктағы полипептидтік тізбектің конформациясын, яғни кеңістікте орналасуын зерттеу болды. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, әрбір молекуланың үш өлшемді құрылымының барын айқындады, әсіресе, маңыздысы пептидтік байланыстың

құрылымын анықтау болды. Оның ерекшеліктеріне сүйене отырып, полипептидтік тізбектің шиыршықталып (спиральденіп) жинақталатынын көрсетті. Сөйтіп екінші деңгейдегі құрылымда полипептидтік тізбек қайталанып отыратын оң *a*-спираль, *b*-құрылым, *b*-иіліс түрінде болатыны анықталды. Амин қышқылдар оң *a*-спираль түзеді. Осындай құрылым (*a*-спираль, *b*-құрылым) пептидтік байланыстағы



арасында түзілетін сутектік байланыс арқылы жүзеге асады.



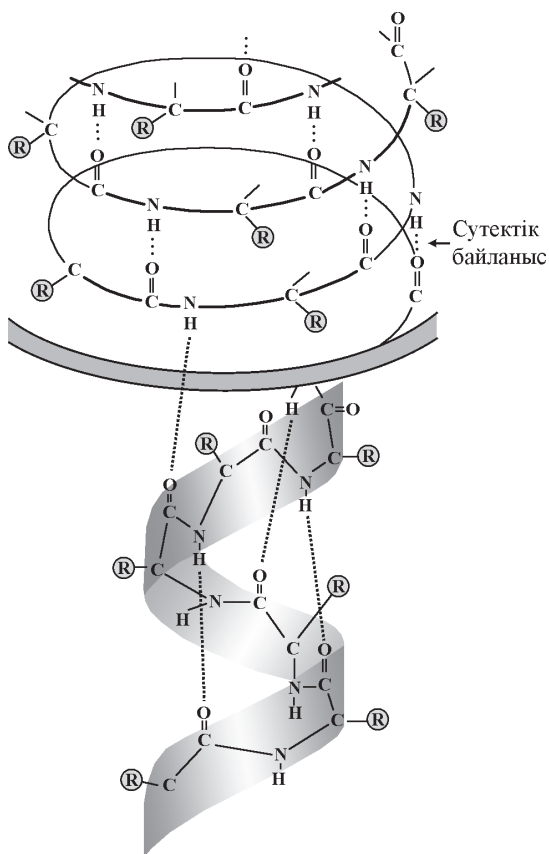
Әрбір карбонил топ тізбектің бойында орналасқан төртінші NH— тобымен сутектік байланыс түзеді. Әрбір *a*-спиральдің бір айналымында 3,6 амин қышқылдарының қалдығы болады, спиральдің әр қадамы 0,54 нм. *β*-құрылымды да спираль деп қарастыруға болады, бірақ олар созылған спираль түрінде болады. Полипептидтік тізбектің қатпарланған бөлшектері (құрылым) антипараллельді және параллельді болуы мүмкін. Егер қатпарланған тізбек кейін бұрылып, өзіне-өзі параллель бағытталса, онда антипараллельді *b* – құрылым түзіледі (4, 5-суреттер).

Полипептидтік тізбек бұрылған жерінде *b*-иіліс пайда болады. *b*-иіліс жүйелі, бір сутектік байланыспен бекітіледі, бір ізділік пен орналасқан төрт амин қышқылдары кіреді. Параллельді *β*-құрылым жинақталған кезде полипептидтік тізбектің кесінділері бір бағытта орналасады.

Қатпарланған қабаттар (*b*-құрылым) бір полипептидтік тізбек бойында ғана емес, сонымен қатар, молекулада бір-біріне жақын жатқан полипептидтік тізбектер тобының арасында да болады.

Белок молекуласының спиральдену (шиыршықтану) деңгейі белоктардың түріне байланысты. Айталық, параамиозин деген белоктың спиральденуі 100% болса, гемоглобинде 75%, химотрипсиногенде небәрі 11% деп қарастыруға болады.  $\beta$ -құрылымда полипептидтік тізбек формасы созылған, зигзаг тәрізді болып келеді. Амин қышқылдар арасындағы қашықтық 0,35 нм, бұл  $\alpha$ -спиральдегі қашықтықтан  $\sim 3$  есе үлкен. Амин қышқыл қалдығы бір  $b$ -құрылым бойында екіге тең.

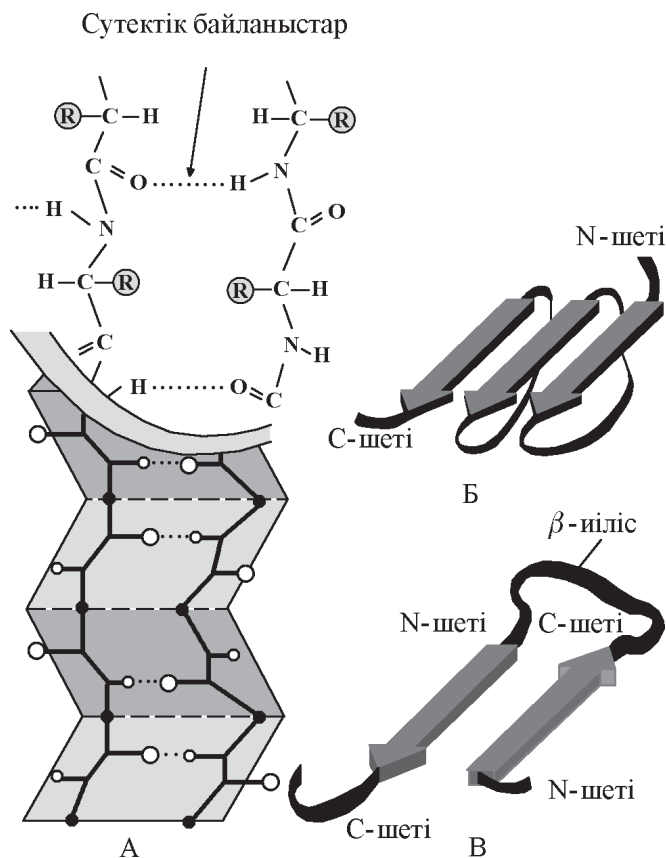
Белок молекуласындағы  $\alpha$ -спиральдің болуы әр белокта әртүрлі және әр белок макромолекуласына жеке ерекшелік береді. Мысалы, миоглобинде құрылымының негізін құрастыратын  $\alpha$ -спираль болса, химотрипсин молекуласы  $\alpha$ -спиральденбеген.



4-сурет. Белок молекуласының II реттік құрылымы,  $\alpha$ -спираль

Орта есеппен глобулярлы белоктардың  $\alpha$ -спиральденуі 60-70% құрайды. Тізбек ішінде кездесетін  $\alpha$ -спиральдену амин қышқылдарының табиғатына тәуелді. Мысалы, глутамин қышқылы молекулалары теріс зарядталған, бір-біріне жақындағанда тебініп, сутектік байланыс түзбейді, сол себепті  $\alpha$ -спираль болмайды.

Осындай себеппен оң зарядталған лизин мен аргинин молекулалары араларында да  $\alpha$ -спираль болмайды,  $\alpha$ -спиральдің түзілуіне пролин амин қышқылы кедергі келтіреді, себебі ол полипептидтік тізбек ішінде сутектік байланыс түзбейді (пролинде азот атомы сақина түзуге қатысады), сондықтан  $\alpha$ -спиральдік құрылым бұзылады да,  $\beta$ -құрылым пайда болады.



5-сурет. Белок молекуласының II реттік құрылымы



А.  $\beta$ -құрылым

Б. паралельді жинақталған түрі

В. антипаралельді жинақталған түрі

*Белоктардың үшінші реттік құрылымы.* Белоктың үшінші реттік құрылымы деп полипептидті тізбектің белгілі бір көлемде кеңістікте орналасуын айтамыз. Үшінші реттік құрылымның пішініне қарай, белоктарды глобулярлы және фибрилярлы түрлерге бөледі.

Белок молекуласы пішініндегі иіліп бұралу, қат-қабат қатпарлар, қисық бұрылыстар негізінен төмендегідей әрекеттесуге байланысты:

1. Амин қышқылдары қалдықтары арасындағы сутектік байланыс.

2. Қарама-қарсы зарядтары бар бүйірлік топтардың өзара әрекеттесуінің электростатикалық күштері (лизин мен аргинин т.б.)

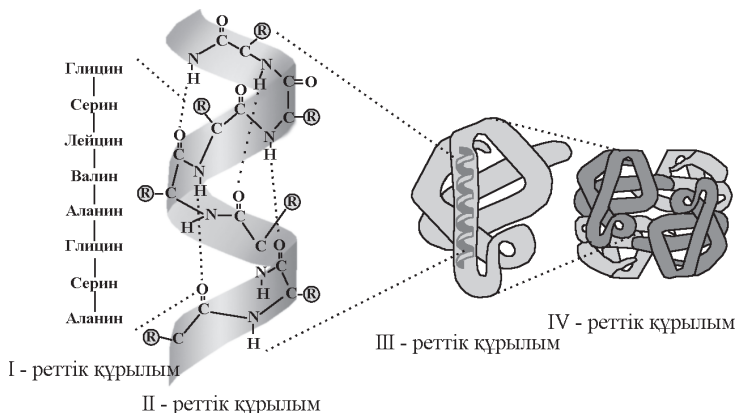
3. Амин қышқылдарындағы полярсыз радикалдар арасындағы гидрофобтық әрекеттесу. Белоктарда болатын амин қышқылдарының бүйірлі радикалдары судың әсерінен гидрофобтық ядро түзіп, глобулярлы молекуланың ортасына орналасады, ал гидрофильдік радикалдар глобулярлы молекуланың сыртқы бетінде орналасады. Гидрофильдік радикалдардың сумен сутектік байланыстар түзуі гидраттық қабат береді. Гидрофобты ілінісу күші әлсіз байланыс, бірақ бірнеше рет қайталанып келетіндіктен, барлығы қосылғанда едәуір әрекеттесу қуатын береді.

4. Белок молекуласындағы металл иондарының және амин қышқылдарындағы бүйірлік топтардың өзара әрекеттесуі (мысалы, цистеин молекулалары арасындағы – S – S – дисульфидтік байланыстар).

Қорытындылап айтқанда, әрбір белоктың үшінші реттік құрылымының ерекшелігі полипептидтік тізбектің құрамына кіретін амин қышқылдарының орналасу ретіне (бірінші реттік құрылымына) және амин қышқылдарының сандық мөлшеріне тәуелді.

Белок молекуласының үш өлшемді құрылымы өз кезегінде жана типті хабарды біріктіреді. Академик В. А. Энгельгард бұны интрамолекулярлы (хабар) деп атаған болатын. Белок-

тардың барлық биологиялық қасиеттері (каталиттік, гормондық, антигендік және т.б.) төменде көрсетілгендей, олардың үшінші реттік құрылымының тұрақтылығына байланысты, оны белоктың нативті конформациясы деп те атаймыз. Молекула конформациясының бұзылуына әкелетін кез келген әсер (термиялық, физикалық, химиялық) белоктың биологиялық қасиетін аздап немесе толығымен жоюына әкеліп соғады (6-сурет).



**6-сурет.** Белок молекуласының құрылымдық деңгейлері.

*Белок молекуласының төртінші деңгейдегі құрылымы.* Төртінші деңгейдегі құрылым олигомерлі белоктарда болады. Мұндай белоктар екі немесе одан да көп полипептидтік тізбектерден тұрады. Құрамына кіретін полипептидтік тізбектер бірдей немесе әртүрлі болуы мүмкін. Жеке полипептидтік тізбектерді суббөліктер деп атайды. Суббөліктер (протомерлер) бірінші, екінші, үшінші деңгейдегі құрылымдармен сипатталады. Енді олардың бір-бірімен байланысып, жинақталып оралуы сол белоктың табиғи кеңістіктегі конформациясын, төртінші деңгейдегі құрылымын түзеді. Олигомерлі белоктардың молекулалық салмағы бір полипептидтік тізбекті белоктарға қарағанда әлдеқайда жоғары және олар күрделі қызмет атқарады (6-сурет). Төртінші деңгейдегі құрылымы бар олигомерлі белоктардың молекулалық салмағы 50000-нан астам болу керек. Өте танымал олигомерлі белок - гемоглобин. Оның белоктық бөлігі екі бірдей  $\alpha$ -және екі бірдей  $\beta$ -тізбегінен тұрады.

Жеке суббөліктердің бір-бірімен түйісіп байланысуында олардың құрамындағы белгілі амин қышқыл қалдықтарының радикал топтарының арасындағы байланыстардың маңызы зор болады. Олар сутектік, электростатикалық, гидрофобтық т.б. әрекеттесулер. Көптеген ферменттер, күрделі белоктар төртінші деңгейдегі құрылыммен сипатталады.

## 2.8. Белоктарды топтастыру

Белок молекуласы пішіні жағынан екі топқа бөлінеді: глобулярлы (шар немесе эллипс тәрізді); фибрилярлы (талшық тәрізді) белоктар (1-сурет). Глобула, яғни шар тәрізді белоктарда бір немесе бірнеше полипептидтік тізбектер жасуша ішіндегі кеңістікте тығыз құндақталып, жиырылып шар тәрізді құрылым береді. Олар суда ериді. Бұларға көптеген белоктар, солардың ішінде ферменттер жатады. Талшық тәрізді белоктар суда ерімейді, молекуласы ұзын жіп тәрізді, полипептидтік тізбек бір осьтің бойында созылып орналасқан. Көпшілік талшық тәрізді белоктар құрылымдық және қорғаныштық қызмет атқарады. Олардың нағыз өкілдері - шаштағы, жүндегі  $\alpha$ -кератин, жібектегі фибрион және сіңірдегі коллаген. Осындай белоктар қатарына бұлшық еттің жиырылып-созылу жүйесін қамтамасыз ететін актин, миозин т.б. жатады.

Осы екі топқа жататын белоктардың бір-бірінен айырмашылығы олардың құрамындағы амин қышқылдарына байланысты. Талшықты белоктардың құрамында гидрофобты амин қышқылдары басым (фенилаланин, изолейцин, валин, метионин, тирозин, триптофан) және олардың радикалдары бір-бірімен оралып жатқан тығыз тізбектің сырт жағынан орналасқан, олардың суда ерімейтіні негізінен осыған байланысты. Глобулярлы, шар тәрізді белоктарда да радикалы гидрофобты амин қышқылдары көп болуы мүмкін, бірақ олардың полипептидті тізбегі қомақталып жинақталған кезде олар глобуланың ішкі жағында орналасады да, сумен жақындаспайды.

Химиялық табиғатына қарай, жоғарыда айтылғандай, белоктар жай қарапайым-протеиндер және күрделі-протеидтер болып екіге бөлінеді.

Қарапайым белоктар тек амин қышқылы қалдықтарынан

тұрады, ал күрделі белоктардың құрамында белоктың бөлігінен басқа жанама, табиғаты белок емес бөлігі болады.

Осы екі топ өзара топшаларға, яғни шағын топтарға бөлінеді. Протеиндерді әртүрлі ерітінділердегі ерігіштігіне байланысты топтарға бөледі.

Альбуминдер – бейтарап тұздармен, мысалы, аммоний сульфатымен немесе натрий сульфатымен толық қанықтырылған кезде тұнбаға түседі. Протеиндердің өкілдері суда еритін альбуминдер, табиғатта кеңінен тараған белок. Әсіресе, адамның қан плазмасының құрамында көп, оның үлесіне плазмадағы жалпы белок мөлшеріне шаққанда 50% тиеді. Альбумин молекуласы теріс зарядталған. Құрамында глутамин қышқылы болғандықтан, оның қышқылдық қасиеті бар. Екінші бір кең тараған өкілі - глобулин. Глобулиндер көптеген өсімдіктердің дәніндегі белоктың негізін құрайды, әсіресе, бұршақ тұқымдас, майлы өсімдіктердің дәнінде көп болады. Глобулин сәл қышқылдық қасиеті бар немесе бейтарап белоктарға жатады.  $pH = 6-7,3$ . Глобулин қанда көп кездеседі.

60-80%-дық этил спиртінің ерітіндісінде еритін қарапайым белок - проламиндер. Бұлар тек қана астық тұқымдас өсімдіктердің дәнінде кездеседі, онда олар қор ретінде жиналады. Бидай мен қара бидай дәнінде – глиадин деген белок, ал арпа дәнінде – гордеин, жүгеріде – зеин деген спиртте еритін белоктар мөлшері өте көп болады. Бұл белоктар тобында ауыстырылмайтын амин қышқылдары тапшы.

Сілті ерітіндісінде (0,2-2% NaOH) еритін белоктар – глютелиндер. Бұларда өсімдіктерде тараған. Бидай дәнінде болатын осы топшаға жататын глютелин, ал жүгеріде – оризенин деген белоктар болады.

Протаминдер – ең шағын молекулалы белоктар, м.м. - 12000 шамасындай, күшті негіздік қасиеті бар, құрамында аргинин қалдығы көп, гистондар сияқты ДНҚ-мен байланысты. Ол спермада (еректің ұрығында) болады және реттеушілік емес, тек құрылымдық қызмет атқарады.

Сілтілік қасиет көрсететін белоктар - гистондар. Олар әлсіз қышқылдарда (0,2 немесе HCl) ериді, аммиак пен спирт әсерінен тұнбаға түседі.

Негізінен бұл белоктар жануарлар мен өсімдіктер жасушаларының ядроларында кездеседі және хроматин құрылымында маңызды рөл атқарады. ДНҚ-ның кеңістіктік құрылымын тұрақтандыруға қатысады және генетикалық мәліметтің ДНҚ-дан РНҚ-ға берілуіне жан-жақты тосқауыл қояды.

Күрделі белоктар құрамындағы жанама тобының табиғатына қарай бірнеше топшаларға бөлінеді. Олар: липопротеидтер, фосфопротеидтер, гликопротеидтер, хромопротеидтер, нуклеопротеидтер, металлопротеидтер.

Липопротеидтер табиғатта көп тараған, барлық тірі ағзаларда кездеседі. Олар барлық жасуша мембраналарының ең басты құрамы болып есептеледі. Липопротеидтер бос күйінде қан плазмасында және лимфада кездеседі және ол липидтерді, кейбір гормондарды бір орнынан екінші орынға ауыстырып апара алады. Электрофорездік қозғалғыштығы бойынша  $\alpha$ -липопротеидтерге және  $\beta$ -липопротеидтерге бөлінеді. Фосфопротеидтер құрамында ортофосфор қышқылы бар, олардың ағзаның қоректенуінде маңызы зор. Сүт құрамындағы – казеин, жұмыртқа сарысындағы – виттелин, балық уылдырығындағы – ихтулин осы фосфопротеидтерге жатады. Гликопротеидтер құрамының белок емес бөлігі – көмірсулар.

Гликопротеидтер жануарларда, өсімдіктерде, микроағзаларда кездеседі және олар әртүрлі қызметтер - каталитикалық, тасымалдаушы т.б. атқарады.

Хромопротеидтер – боялған күрделі белоктар, олардың құрамында бояулы заттар болады. Нағыз өкілдері: родопсин, гемоглобин, миоглобин, пероксидаза, каталаза, флавиндік ферменттер және цитохром жүйесіне жататын ферменттер.

Нуклеопротеидтердегі жанама топ нуклеин қышқылдары. Нуклеопротеидтердің молекулалық массасы үлкен болып келеді. Дезоксинуклеопротеидтер жасушаның ядросында, митохондрияларында кездеседі, ал рибонуклеопротеидтерге – рибосомалар мен информосомаларды жатқызуға болады. Вирустарда да өзінің химиялық табиғаты жағынан – нуклеопротеидтер. Нуклеопротеидтердің белок биосинтезінде және тұқым қуалаушы информацияны сақтауда маңызы зор.

*Есепті шығарыңыз:*

1) ала – глю – гис трипептидінің суммарлық зарядын тауып, рН-тың қандай мәнінде пептид тұнбаға түсетінін есептеңіз:

А) рН = 7,0

Ә) рН < 7,0

Б) рН > 7,0

*Тест тапсырмалары*

1. Бейтарап амин қышқылы:

А) аргинин

Ә) лизин

Б) валин

В) гистидин

Г) серин

2. Изозлектрлік нүктеде белок қандай болады?

А) ерігіштігі өте нашар зат

Ә) иондану дәрежесі өте жоғары зат

Б) катион болады

В) анион болады

Г) зарядсыз

3. Төменде көрсетілген қосылыстар ішінде циклді амин қышқылына қайсысы жатады?

А) глицин

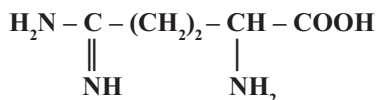
Ә) цистидин

Б) аргинин

В) пролин

Г) серин

4. Төменде келтірілген амин қышқылы:



қай топқа жатады?

А) гидрофобты молекула

Ә) оң зарядталған

Б) теріс зарядталған

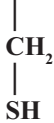
В) полярсыз молекула

Г) полярлы, бірақ зарядталмаған молекула

5. Құрамында күкірт атомдары бар амин қышқылдары қалай аталады?

- А) треонин
- Ә) тирозин
- Б) цистеин
- В) триптофан
- Г) метионин

6.  $\text{H}_2\text{N} - \text{CH} - \text{COOH}$  – амин қышқылының атауы:



- А) треонин
- Ә) тирозин
- Б) серин
- В) цистеин
- Г) глицин

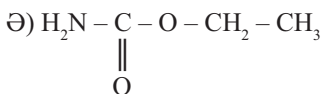
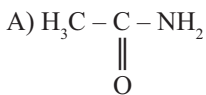
7. Белоктарды сипаттайтын қасиет:

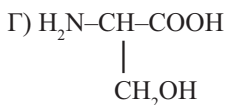
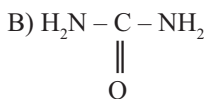
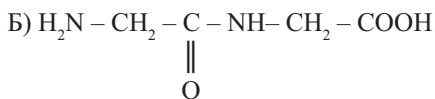
- А)  $100^\circ\text{C}$  дейін қыздырғанда табиғи қасиеттері сақталады
- Ә) амфотерлі қасиетті
- Б) суда жақсы ериді
- В) кристалдану қасиеті жоқ
- Г) тұнбаға түспейді

8. Белоктардың  $\alpha$  – спираліндегі сутектік байланыс:

- А) спираль өсінде перпендикуляр болады
- Ә) спираль өсіне параллель болады
- Б) сутектік байланыс ұштары үш амин қышқыл қалдығынан кейін қосылады
- В) сутектік байланыс ұштары төрт амин қышқыл қалдығынан кейін қосылады
- Г) солға айналған спиральдер арасындағы байланыс

9. Пептидтік байланысы бар қосылыс:





**10. Белоктардағы пептидтік байланыс:**

- А) бір байланыс
- Ә) қос байланыс
- Б) бір байланыс та, қос байланыс та болады
- В) параллельді спиральдер
- Г) антипараллельді спираль

**11. Белоктың екінші реттік құрылымын ашқан кім?**

- А) Д. Уотсон және Ф. Крик
- Ә) Э. Фишер
- Б) Л. Полинг
- В) Ф. Сэнгер
- Г) Д. Эдман

**12.  $\alpha$ -спиральдің түзілуіне кедергі жасайтын амин қышқылының қалдығы:**

- А) аланин
- Ә) серин
- Б) валин
- В) пролин
- Г) глутамин

**13. Табиғи белоктардың екінші реттік құрылымы қандай?**

- А) тек  $\alpha$ -спиральді
- Ә) тек  $\beta$ -құрылымды
- Б) аморфты аймақтар,  $\alpha$ -спиральді,  $\beta$ -құрылымды
- В)  $\alpha$ -спиральді,  $\beta$ -құрылымды аймақтар
- Г) антипараллельді спираль



**14.  $\beta$ -құрылым дегеніміз не?**

- А) қатты ширатылған спираль
- Ә) зигзагты құрылым
- Б)  $\alpha$  -спираль соңында кездеседі, 1 - 2 айналым жасайды
- В) спираль соңында 4-5 айналым жасайды
- Г) бос ширатылған спираль

**15. Белоктардың кеңістік құрылымын зерттеуде қазіргі кезде кең таралған әдіс:**

- А) инфрақызыл спектроскопия
- Ә) ядролық магнитті резонанс
- Б) рентген құрылымдық анализ
- В) электронды парамагнитті резонанс
- Г) таңбаланған атомдар әдісі

**16. Белоктардың бірінші реттік құрылымы:**

А) амин қышқылдарының өзара пептидтік байланыс арқылы қосылу тәсілі

- Ә) коваленттік байланыстар көмегімен пайда болады
- Б) полипептид тізбегінің спиралдену тәсілі
- В) белок және белок емес бөліктерінің байланысу тәсілдері
- Г) иондық байланыстар көмегімен пайда болады

**17. Белоктардың үшінші реттік құрылымын түзуге қатыспайтын байланыс түрі:**

- А) сутекті
- Ә) пептидті
- Б) дисульфидті
- В) гидрофобты әсер
- Г) электростатикалық тартылу күштер

**18. Белоктардың төртінші реттік құрылымының түзілуі:**

- А) генетикалық кодталған процесс
- Ә) протомерлердің әсерлесуі барлық бөліктерінде өздігінен жүретін процесс
- Б) протомерлердің әсерлесуі белгілі бір бөлшектерінде ғана жүреді
- В) дисульфидті байланыс көмегімен жүреді
- Г) иондық байланыстар көмегімен пайда болады

**19. Пептидті байланысты қандай реакция арқылы дәлелдеуге болады?**

- А) Адамкевич

- Ә) Биурет реакциясы
- Б) Фоль реакциясы
- В) Ксантопротеин реакциясы
- Г) Миллон реакциясы

**20. Белоктарды бір-бірінен бөлуге мүмкіндік беретін әдіс:**

- А) нейтралдау
- Ә) диализ
- Б) суалту
- В) электрофорез
- Г) тұз ерітіндісімен тұндыру

**21. Тирозинді төменде көрсетілген қандай түсті реакцияның көмегімен ашуға болады?**

- А) Фоль реакциясы
- Ә) Миллон реакциясы
- Б) Адамкевич реакциясы
- В) Биурет реакциясы
- Г) Ксантопротеин реакциясы

## III. ФЕРМЕНТТЕР

### 3.1. Ферменттер туралы жалпы түсінік

Ферменттер деп ағзада жүретін алуан түрлі биохимиялық процестерге катализатор ретінде әсер ететін белоктік табиғаты бар қосылыстарды айтады.

Әдетте химиялық реакциялардың жүру жылдамдығын шапшаңдататын заттарды катализатор деп атайды. Ал ферменттер - өсімдіктер мен жануарлар және микроағзалар жасушаларынан бөлінетін белок тектес, ағзадағы биохимиялық реакцияларды шапшаңдататын қабілеті бар зат. Оның қатысуынсыз қоректік заттардың ағзаға сіңуі мүмкін емес. Осыған сәйкес ферменттерді биологиялық катализаторлар деп атайды, өйткені, олар тірі ағзада өтетін зат алмасу процесіне тікелей атсалысады. Фермент (латынның тілінде fermentum – ашу деген мағына береді) деген терминмен қатар әдебиетте энзим (грек тілінде –енаум, ен –ішкі, зуме ашытқы деген мағына береді) деген сөз де қолданылады.

Ферменттерді және олар катализдейтін реакцияларды зерттейтін биохимия бөлімі энзимология деп аталады.

Тірі жасушада зат алмасу процесі үздіксіз жүріп жатады. Зат алмасу процесі дегеніміз - белгілі бір тәртіппен кезектесіп келіп отыратын әртүрлі химиялық реакциялардың жиынтығы. Мұндай реакциялар жасушадан тыс жерде өте қиындықпен және мейлінше баяу жүреді. Ол үшін қатаң шарттар (жоғары температура, күшті қышқылдар, сілтілер және т.б.) қажет. Тірі жасушада бұл реакциялардың жылдамдығы тірі жасушалардан тысқары жердегіден миллиондаған есе артық.

Ферменттер – ағзадағы химиялық реакциялардың жылдамдығын жүздеген және мыңдаған есе өзгерте алатын белокты заттар, атап айтқанда, жекелеген қосындылардың синтезі мен ыдырауын, зат алмасу процестерін және тағы сол сияқтыларды шапшаңдататын заттар.

Мыңдаған жылдар бойы адам баласы шарап ашыту, ірімшік жасау, нан пісіру, тері илеу, сыра қайнатушылық кәсіппен

шұғылданғаны белгілі. Бірақ бұл процестерге ферменттердің тікелей қатысының барлығын білмеген еді, сол кезде ғылым, оның ішінде биология ғылымы өз дамуының ең төменгі сатысында тұрған болатын. Кейіннен табиғаттану ғылымдары саласында ашылған жаңалықтар мен қол жеткен табыстарға байланысты, биохимия саласы да біртіндеп дами бастады.

Луи Пастер спирттің ашу процесін зерттеп мынадай қорытындыға келеді: ашу процесін жүргізетін химиялық заттар емес, ашытқының, яғни тірі жасушалардың тіршілік әрекеті болып табылады. Ол: ферменттер ашытқыдан ажырамайды, олармен біртұтас деп санады. Ашуға қатысты мұндай көзқарас 1897 жылы Бухнер ашқан тамаша жаңалыққа дейін ұзақ уақыт сақталып келді. Ол құрамында тірі жасушалар жоқ ашытқы сөлін сумен бөліп алады. Осы сөлдің өзі-ақ қантты тез ашытып, спиртке және көмір қышқыл газына айналдырғанын көреді. Осылайша қантты ыдыратып ашытатын ашытқының тірі жасушалары емес, керісінше олар жасап шығарған фермент (химиялық зат) екенін дәлелдейді. Ферменттің қантты ашытқы өнімдеріне айналдыратын катализатор екенін анықтайды.

Спиртті ашу кезіндегі катализатордың химиялық табиғатын анықтау ферментті процестер жөніндегі зерттеуді алға апаруға дем беруші үлкен күш болды және соның нәтижесінде көптеген ферменттер бөлініп алынып, зерттелді. Ферменттер әсерінің теориясы (Э. Фишер, 1890 ж.), ферментті реакциялардың кинетикасы (Л. Михаэлис пен М. Ментен, 1913 ж.) жөніндегі жұмыстар жарық көрді. XX ғасырдың бас кезінде И. П. Павлов және оның әріптестері ас қорытушы ферменттердің белоктік табиғаты жөнінде өте маңызды мәліметтер алады. Олар иттің қарынындағы сөлдің активтілігі оның құрамындағы белоктарға байланысты екенін анықтады. Қарын сөлінде белок аз болса, онда пепсин де шағын мөлшерде болады. Өз мәліметтерін және басқа да ғалымдардың зерттеулерін талдай келіп, Павлов ферменттер дегеніміз – белоктік заттар деген қортындыға келді.

Ең алғаш таза ферментті 1926 ж. жас биохимик Дж. Самнер кристалл түрінде алды. Ол канавалия деген өсімдік дәнінен уреаза ферментін бөліп алып, оның кристалдарының белоктан тұратынын анықтайды. Бұдан кейін 1930 ж. Дж. Нортроп пепсин

кристалдарын, ал келесі жылы сол Нортроп пен М. Кунитц екеуі кристалды трипсинді бөліп алады. Осы екі ферменттің екеуі де белок екен. Қазіргі кезде кристалдық түрде жүздеген фермент алынған. Зерттеліп табылған ферменттердің саны қазір 2000 шамасынан асады. Олардың бәрі де белоктік заттар.

Бір сөзбен айтқанда, ферменттер – биологиялық катализаторлар. Ферменттер тірі жасушада ғана емес, сонымен бірге жасушадан тыс ортада да өз күшін жоймай реакцияны тездетеді. Мұның үлкен практикалық маңызы бар. Олардың әрқайсысы заттардың белгілі бір түріне ғана әсер ете алады. Мәселен, сүт қантын ыдырататын фермент оған ұқсас қанттарға (мальтоза, сахароза) әсер етпейді. Ал кейбір ферменттер белоктарды, майларды, көмірсуларды құрам бөліктеріне ыдыратып қана қоймай, сол заттардың жасушада синтезделуіне қатысады. Мұндай күрделі қосындыларды синтездейтін ерекше ферменттер де аз емес. Ферменттік реакциялар бір-бірімен ұштасып, өзара байланысып жатады. Кейде топтасып қызмет атқарады.

Ферменттер жай және күрделі белоктарға жатады. Күрделі белоктар түрінде құрылған кейбір ферменттердің простетикалық топтарына витаминдер кіреді.

Ферменттердің физикалық және химиялық қасиеттері белоктың табиғатымен белгіленген. Ферменттер жартылай өткізгіш мембрана арқылы диализденбейді, тұзбен тұндыруға бейім белок тәрізді түсті және тұнба реакцияларын береді.

Ферменттерді тұзбен тұндыру, ацетонмен фракциялау және колонкалы хроматография әдістерімен бөліп алғанда, олар катализдік қасиеттерін жоғалтпайды. Кристалл күйінде бөлініп алынған ферменттер өте жоғары активті болады. Ағзада реакцияларды тездетуші ферменттер белок табиғатына байланысты, бейорганикалық катализаторлардан бірқатар маңызды айырмашылығы бар. Ферменттер температура әсеріне бейімделгіш әрекеті қатаң түрде тұрақты, электролит және т.б. заттардың қатысында рН ортасына байланысты активтілігі күшті өзгереді.

Ферменттердің бірінші қасиеті химиялық реакцияны өте шапшаңдатып, тездетіп жібереді. Мұны қарапайым мысалмен түсіндіруге болады. Айталық, химиктер кез келген реакцияны тез-

дету үшін катализаторды қолданады. Катализатор өте аз мөлшерде пайдаланылса, ферментті болар-болмас қолданып-ақ реакцияны өте тез жүргізе аламыз. Мысалы, катализатор әсерінен кез келген химиялық реакциялар бір секундтай уақыт аралығында өтсе, ал ферментті қатыстырғанда, бір секундтың оннан бір бөлігіндей-ақ уақыт кетеді екен. Реакция қаншалықты шапшаң жүрсе, бізге қажетті заттардың соншалықты көп өндірілетініне ешқандай күмән жоқ. Фермент-катализатордың осы қасиеті тірі ағзалардың өмір сүруінде де үлкен рөл атқарады. Өйткені осыншалықты тездеткіш қосылыс болмаса, адамның денесінде болып жататын өте қажетті сан алуан реакция аз уақытта іске аса қоймас еді.

Химиялық реакциялар кейде керісінше де жүреді, кез-келген зат жойылса, оның құрамындағы заттар бұрынғыдай бөлініп, қосылғанға дейінгі қалпына келеді. Ал ферменттер осының екеуіне де қатысып, екеуін де тездете алады. Ферменттердің бұл қасиеті жасушалар мен ұлпалардың ішінде болатын өзгерістердің механизмін білуге мүмкіндік береді.

Ферменттерді халық байлығы деуге болады. Ферменттерді халық шаруашылығында қолдану орасан зор экономикалық пайда келтіреді. Әсіресе, өнімнің өзіндік құнын кемітіп, сапасын жақсарту, жұмысшылардың еңбегін жеңілдету, еңбек өнімділігін арттыру жөніндегі тиімділігі ұшан-теңіз.

Ферменттерді (биологиялық катализатор ретінде) қолдану – болашағы зор техникалық прогрестің жаңа кезеңі десек те болады. Сондықтан да үкіметтің шешімдерінде тағамдық, мал азықтық және шипалық (антибиотиктер) заттарды өндіруде биохимиялық әдістерді, соның ішінде ферменттерді кеңінен қолдану қажет екендігі атап көрсетілген. Егер алғашқыда ферменттер қоректік заттарды ыдыратуға себепші болса, кейіннен сол ыдыраған жай қосылыстардан ағзадағы ұлпалар мен жасушалардың құралуын қамтамасыз етеді.

Ферменттердің негізгі қасиеті – олардың активтілігі. Мысалы, крахмал клейстерінің судағы ерітіндісіне, сутегінің пероксидіне және кәдімгі сүтке ферменттерді қоспасақ, біз крахмалдың қантқа айналғанын, сутегі пероксидінің ажырағанын және сүттің ұйығанын байқай алмаймыз. Ал крахмал ертіндісіне аз ғана мөлшерде амилаза ферментін қоссақ, оның аз уақыттың ішінде

глюкоза қантына айналғанын көреміз. Сол сияқты каталаза ферментінің әсерінен сутегінің пероксиді ажырайды, ал мэйек ферменті қосылса, сүт тез арада ұйып қалады.

### 3.2. Ферменттерді бөліп алу және тазалау

Қазіргі кезде лабораториялық синтез жолымен алынған бір-неше ферменттер белгілі: рибонуклеаза, цитохром-с, лизоцим т.б. Бірақ синтез жолы өте қиын және қымбатқа түседі, сондықтан ферменттер белоктік заттар болғандықтан, белоктарды бөліп алу әдістері ферменттер үшін де қолданылады. Ферменттерді бөліп алу үшін фермент көп кездесетін материалды таңдап алады. Таңдап алынған материалдағы ферменттер бұзылып кетпеу үшін, оны төменгі температурада (2-8°C) ұнтақтайды. Ұнтақталған біртектес массаны центрифугаға салып өңдейді. Осы кезде фермент оның сұйық бөлігіне (центрифугатқа) өтеді де, тұнба түзіледі. Центрифугатқа өткен фермент белок болғандықтан, келесі сатыда белокты тұнбаға түсіреді, ол үшін центрифугатқа аммоний сульфатын немесе органикалық еріткіштерді қосады. Бұл кезде ферменттермен бірге барлық белоктар тұнбаға түседі, белоктарды бір-бірінен ажырату үшін ион алмасу хроматография әдісі қолданылады.

Белоктарды бөлу әдістерінен басқа, ферменттер үшін ғана қолданылатын тәсілдер бар. Мысалы, глицеринмен экстракциялау, бұл әдісте ферменттердің табиғи (нативті) қасиеттері сақталады, бұдан басқа ацетон ұнтағы әдісі қолданылады, бұл кезде ферменттерді 2-8°C аралығында тұндырады да, үлкен шапшаңдықпен сусыздандырады. Сонымен қатар, ферменттерді адсорбциялап, соңында адсорбенттен бөліп шығару тәсілі де бар. Бұл әдісті ферменттер химиясына енгізген А. Я. Данилевский.

Қазіргі кезде ферменттерді адсорбциялау және тазарту әдісі кеңінен пайдаланылады. Осы әдіспен қатар ион алмасу хроматографиясы, молекулалық елеу әдісі, электрофорез және аффинді хроматография қолданылады.

Аффинді хроматографияда ферментативті катализ кезінде ферментпен әрекеттесетін зат немесе оның аналогі қолданылады. Мұндай хроматографиялау нәтижесінде алмастырғыш колонкада

тек қажетті фермент қалады, басқалары сұйықтықпен кетеді, колонкада қалған ферментті элюциялау арқылы таза күйінде алады. Аффинді сорбция-элюция әдісін қолдану арқылы ферментті таза күйінде бөліп алады.

Ферменттерді бөлу процесінде денатурациядан сақтау қажет, ол үшін ферменттерді бөліп алу кезінде ерітіндіге оларды қорғайтын заттарды қосады. Бұл заттар - HS-топтары бар қосылыстар (цистеин, метионин т.б.).

Полиакриламидті, крахмалды немесе агарлы гелде жүргізілетін электрофорез әдісімен де ферменттерді бөліп алуға болады.

Ферментті препараттарды өнеркәсіптік жолмен өндірудің түрлі жолдары бар. Көп жағдайда арнаулы қоректік ортада өсірілген микроағзалардан, соның ішінде зең саңырауқұлақтарынан өндіреді. Сол секілді ферменттерді алдын ала аздап өсірілген (солд) арпа, тары, соя дәндерінің сығындысынан да алады. Ал жануарлар тектес пепсин, трипсин мәйек ферменттерін малдардың қарын сөлінен немесе олардың тиісті ұлпаларын, түрлі жолдармен өңдеу арқылы алады.

Ферменттер, әсіресе, тамақ өнеркәсібінде қолдану өнімдерінің сапасын, дәмін және басқа да пайдалы қасиетін жақсартады; өндірістік процестерді шапшаңдатады, сөйтіп оның экономикалық тиімділігін күшейтеді. Міне, ферменттердің осы көрсетілген артықшылықтары - оларды еліміздегі өнеркәсіптерге кеңінен енгізуге жол ашатынына ешбір күмән келтірмейді.

Қазір ферменттерді кеңінен қолданып отырған елдер: Жапония, АҚШ, Англия, Чехословакия, Голландия және Германия. Мысалы, Жапонияда ферментті қолданудың қарқындап дамуы соншалық, одан түсетін табыс ұлттық бюджеттің 20%-на тең келеді екен.

Ферменттерді халық байлығы деуге болады. Ферменттерді халық шаруашылығында қолдану орасан зор экономикалық пайда келтіреді, өнімнің өзіндік құнын кемітіп, сапасын жақсарту, жұмысшылардың еңбегін жеңілдету еңбек өнімділігін арттыру т.б. тиімділігі зор.

Қолданбалы энзимологияда ферменттер иммобилизациясы ашылғаннан кейін ферменттерді қолдану мүмкіндігі өсті. Фер-



менттер иммобилизациясы деген термин АҚШ-та инженерлік энзимология саласында 1971 жылы өткен I конференцияда қолданылған болатын. Иммобилденген ферменттер дегеніміз – қатты таянышқа (полимерге, целлюлозаға, т.б.) бекіген ферменттер. Ондай ферменттер ерімейтін материалмен ковалентті байланысады. Мұндай бекіген ферменттердің кеңістіктегі қозғалысы шектеліп, тұрақтана түседі. Ферменттер иммобилизациясы:

- ферменттердің тұрақтылығын өсіреді;
- кез келген кезде реакция жүруін тоқтатуға мүмкіндік береді;
- биокатализаторларды бірнеше рет қайта қолдануға мүмкіндік береді;
- реакция нәтижесінде алынған өнімде фермент қоспасы жоқ, таза болады;
- процесті үздіксіз жүргізуге, фермент қасиетін керекті бағытта өзгертуге мүмкіндік береді (рН-оптимумын, температура, талғамдылық т.б.).

### 3.3. Ферменттердің химиялық құрамы мен құрылымы

Ферменттердің бәрі де үлкен молекулалы қосылыстар, олардың молекулалық массасы 10 мыңнан 1 миллионға дейін, тіпті одан да көп шамаға жетеді. Мысалы, кейбір ферменттердің молекулалық массасын қарастырып көрелік:

Рибонуклеаза, ұйқы безінің ферменті.....	12640
Химотрипсин, ұйқы безінің ферменті.....	23000
Пепсин, шошқа қарынының ферменті.....	34000
Гексокиназа, бауырдың ферменті.....	10000
Фосфорилаза, бауырдың ферменті .....	185000
Каталаза, бауырдың ферменті.....	232000
Уреаза .....	480000
Глутаматдегидрогеназа, бауырдың ферменті...	1000000
Синтетаза.....	2300000

Барлық басқа белоктар сияқты, ферменттер де химиялық құрамы бойынша екі топқа бөлінеді. Олар қарапайым және күрделі ферменттер.

Қарапайым ферменттер дегеніміз – қарапайым белоктар, олар гидролиз кезінде амин қышқылдарына ғана ажырап бөлінеді. Қарапайым ферменттерге мыналар жатады: рибонуклеаза, пепсин, трипсин, химотрипсин, папаин, амилазалар және гидролаза класына жататын басқа да ферменттер.

Күрделі ферменттер дегеніміз – күрделі белоктар. Күрделі ферменттер екі бөліктен: белоктік және белоктік емес бөліктерден тұрады. Ферменттердің белоктік бөлігі апофермент деп, ал белоктік емес бөлігі простетикалық топ немесе кофактор (кофермент) деп аталады.

Кейбір ферменттердің простетикалық тобы белоктік компоненттен еркін диссоцияланады және диализ арқылы бөлінуі мүмкін. Кейбір тотығу-тотықсыздану ферменттері бірдей коферменттен тұрады, бір-бірінен өздерінің апоферменттері арқылы ажыратылады. Кофермент бір апоферменттен бөлініп басқа апоферментке қосыла алады. Апофермент коферментсіз (простетикалық топсыз) активті болмайды, дәл солай кофермент апоферментсіз активті емес.

### Кейбір металлоферменттер

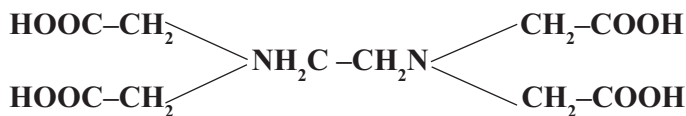
5-кесте

Металл	Фермент
$Fe^{2+}/Fe^{3+}$	Каталаза Пероксидаза Цитрохромоксидаза
$Cu^{2+}$	Цитрохромоксидаза
$Zn^{2+}$	ДНҚ-полимераза Карбоангидраза Алкогольдегидрогеназа
$Mn^{2+}$	Аргиназа
$Mg^{2+}$	ДНҚ- және РНҚ-полимеразалар ДНҚ-лигаза Гексокиназа
$Ni^{2+}$	Уреаза
$Se^{2+}$	Глутатионпероксидаза
$Mo^{2+}$	Ксантинооксидаза

Күрделі ферменттердің коферменттері (кофакторлары) металл иондары немесе белоктік емес органикалық заттар. Мұндағы металл иондары активаторлар деп аталады. Активаторлар мына иондар:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{2+}$ . 180-нен астам ферментте металл иондары активатор қызметін атқарады. Ферменттердің белсенділігін көтеру үшін қажетті металл иондарын металлофермент деп атайды.

Кофактор (простетикалық топ) белоктік емес зат болғандықтан, кофермент деп аталады.

Ферменттерді таза күйінде алғанда және сақтау кезінде олардың тұрақтылығы бірқатар факторлармен анықталады. Ферменттермен жұмыс істеудің ең негізгі ережесі оптималды температура болып есептелінеді. Ферменттердің ең көп бөлігі 6,0-8,0 рН аралығында тұрақтылығын сақтайды. Төменгі температурада спирттік немесе ацетондық ерітіндімен ферменттерді тұнбаға түсіреді. Бөлме температурасында бұл процесс жүргізілмейді, өйткені толық энзималық активтілігін жоюға әкеледі. Ферментті тұрақтандыру үшін хелат түзуші агентті пайдаланады, мысалы, ферментке этилендиамин-тетраацетат қосады:



ЭДТА – этилендиаминтетраацетат фермент активтілігіне тоқтатушы эффект жасайтын керексіз қоспалармен байланыс жасай алады. Ферменттердің тұрақтылығын анықтаудың бірден-бір жолы кептірілген немесе мұздатылған күйінде сақтау. Көптеген ферменттер аммоний сульфатының концентрленген ерітіндісінде суспензия түрінде тұрақты болады.

### 3.4. Ферменттердің аталуы және жіктелуі

Ферменттер соңғы уақытқа дейін дұрыс аталмай келді, өйткені бір ферментке бір немесе бірнеше атаулар берілді. Тек 1961 ж. Мәскеуде болған V Халықаралық биохимия конгресінде биохимиялық одақтың комиссиясы ферменттердің қазіргі кезде

қолданылып жүрген атауларына талдау жасап бекітті. Мұның негізінде бірнеше принциптер сақталады:

1. «аза» жалғауымен аяқталатын атаулар, тек жеке ферменттер үшін қолданылатын болды.

2. ферменттердің аталуы мен жіктелуі олардың катализдейтін реакцияларына негізделді, бұл арнайылығы бар ферменттерді бір-бірінен ажыратуға мүмкіндік береді.

3. ферменттер катализдейтін реакцияларының типіне қарай топтарға бөлінеді. Реакцияның аталуы субстраттың аяқталуымен бірлесіп, жеке ферменттің аталуын құрайды.

4. Барлық ферменттер 6 класқа жіктеледі. Әрбір класс топтарға, топтар топшаларға бөлінеді.

5. Әрбір фермент 4 саннан тұратын жүйелік реттік номермен (номенклатуралық шифрі) шифрленеді. Оның алдына ферменттің классификациялық (ФК) белгісі жазылады. Бірінші саны - ферменттің класы; екінші саны - ферменттің тобы; үшінші саны - ферменттің топшасы, төртінші саны - ферменттің атын білдіреді.

Халықаралық биохимиялық Одақтық комиссия 1961 жылы барлық ферменттерді 6 класқа классификациялады.

1-ші класс оксидоредуктазалар – тотығу-тотықсыздану реакцияларын катализдейді.

2-ші класс трансферазалар – атомды немесе атомдар топтарын бір заттан екінші затқа тасымалдайды.

3-ші класс гидролазалар – заттардың гидролиз жолымен ыдырауын тездетеді.

4-ші класс лиазалар – қос байланыс үзілген орынға атомдар тобының жалғасуын немесе заттардың гидролиздік емес жолдармен ыдырауын жүзеге асырады.

5-ші класс изомеразалар – бір заттың екінші затқа изомерлену реакцияларын катализдейді.

6-шы класс лигазалар - АТФ энергиясы есебінен екі молекуланың қосылуын катализдейді.

**1. Оксидоредуктазалар** – бұл класқа тотығу және тотықсыздану реакцияларын катализдейтін ферменттер біріктірілген. Ағзадағы биологиялық тотығулар немесе тіндердің тыныс алуы осы кластың ферменттері арқылы жүреді, сондықтан бұларды тыныс алу ферменттері деп те атайды. Оксидоредуктазалар жа-

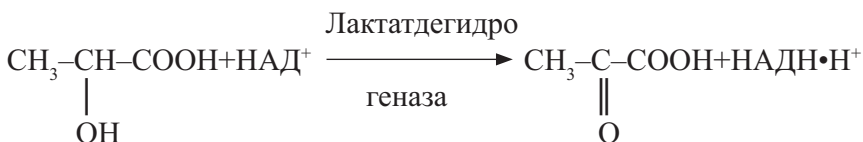
сушада негізінен митохондрияда кездеседі. Олар екі компонентті ферменттер. Әсер ететін субстратына қарай топтарға жіктелген. Әрбір топ бірнеше топшаларға тармақталған. Олар бір-бірінен сутегі протонын немесе электронын қабылдайтын акцепторлармен ерекшеленеді.

Оксидоредуктазалар катализдейтін тотығу-тотықсыздану реакцияларының түріне және тотығуға ұшырайтын сутегі донорымен тотықсызданатын акцептор түріне қарай 4 топқа бөлінеді.

1. дегидрогеназалар тобы.
2. цитохромдар тобы.
3. каталаза, пероксидаза тобы
4. гидроксилазалар тобы.

Оксидоредуктазалар кең таралған ферменттер, энергетикалық процестерде үлкен рөл атқарады. Оксидоредуктаза класы 17 топшаға бөлінеді.

Дегидрогеназалар – тотығу реакцияларына дегидрлеу (сутегін бөліп шығару) арқылы қатысады. Дегидрогеназалар субстраттың тотығуын сутегі атомы (H) немесе электрондарын ( $e^-$ ) бөліп алу жолымен қамтамасыз етеді. Сутегін беріп отырған субстрат сутегінің доноры деп, ал сутегін немесе электронды қосып алған затты сутегінің акцепторы деп атайды. Сутегін бөлген зат тотығады, ал қосып алған зат тотықсызданады.



Ағзада тотығу-тотықсыздану процестері әрдайым жүріп отырады. Осы процестердің нәтижесінде энергия түзіледі.

Дегидрогеназалардың саны 150-ден асқан. Негізгі өкілдері:

Пиридин – ферменттер (ПФ) екі компонентті, апофермент және коферменттен тұрады. Олардың арасындағы байланыс әлсіз. Апоферментті субстратты абсолюттік арнайылықпен анықтайды, яғни субстратты таниды. Коферментті фермент молекуласының тұрақтылығын сақтап, катализдің жүруін қамтамасыз етеді. ПФ – коферменті никотинамидадениндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>) және нико-

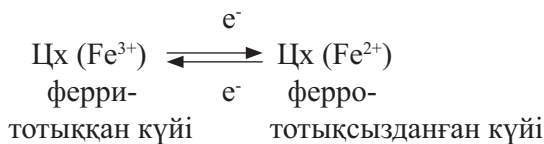
тинамидадениндинуклеотид фосфат (НАДФ<sup>+</sup>) деп аталады. НАД<sup>+</sup> және НАДФ<sup>+</sup>-тың құрамында никотинамид (В<sub>5</sub> витамині, РР), рибоза, фосфор қышқылы және АМФ болады.

Пиридин ферменттердің коферменті апоферментімен тек тотыққан күйінде ғана байланысады, ал кофермент тотықсызданғанда апоферменті бөлініп шығады.

Флавинферменттер - тотыққанда сары түс беретін болғандықтан, флавопротеидтер (ФП) деп аталады.

ФП – күрделі, екі компонентті, коферменттері флавинмоноклеотид (ФМН) және флавинадениндинуклеотид (ФАД) болып келеді. ФП – молекуласы өте үлкен, сондықтан бір апоферментке бірнеше кофермент қосылады. Кейбір молекулаларының құрамында мыс (Cu<sup>2+</sup>), темір (Fe<sup>2+</sup>) және молибден (Mo<sup>2+</sup>) иондары кездеседі. ФП құрамындағы темірді гемсіз темір деп атайды.

*Цитохромдар.* Цитохром (Ц<sub>x</sub>O) жүйесіне цитохромдар және оттегі молекуласын активті күйге айналдыратын цитохромоксидаза ферменттері кіреді. Цитохром жүйесінің ферменттері - гемопроteidтер, олардың геміндегі темірдің валенттілігі ауыспалы болады. Олардың көмегімен биологиялық тотығу тізбегінде электрондар тасымалданады. Қазіргі кезде 20-дан астам цитохромдар белгілі.



Өкілдері: цитохром b – екі компонентті фермент, простетикалық тобы гем.

Цитохром C<sub>1</sub> – екі компоненттен тұратын фермент. Коферментті гем.

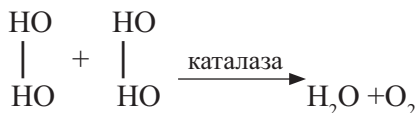
Цитохром C – екі компонентті фермент. Цитохром a және a<sub>3</sub> – екі компонентті ферменттер. Апоферменттері әртүрлі, коферменттері ұқсас гем.

Цитохромоксидаза (Ц<sub>x</sub>O) күрделі белок, молекуласында екі атомы болады. Ц<sub>x</sub>O митохондрияның ішкі жағында орналасқан.

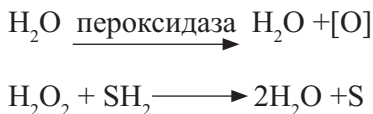
*Каталаза және пероксидаза тобы.* Бұл ферменттер екі

компонентті, коферменттері гем, химиялық табиғаты жағынан цитохромдарға ұқсас, каталаза мен пероксидаза тотығу-тотықсыздану реакцияларын тездетеді, бірақ биологиялық тотығу процесіне қатыспайды.

Каталаза әр уақытта ағзада тотықсызданған ФП аэробты тотығу нәтижесінде түзілетін зиянды  $H_2O_2$  жиналуынан сақтайды:



Пероксидаза катализдейтін реакциялар теңдеулерінің схемасы былай жазылады:



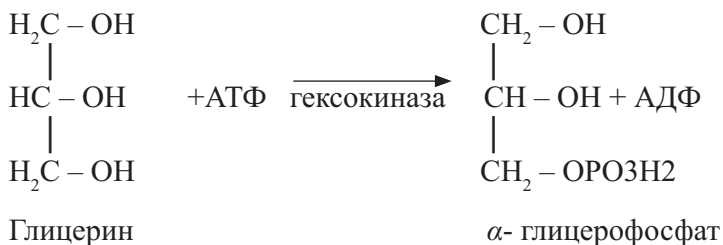
*Оксигеназалар*, оксидазалар және гидроксилазалар. Сутегінің акцепторы ретінде тек ауадағы оттегін пайдаланатын аэробты дегидрогеназаларды оксидазалар деп атайды.

Оттегін жалғайтын ферменттерді оксигеназалар деп атайды. Биологиялық тотығу тізбегінде электрондарды қосып ала отырып, қоректік заттарды тотықтыру арқылы ағзаға қажетті энергияны түзуге қатысады.

Гидроксил тобын түзе жүретін реакцияларды катализдейтін ферменттер гидроксилазалар деп аталады.

**2. Трансферазалар** – бір субстраттан (донор есебінде) екінші бір субстратқа (акцептор ретінде) әртүрлі топтарды тасымалдайтын ферменттер. Мысалы, глицеринкиназа глицеринді фосфорилдеу реакциясын катализдейді. Тасымалдайтын атомдар тобына қарай фосфотрансфераза, аминотрансфераза, ацилтрансфераза, т.б. болып бөлінеді. Фосфотрансферазалар фосфор қышқылы қалдықтарының көшуін катализдейді:

Фосфор қышқылы қалдықтарының доноры негізінде АТФ болады. Фосфотрансферазаның өкілі – гексокиназа.



Өртүрлі киназалардың әсер етуі нәтижесінде ағзада көптеген фосфорилденген қосылыстар синтезделеді.

Трансфераза класы 8 топшадан тұрады.

**3. Гидролаза** – суды қосып алудың нәтижесінде субстраттарда байланыстың үзілуін немесе ажырауын катализдейтін ферменттер.

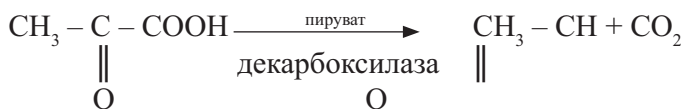


Гидролаза ферменттер тобына: эстераза, липаза, гликозидаза және протеиназа жатады. Ферменттік реакция тек судың қатысуымен жүреді. Гидролаза класы бірнеше тармаққа бөлінеді. Мәселен, эстеразалар күрделі эфирлердің гидролизін катализдейді. Липаза майлардың гидролизін тездетеді. Фосфатаза фосфорлы эфирлердің гидролизін тездетеді. Пептидаза белоктар мен пептидтердің пептидтік байланыстарын гидролиздеуді тездетеді. Амилаза крахмалды, гликогенді, мальтоза қантына дейін ыдыратады.

Пептид-гидролазалар пептидтік байланыстың гидролизін тездетеді, бұл топқа протеиназалар немесе пептидил-пептидо-гидролазалар жатады. Бұл ферменттер байланыстардың ыдырауын гидролиздейді. Протеиназа ферменттерінің өкілдері - пепсин, трипсин, химотрипсин. Бұл ферменттер активті емес профермент күйінде пайда болады: пепсиноген, трипсиноген және химотрипсиноген. Гидролаза класы 11 топқа бөлінеді.

**3. Лиазалар** – субстраттан химиялық топтардың судың қатысуынсыз бөлінуін қамтамасыз ететін ферменттер. Лиаза ферменті катализдейтін реакцияға мысал:





Лиазалар класының 7 тобы бар, бұлар алмасу процесінің синтезі мен ыдырауын жүргізетін ферменттер.

**4. Изомеразалар** – молекула ішінде орнын ауыстырып, бір молекула төңірегінде изомерге айналуын қамтамасыз ететін ферменттер. Органикалық заттардың изомерлік өзгерістерін катализдейді. Атомдардың, атом топтарының, фосфор қышқылы қалдықтары мен әртүрлі радикалдардың молекулаішілік орын ауыстыруы салдарынан изомерлеу процесі өтеді. Мысалы, альдегидтердің өзара кетонға, цис форманың транс формаға айналуы және керісінше. Егер изомерлеу топтары молекуланың ішінде ғана орын ауыстырумен жүрсе, бұл кезде фермент мутаза деп аталады. Ал инверсия ассиметриялық топтарда өтсе, фермент рацемаза немесе эписомерса делінеді. Изомерлеу процесіне көбінесе көмірсулар, амин қышқылдары мен органикалық қышқылдар ұшырайды. Изомеразаларға: глюкоза-6-фосфатизомерса, триозофосфатизомерса, ретиненизомерса, рибулозо-5-фосфатэписомерса және т.б. жатады. Изомеразалар 6 топқа бөлінеді.

**5. Лигаза (синтетаза)** - байланыстардың энергиясын пайдалана отырып, екі молекуланың қосылуын катализдейтін ферменттер. Синтетаза катализдейтін реакцияларда энергия көзі ретінде АТФ есептелінеді. Бұған көміртегі мен оттегі молекулаларын, күкірт пен азот немесе қос көміртегі молекулаларының байланыстарын түзуші (-C-O-) (-S-N-) (-C-C-) ферменттер жатады. Мұндай байланыстар түзу үшін АТФ және басқа да макроэнергиялық қосылыстардың (ГТФ, ЦТФ, УТФ, т.б.) ыдырауынан шығатын энергия пайдаланылады, яғни жай заттардан күрделі органикалық заттар синтездейтін ферменттер деуге болады. Лигазалардың 5 тобы бар, олар алмасу процесінің анаболиттік кезеңінде қатысады.

### 3.5. Ферменттердің физикалық қасиеттері

Ферменттердің активтілігіне температура әсері. Ферментті реакциялардың жылдамдығы қыздырғанда артады. Бірақ оның ферментсіз реакциялардан айырмашылығы жылдамдықтың өсуі

қысқа температура аралығында байқалады. Әр ферменттің өзіне тән температура жағдайына келгенде, реакция жылдамдығы максимум мәніне дейін жетеді, одан әрі температура өссе, жылдамдық кемиді.

30-40°C аралығында тірі ағзада ферменттер активті келеді, бұл деңгейінен температура төмендесе немесе жоғарыласа, фермент активтілігі кемиді.

Орта температурасының көтерілуі химиялық реакция жылдамдығын арттырады. Бірақ өте жоғары температурада катализдік қасиеттерінен айырылып қалуы мүмкін. Сондықтан Вант-Гофф ережесін ферменттік реакциялар үшін белгілі деңгейде ғана қолдануға болады.

Ферменттердің бір ерекшелігі 70-80 градустан асқан температураны өте сезгіш келеді. Өйткені барлық ферменттер белоктардан тұрады. Ал белоктар жоғары температура әсер еткенде өзгерістерге ұшырайды. Мысалы, жұмыртқаны қайнап тұрған суға салып жіберсеңіз, белогы лезде денатурацияланады. Кейбір ферменттерге қыздыру уақытша әсер етеді. Мұндай ферменттер қыздыруды тоқтатқаннан кейін белгілі бір уақыт өткен соң өзінің бұрынғы қасиетіне қайтадан ие болады.

Температураны 50°C шамасынан артқан кезде ферменттер активтілігінің төмендеуі байқалады, бірақ бұл жағдай жылу әсерінің ұзақтығына және фермент табиғатына байланысты болады.

Фермент әрекетіне орта рН шамасының әсері. Орта реакциясының өзгеруіне ферменттердің сезімталдығы маңызды қасиеті болып табылады. рН шамасына байланысты ферменттердің активтігі бірден-ақ өзгереді. Әртүрлі ферменттердің әрекеті үшін рН көрсеткішінің шамасы әртүрлі болады. Кейбір ферменттер қышқыл ортада, әсіресе, активті келеді, екіншілері бейтарап ортада активті қасиет көрсетеді, ал үшіншілері әлсіз сілтілі немесе сілтілі ортада ерекше активті болады. Төменде кейбір ферменттер үшін қажетті рН шамасы берілген (6-кесте).

Бір ғана қызмет атқаратын, бірақ әртүрлі ұлпадан бөліп алынған екі фермент үшін рН оптимумы әртүрлі болуы мүмкін. Мысалы, қуық түбі (простата) безіндегі қышқыл фосфатазасының рН оптимумы 5,0 шамасындай, бауырдағы сілтілік фосфатазаның

pH - 9,0. Фермент әрекеті үшін қажет рН оптимумының болуы мынаған байланысты: ферменттер де белок сияқты электр заряды бар зат болып табылады, сондықтан олардың кеңістіктік құрылымы рН шамасына тәуелді.

### Ферменттер үшін қажетті рН шамасы.

6-кесте

Фермент	pH
Пепсин	0,9-3,0
Липаза, қарын сөлінде	6,0
Амилаза, қарын сөлінде	6,9-7,0
Амилаза, уыттан алынған	5,2
Трипсин	7,5-8,0
Қышқыл фосфатаза	4,5-8,0
Сілтілік фосфатаза	9,0-9,5
Карбоксипептидаза	7,2
Аргиназа	10,0

Ферменттердің өздеріне тән ерекшелігі. Ферменттердің реакцияны тездету қасиеті мынада: фермент тек өзінің ғана субстратын байланыстырады және сол субстратты катализдейді.

Ферменттің өз субстратын танып білуі, оны таңдап алып, байланыстыруы және ары қарай реакция катализін жүргізуі ферменттің өзіне тән ерекшелігі немесе арнайы талғамдылығы немесе арнайылығы деп аталады.

Әр фермент тек белгілі субстратқа ғана әсер етеді, кейде ұқсас құрылымы бар субстраттар тобына да әсер етеді және молекуладағы белгілі бір химиялық байланыстарды ғана ажыратып бөледі. Мысалы, амилаза ферменті тек қана крахмалды гидролиздейді, оны мальтозаға айналдырады, ал басқа қанттарға ол әсер етпейді. Пепсин ферменті тек пептидтік байланыстарды ғана үзеді, ол басқа химиялық байланыстарға әсер етпейді.

Әр фермент төменде аталған реакциялардың біреуін ғана катализдейді: гидролиз, сутексіздендіру (дегидрлеу), химиялық топтарды ауыстырып алмастыру, жаңа химиялық байланыстар түзу, т.с.с.

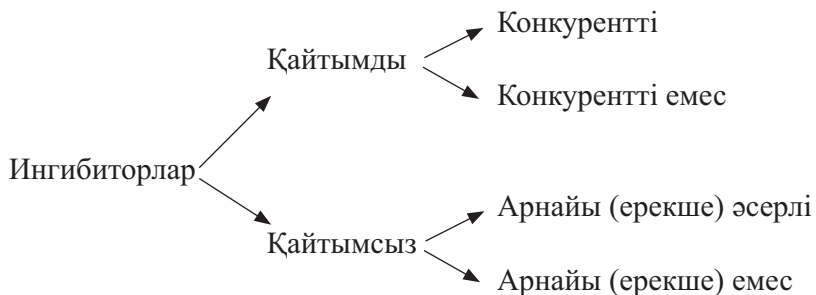
Сахараза ферменті сахароза және рафиноза молекулал-

рындағы  $\beta$ -глюкозидті байланысты үзеді. Глюкозооксидаза ферменті тек қана  $\beta$ -D-глюкозаны тотықтыра алады. Қазіргі кезде ферменттердің өзіндік арнайы әсері олардың активті орталықтары құрылысының субстрат құрылысымен комплементарлы болуымен байланысты түсіндіріледі. Ферменттердің активті орталығы мен субстрат жақындасып, өзара әсер етіп, 2 молекуланың да құрылымының трансформациясы нәтижесінде катализдік эффектіге жетеді.

Ферменттің активті орталығының құрылымы мен субстрат құрылысы аралығында кеңістік сәйкестігі болуының арқасында, олар бір-бірімен өте жақын келіп қабыса алады, мұның өзі олардың арасында реакция жүруін қамтамасыз етеді.

Ферменттердің арнайы талғамдылық қасиетінің биологиялық маңызы зор, өйткені ферменттер осындай қасиетінің арқасында зат алмасу процесін реттеп отырады. Олар реакцияның жылдамдығын қай заттар, қандай бағытта өзгертетінін, өзгеру жолдарын белгілейді.

Фермент активаторлары мен ингибиторлары (тежегіштері). Фермент активтілігі ортада әртүрлі химиялық реакциялардың болуына байланысты. Ондай заттардың кейбіреуі фермент активтілігін арттырады, мұндай қосылыстар активаторлар деп аталады. Ал екінші бір заттар фермент әрекетін баяулатады, тіпті оны тежейді. Мұндай заттар ингибиторлар (тежегіштер) деп аталады.



Активаторлар ферменттік реакцияларды тездетеді. Мысалы, қарын сөлінде тұз қышқылы пепсинді активтендіреді, сөйтіп

белок гидролизі тездейді. Ұлпаларда кездесетін кейбір ферменттерді (оксидоредуктазаларды, катепсиндерді) құрамында бос сульфгидрильдік топтары бар қосылыстар (глутатион, цистеин) активтендіреді.

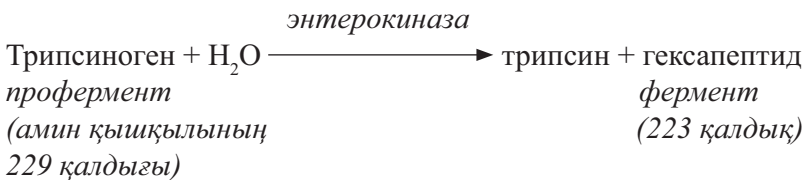
Ингибиторлар ферменттік реакцияларды тежейді. Мысалы, инсектицидтер холинэстераза ферментінің әсерін тежейді, ол ферменттің активті орталығымен байланысады да, жүйке жүйесін тырыстырып істен шығарады, парализдейді.

Бір ферментке активатор ретінде әсер ететін, ал екіншісі ферментке ингибитор ретінде әсер ететін заттар да бар. Мысалы, тыныс алу жүйесіндегі цианидтер цитохромоксидаза ферментінің әрекетін тияды, ал папаин, каталаза ферменттерінің активтілігін арттырады.

Проферменттер (латын тілінде *pro* –алдыңғы, бұрынғы және фермент деген сөзден шыққан) – ферменттердің активті емес түрі. Безді эпителийде бірқатар протеолиттік ферменттер активті емес күйде – проферменттер түрінде синтезделеді. Мысалы, пепсин қарынның ішкі қабатында пепсиноген проферменті түрінде түзіледі, трипсин ұйқы безінде трипсиноген түрінде түзіледі. Осының арқасында проферменттер түзілген жасушалар мен ұлпалар өздерін өздері бүлдіріп бұзбайды.

Проферменттердің активті түрге (ферментке) айналуын физиологиялық және биохимиялық жағдайлар реттейді. Проферменттің активтену процесі былай болады: пептидтік байланысты ұзу арқылы профермент молекуласынан бір пептид немесе бірнеше пептид бөлініп ажырайды, осының нәтижесінде ферменттің керекті конформациясы қалыптасады және оның активті орталығы ашылады. Активсіз түрден активті түрге айналу механизмі әртүрлі. Активті топтары парализатормен (ингибитор) байланысқан кейбір ферменттер, сол тобы ыдырағанда активті түрге айналады. Мысалы, активсіз пепсиноген немесе трипсиноген, полипептидті табиғаты бар ингибитордан бөлінгенде, активті пепсин мен трипсинге айналады.

Трипсиноген, химотрипсиноген ұйқы безінде синтезделеді де, он екі елі ішекке барады, сол жерде екеуі активтенеді. Бұл кезде трипсиногеннің N- соңынан гексапептид (Вал-Асп-Асп-Асп-Асп-Лиз) ажырап бөлінеді және трипсин ферменті пайда болады.



Химотрипсиногеннің активтенуі екі кезеңге созылады. Ең алдымен, трипсин әсерінен химотрипсиногеннің N-соңынан 15 мүшелі пептид ажырап бөлінеді. Содан соң  $\pi$ -химотрипсин молекулаларының біреуі оның басқа молекуласының әр жерінен екі пептидтің бөлінуін катализдейді, осының нәтижесінде  $\alpha$ -химотрипсин ферментінің активті түрі пайда болады.

Изоферменттер (латын тілінде *isos*– тең, бірдей және фермент деген сөзден шыққан). Изофермент дегеніміз – бір ферменттің әр түрі, олардың полипептидтік құрылысының бір-бірінен өзгешелігі болады. Олар бір түрге жататындардың ағзасында немесе жеке жасушаларында кездеседі, олардың катализдік активтілігі әртүрлі болады. Мысалы, сілекейде немесе ұйқы безінде болатын  $\alpha$ -амилаза крахмалдың ыдырауын катализдейді, яғни екеуі де бір реакцияны жүргізеді. Бірақ осы екеуінің ерігіштігі, рН оптимумы екі түрлі. Изоферменттерді электрофорез, хроматография жолымен, молекулалық електе гель-филтрация арқылы ажыратып бөлуге болады.

Адам ағзасының әртүрлі ұлпаларында лактатдегидрогеназаның 5 изотүрі табылған. Оларды қысқаша былай атайды: ЛДГ<sub>1</sub>, ЛДГ<sub>2</sub>, ЛДГ<sub>3</sub>, ЛДГ<sub>4</sub> және ЛДГ<sub>5</sub>.

Олардың бәрі бір қызмет атқарады, лактатты тотықтырып, пируватқа айналдырады.

### 3.6. Ферменттердің активті және аллостериялық орталықтары

Субстрат дегеніміз - ферменттің әсер етуі арқылы өнімге айналатын зат. Ферментативті реакцияның жалпы түрі:



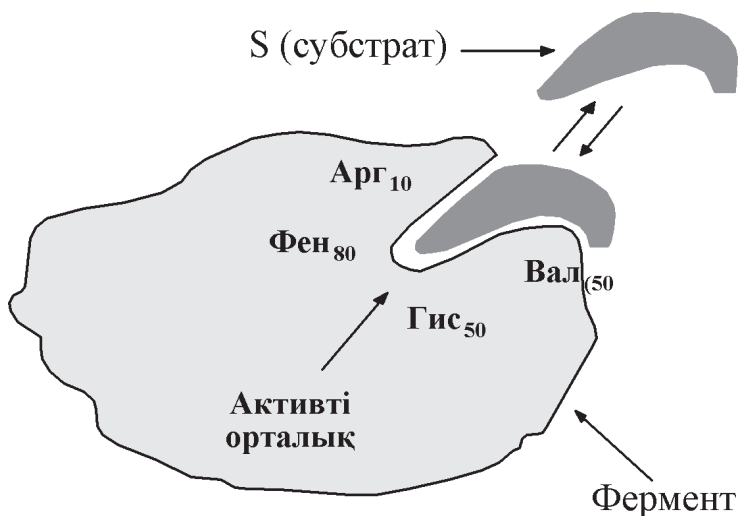
Мұндағы, S - субстрат, E - фермент, P – өнім

Фермент молекуласының субстратпен тікелей түйісіп, арнайы талғамдылықпен әрекеттесетін бөлігін ферменттің активті орталығы деп атайды. Ферменттің активті орталығы субстратпен байланысып, өзгеріске ұшырайды. Активті орталық бүйір радикалында функционалды тобы бар амин қышқылдарының қалдықтарынан түзіледі. Мысалы,

- серин және треониннің –ОН тобы;
- гистидиннің имидазол сақинасы;
- триптофанның индол сақинасы;
- фенилаланиннің аромат сақинасы;
- цистеиннің –SH топтары;
- метиониннің тиоэфир тобы.т.б.

Активті орталық белоктардың ІІІ реттік құрылымы деңгейінде жинақталады, белоктарда ІІІ реттік құрылым түзілгенде гидрофобты қалталар пайда болады. Сол қалталарда фермент субстратпен әрекеттеседі.

Активті орталыққа кіретін амин қышқылдары қалдықтарындағы функционалды топтар полипептидті тізбектің жинақталып, шумақталуының нәтижесінде бір-біріне жақындайды. Нәтижесінде субстрат реакцияға түсуге бейімделген химиялық қосылысқа айналады.



7-сурет. Активті орталықта субстраттың байланысуы

Ферменттің активті орталығы екі аймақтан құралады. Оның бірі – субстратты таниды және байланысады, ол субстраттық аймақ деп аталады, ал екіншісі химиялық реакцияның сипатын анықтап, катализдік қызмет атқарады. Активті орталықтың кеңістік құрылымы әрекеттесетін қосылысқа стереохимиялық комплементарлы келеді. Субстраттың активті орталықпен байланысуы сутектік, гидрофобты, электростатикалық әрекеттесулер арқылы арнаулы ковалентті емес байланыстармен жүзеге асады (7-сурет).

Ферменттік реакцияға қатысатын субстраттың молекуласының ферменттің молекуласына қарағанда мөлшері көп кіші болады, сондықтан фермент субстрат комплексі түзілгенде, пептидті тізбектегі амин қышқылының аз бөлігі қатысады.

Бірнеше суббөліктен тұратын ферменттерде активті орталықтан басқа, молекула бетінде қосымша байланыстырушы орталықтар болады, олар аллостериялық (реттеуші) орталық деп аталады. Мұндай орталық тек қана бірнеше мономерден тұратын күрделі ферментке тән. Аллостериялық орталық активті орталықтан біршама қашықтықта орналасады. Аллостериялық орталықтың қызметі аллостериялық эффекторлармен байланысу. Аллостериялық орта мен эффектор байланысқан кезде ферменттің барлық молекуласының конформациясы өзгеріске ұшырайды, соның нәтижесінде ферменттің активті орталығының субстратқа деген сәйкестігі жоғарылайды не болмаса төмендейді, яғни эффекторлар ферменттердің активтілігін реттейді. Кейбір ферменттерде екі немесе бірнеше реттеуші орталық болады, олардың біреуі ингибиторға ал екіншісі активаторға жақын келеді. Аллостериялық эффекторларға субстраттар, реакция өнімдері, нуклеотидтер (АМФ, АТФ), металл иондары және амин қышқылдары жатады. Жыныс гормондары ферменттердің аллостериялық орталығын реттеп отырады. Мысалы, глутамин қышқылының дезаминденуі төмендейді. Соңғы уақытта аллостериялық деген сөздің орнына реттеуші деген терминді пайдаланған дұрыс деп есептелінеді.

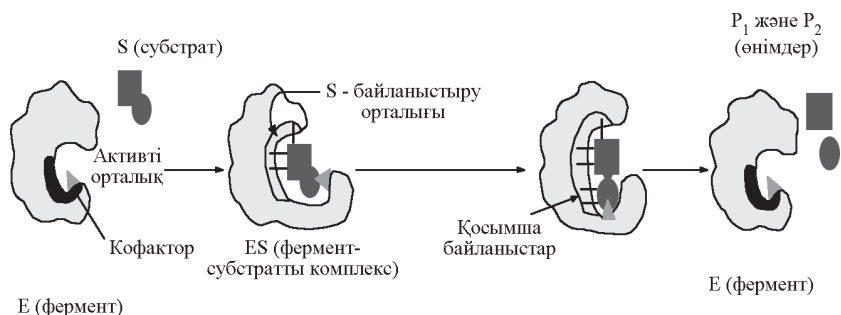


### 3.7. Ферменттердің әсер ету механизмі

Әдетте химиялық реакциялардың жылдамдығы реакцияға түсетін молекулалардың соқтығысу жиілігіне байланысты. Ал соқтығысу жиілігі молекулалардың концентрациясы мен ортаның температурасына тәуелді.

Температураның артуына қарай молекулалар қозғалысының кинетикалық энергиясы да артады, бұл молекулалар соқтығысуының жиілігіне әсер етеді. Реакцияның өтуі үшін молекулалардың соқтығысуы жеткіліксіз. Бұл кезде олар активті күйде болуы қажет, басқаша айтқанда, оларда реакция үшін қажетті энергияның біршама артық қоры болуы тиіс. Молекуланың реакцияға түсуіне керекті энергияны активтендіру энергиясы деп атайды. Фермент осы реакцияға қажет активтендіру энергиясын азайту арқылы реакцияның жылдамдығын көтереді. Ол үшін фермент реакцияға ұшырайтын заттың молекуласымен (субстрат) бірігіп, комплекс түзеді. Бұл комплекстің түзілуіне энергия әлдеқайда аз жұмсалады.

Ферменттердің ерекше қасиетке ие болуы: 1) фермент өзінің субстратын айырып таниды, 2) өзіне тән арнайылықпен бір реакцияны ғана катализдейді. Өзінің субстратын тануға ферменттің активті орталығында орналасқан амин қышқылдарының бүйір топтары көмектеседі. Амин қышқылдарының әсерінен активті орталық субстратпен белгілі бір тәртіппен жанасады. Егер субстраттың пішіні (Е және S) активті орталық қуысына комплементарлы келсе, фермент конформациясында аздаған өзгеріс пайда болады (8-сурет).



8-сурет. Фермент әсерінен субстраттың (S) өнімдерге  $P_1$  және  $P_2$  айналуы

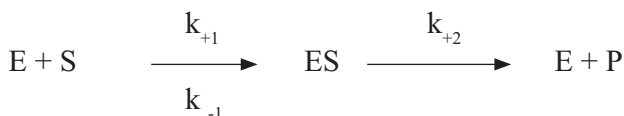
Субстраттың фермент бетінде танысып бірігуі электростатикалық тартылыс күші әсерінен іске асады. Мұндай байланысу сутектік байланыс болған кезде және өзара гидрофобтық әсер кезінде пайда болады.

Ферменттік реакциялардың кинетикасы деп реакцияның жүру жылдамдығын айтады.

Реакция жылдамдығын белгілі бір уақыт өлшемінде фермент әсерімен өнім бойынша (немесе субстраттың жойылу мөлшері бойынша) есептейді. Ферменттік реакция жылдамдығын моль/л. мин<sup>-1</sup> көрсетеді.

Л. Михаэлис пен Ментон (1913) екеуінің анықтауы бойынша, фермент концентрациясы тұрақты кезде реакция жылдамдығы субстрат концентрациясына байланысты болады. Бірақ реакция жылдамдығының субстрат концентрациясына байланысы пропорционалды емес екені анықталды. Субстрат концентрациясы артқан кезде реакция жылдамдығы алғашында артады, ал одан кейін белгілі бір тұрақты шамаға жетуге тырысатын сияқты. Ферменттік реакциялар жылдамдығының субстрат концентрацияларына тәуелділігі гипербола түрінде сипатталады.

Л. Михаэлис пен М. Ментон теориясы бойынша фермент E субстратпен S реакцияға түседі, бұл реакцияның жылдамдық константасы  $k_{+1}$  деп белгіленеді, нәтижесінде фермент – субстрат ES комплексі түзіледі. ES комплексі бастапқы субстратпен ферментке диссоциялануы мүмкін, бұл реакцияның жылдамдық константасын  $k_{-1}$  деп алуға болады. Егер реакция өнімі түзілетін болса, реакцияның жылдамдық константасы  $k_{+2}$  тең болып, реакция өнімі мен фермент бөлінеді:



Фермент-субстрат комплексінің диссоциациялана алатындығына байланысты, комплекстің диссоциация константасы тура және кері реакция жылдамдықтарының константалары қатынасына тең болады. Бұны мына түрде жазуға болады:

$$K_M = \frac{k_{+1}}{k_{-1}}$$

Яғни, бұл комплекстің диссоциация константасы тура және кері реакция жылдамдығы константаларының қатынасына тең. Реакция жылдамдығы константаларының арақатынасын Михаэлс-Ментон константасы деп атайды және  $K_M$  деп белгілейді.  $K_M$  фермент-субстрат комплексінің диссоциация константасын көрсетеді.

$K_M$  фермент-субстрат комплексінің диссоциация константасы көп болғанда,  $k_{-1}$  мөлшері де көп болады, ал  $k_{+1}$  мөлшері аз болады. Бұл кезде комплекс құрам бөліктеріне оңай ыдырайды және реакция баяу жүреді. Керісінше, егер  $k_{+1}$  константасы көп және  $k_{-1}$  аз болса, онда  $K_M$  аз болады және ферменттативті реакция тез жүреді.

Әрбір ферменттік реакцияға Михаэлс-Ментон константасы  $K_M$  сипаттама береді. Фермент активті болған сайын  $K_M$  шамасы аз. Көпшілік ферменттің  $K_M$  шамасы  $10^{-1}$ - $10^{-6}$ М, ал активтілігі төмен трипсинде  $K_M = 5 \times 10^{-3}$  М.

Ферменттің  $K_M$  шамасы субстрат табиғатына тәуелді, сол сияқты температураға және ортаның иондық күшіне байланысты.  $K_M$  шамасы дегеніміз - субстрат концентрациясы, мұндай кезде ферменттің активті орталығының жартысы ғана жұмыс істейді.

Ферменттік реакциялардың кинетикасын зерттей келе, Михаэлс-Ментон реакция жылдамдығын анықтау үшін мынадай теңдеу ұсынды:

$$V = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_M + [S]} ;$$

$V_{\max}$  – ферменттің активті орталығын субстратпен қанықтырған кезде болатын ең жоғарғы жылдамдық.  $[S]$  – субстрат концентрациясы,

$K_M$  - Михаэлс–Ментон константасы;

$K_M$  шамасын анықтау кезінде реакцияның алғашқы жыл-

дамдығын ең жоғарғы жылдамдығының жартысына тең деп қарастырады, яғни бұл теңдеу реакцияның бастапқы жылдамдығы, реакцияның максималды жылдамдығы және субстраттың бастапқы концентрациясы араларындағы байланысты көрсетеді:

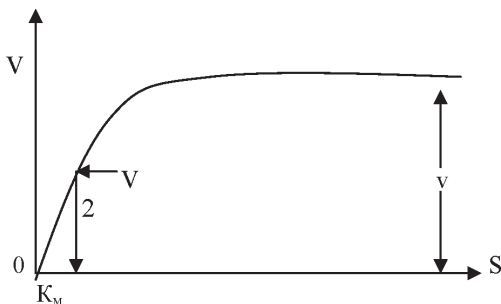
$$V_0 = \frac{1}{2} V_{\max}$$

Михаэлс-Ментон теңдеуін өзгертіп және оның екі бөлігін де  $V_{\max}$  көрсеткішіне бөліп,  $K_M$  шамасын шығарамыз:

$$K_M = [S]$$

Осы теңдеуден мынадай маңызды қорытынды шығады:  $K_M$  шамасы субстрат концентрациясына тең болады. (моль/л есебімен), бұл жағдайда реакция жылдамдығы ең жоғарғы жылдамдықтың жартысына тең келеді (9-сурет).

$$K_M = [S] \text{ кезінде } V_0 = \frac{V_{\max}}{2}$$



**9-сурет.** Михаэлс константасының графикалық көрінісі.

Ферменттік реакцияның жүруін 4 фазаға бөлуге болады:

Бірінші фазада фермент-субстратты комплексі түзіледі, мұнда субстрат пен фермент иондық, коваленттік т.б. байланыстармен тұрақталады.



Екінші фазада фермент-субстратты комплекстің құрамында химиялық өзгерістер жүреді, нәтижесінде, фермент-субстрат комплексі химиялық реакцияға дайын күйінде айналады.

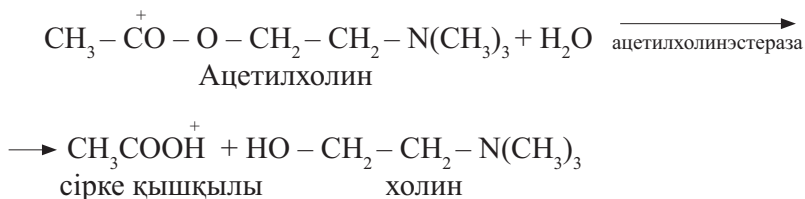
Үшінші фазада химиялық реакцияның өзі жүреді, реакция өнімі түзіледі.

Төртінші фазада реакция өнімі фермент-өнім комплексінен бөлініп шығады.

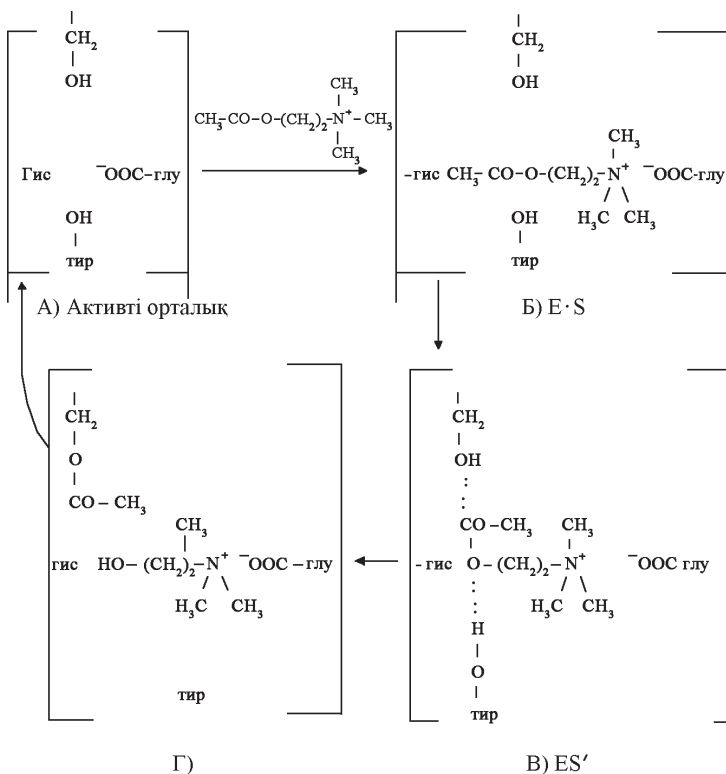
Барлық фазаларды қосып жазсақ:



Осы схемаға үлгі ретінде ацетилхолиннің гидролиздену реакциясын алуға болады. Жүйке импульстерін жіберуде ацетилхолин медиатор (дәнекер) қызметін атқарады. Процесс үздіксіз жүру үшін жүйке импульсінің жіберілу нәтижесінде бөлінген ацетилхолин толығымен ыдырауы қажет. Бұл гидролиз реакциясы ацетилхолинэстераза ферментінің қатысымен өтеді (10-сурет).



Ацетилхолинэстераза - бір компоненттен тұратын фермент. Активті орталығында шамамен төрт амин қышқыл қалдықтары болады, бұл - глутамин қышқылы, серин, гистидин және тирозин. Бірінші фазада, ацетилхолинэстераза ферментімен субстрат арасында фермент-субстрат комплексі түзіледі. Комплексті байланыстырып ұстайтын глутамин қышқылының - COOH тобы мен (+) зарядталған ферменттің N атомы арасындағы электростатикалық тартылу күштері.



**10-сурет.** Ацетилхолинэстераза әсерінің механизмі

А - ферменттің активті орталығы, Б – фермент-субстратты комплекс,

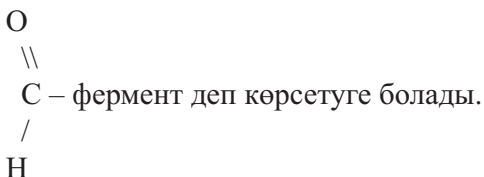
В – фермент-субстратты комплекстің құрылымын өзгерту арқылы субстратты дайындау кезеңі. Г - өнімі мен фермент.

Фермент–субстратты комплекс түзілгеннен кейін ацетилхолинэстераза ферментінің активті орталығында орналасқан басқа да амин қышқыл қалдықтары түрлі өзгерістерге түседі. Нәтижесінде ацетилхолиндегі күрделі эфирлік байланыста – СО тобымен оттек арасындағы байланыс әлсірейді, енді бұл байланысты үзу үшін энергия көп жұмсалмайды, яғни ES' – комплекстің пайда болуы химиялық реакцияның энергетикалық мүмкіндігінің төмендеуіне әкеледі. Фермент-субстратты комплекс пайда болу кезінде ферменттің ІІІ реттік құрылымы бірнеше рет өзгереді, бұл ферменттің субстратқа жақындап, кеңістікте бағыттталып орнала-

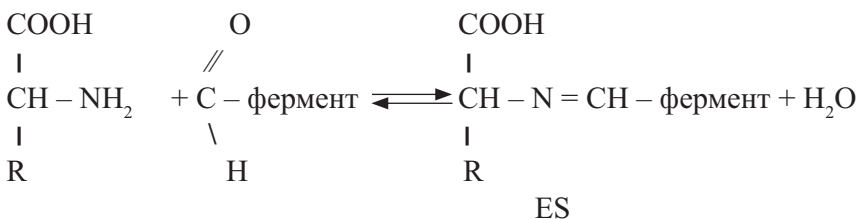
суына мүмкіндік береді. III реттік құрылымның өзгеруі барлық полипептидті тізбек ферментативті катализге қатысқанда ғана мүмкін болады.

Екінші мысал, аминотрансфераза ферменті – күрделі фермент, мұның коферменті пиридоксальфосфат, апофермент пен кофермент коваленттік байланыс арқылы қосылған.

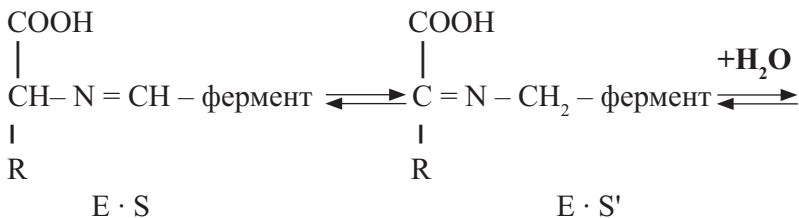
Аминотрансферазаның активті орталығын коферменттің альдегидтік тобы құрайды, сондықтан жазуға жеңілдік болу үшін бұл ферментті



Ферменттік катализдің бірінші сатысында фермент-субстрат E-S комплексінің түзілуі жүреді. Фермент-субстрат арасындағы байланыс – коваленттік байланыстар.



Екінші сатыда субстрат молекуласында таутомериялық өзгерістер өтеді және фермент-субстраттық комплексі [E · S'] пайда болады.







### 1.2. Бұл кезде

- а) ферменттің функционалдық тобының ионизациялануы өзгереді
- ә) фермент-субстрат комплексі пайда болады
- б) дисульфидті байланыстар үзіледі
- в) молекула қозғалысының жылдамдығы төмендейді

### 1.3. Осының салдарынан:

- а) ферментативті реакцияның жылдамдығы өседі
- ә) субстрат пен фермент молекуласының соқтығысу мүмкіндігі төмендейді
- б) фермент-кофермент-субстрат түзіледі
- в) ферменттің активті орталығының конформациясы өзгереді
- г) субстратқа деген ферменттің тартқыштығы өседі

### 1.4. Нәтижесінде:

- а) апофермент пен кофермент арасында мықты байланыс түзіледі
- ә) реакция жүретін ортада өнімнің мөлшері өседі
- б) өнімнің түзілу жылдамдығы төмендейді
- в) фермент пен субстрат арасында берік байланыс түзіледі
- г) субстрат пен ферменттің әрекеттесу мүмкіндігі өседі

## ***II. «Тізбекті» тапсырманы орындаңыз:***

### 2.1. Сілтілі фосфатаза ферментінің активтілігі төмендейді:

- а) фермент мөлшері көбейгенде
- ә) температура 37°-38°С шамасында болғанда
- б) субстрат мөлшерін көбейткенде
- в) НАД<sup>+</sup> коферментінің мөлшері өзгергенде
- г) реакция жүретін ортада Н<sup>+</sup> концентрациясы өскенде

### 2.2. Бұл төмендегі жағдайды туғызады:

- а) фермент молекуласында ковалентті байланыстары үзіледі
- ә) фермент-субстратты комплекс түзіледі
- б) өнімнің пайда болу жылдамдығы өседі
- в) фермент пен субстраттың функционалдық топтарының ионизациялануы өзгереді

### 2.3. Осының салдарынан:

- а) ферментативті реакцияның жылдамдығы өседі
- ә) өнімнің түзілуі өседі
- б) фермент заряды мен конформациясы өзгереді
- в) фермент-кофермент-субстрат комплексі түзіледі
- г) ферменттің субстратқа деген тартқыштығы өседі.

2.4. Сондықтан:

- а) өнімнің пайда болуы өседі
- ә) ферменттің субстратқа деген тартқышытығы кемиді және ферментивті реакция жылдамдығы төмендейді
- б) пайда болған өнім ферменттің активті орталығында қалады
- в) фермент пен субстрат арасында берік байланыс түзіледі
- г) субстрат пен ферменттің әрекеттесу мүмкіндігі өседі.

### ***Тест тапсырмалары***

#### **1. Жай ферменттерді құрайды:**

- А) амин қышқылдары
- Ә) амин қышқылдары мен көмірсулар
- Б) липидтер
- В) көмірсулар
- Г) амин қышқылдары мен белок емес заттар

#### **2. Тотығу-тотықсыздану реакцияларының ферменттері:**

- А) оксидоредуктаза
- Ә) трансфераза
- Б) гидролаза
- В) изомераза
- Г) лиаза

#### **3. Ферменттің белок емес бөлігі:**

- А) апофермент
- Ә) кофермент
- Б) профермент
- В) изофермент
- Г) гистон

#### **4. Ферменттердің әрекетін күшейтуге қатысатын ерекше зат:**

- А) активатор
- Ә) ингибитор
- Б) антикатализатор
- В) апофермент
- Г) антибиотик

#### **5. Изоферменттер дегеніміз:**

- А) ферменттердің активті емес түрі
- Ә) ферменттің белоктық бөлігі

- Б) кофермент
- В) бір ферменттің әр түрі
- Г) кофактор

**6. Ферменттердің активті орталығы:**

- А) амин қышқылдарының функционалды топтары
- Ә) витаминдер
- Б) белок емес органикалық заттар
- В) амин қышқылдарының қалдықтарымен біріккен белок емес заттар
- Г) металдар

**7. Профермент дегеніміз:**

- А) ферменттердің активті емес түрі
- Ә) ферменттердің белоктық бөлігі
- Б) ферменттердің белоктық емес бөлігі
- В) реакцияға ұшырайтын заттар
- Г) бір ферменттің әр түрі

**8. Аминотрансфераза ферменті қандай реакцияны катализдейді?**

- А) дезаминдеу
- Ә) қайта аминдеу
- Б) декарбоксилдеу
- В) фосфорлану
- Г) гидролиз

**9. Ферменттер класы нені білдіреді?**

- А) ферменттер конформациясын
- Ә) коферменттер типін
- Б) осы фермент катализдейтін химиялық реакцияның типін
- В) ферменттің активті орталығының құрылысын
- Г) ферменттің аллостериялық орталығының құрылысын

**10. Ферменттер ингибиторларына конкурент бола алатын:**

- А) металдар
- Ә) амин қышқылдары
- Б) субстратқа құрылымы ұқсас келетін заттар
- В) ферменттің активті орталығына ұқсас келетін заттар
- Г) полипептидтер

**11. Ферменттердің активаторлары:**

- А) металдар иондары
- Ә) аниондар

- Б) амин қышқылдары
- В) полипептидтер
- Г) коферменттер

**12. Аллостериялық ферменттерде болуы мүмкін:**

- А) тек бір аллостериялық орталық
- Ә) бірнеше аллостериялық орталық
- Б) реакция кезінде аллостериялық орталықтар саны өзгеруі мүмкін
- В) аллостериялық орталық активті орталыққа тәуелді
- Г) аллостериялық болмауы да мүмкін

**13. Аллостериялық ферменттер кинетикасы:**

- А) Михаэлис-Ментен теңдеуімен сипатталады
- Ә) Михаэлис-Ментен теңдеуімен сипатталмайды
- Б) белгілі жағдайда ғана Михаэлис-Ментен теңдеуімен сипатталады
- В) фермент-субстрат комплексінің түзілуімен сипатталады
- Г) тежеуіш заттардың әсеріне тәуелді

**14. Ферменттер иммобилизациясы нәтижесінде өзгереді:**

- А) ферменттер концентрациясы
- Ә) ферменттер тұрақтылығы
- Б) ферменттер активтілігі
- В) ферментативті реакцияның уақыты ұзарады
- Г) ферменттің пайдалану мерзімі

**15. Химиялық табиғаты жағынан ферменттер:**

- А) көмірсулар
- Ә) бейорганикалық катализаторлар
- Б) белоктар
- В) амин қышқылдары
- Г) липидтер

**16. Трипсиногеннің трипсинге айналуын белсендіреді:**

- А) энтерокиназа ферменті
- Ә) автокатализ (HCl қатысында)
- Б) эндопептидаза ферменті
- В) пепсин
- Г) эластаза

## IV. ВИТАМИНДЕР

### 4.1. Витаминдер туралы жалпы түсінік

И. Луниннің ғылыми жұмысына дейін (1880 ж.) қорек үшін бес түрлі ғана зат - белоктар, майлар, көмірсулар, минералдық тұздар және су қажет деген пікір қалыптасқан еді. Ал кейін үнемі тамақтың бір түрімен ғана қоректену, сондай-ақ ұзақ уақытқа созылған саяхат кезінде адамдарда ұшырасатын бірқатар сырқаттардың қоректе кейбір заттардың жетіспеуінен болатыны белгілі болды.

Азық-түлігінде жүгері өнімдері басым болатын кейбір елдерде (Италия, т.б.) пеллагра деген ауру таралған, ондай сырқат кезінде дененің ашық жері, терісі қабынып ауруға (дерматит) ұшырайды ал негізгі қорегі күріш дақылы болып табылатын Азия елдерінде бери-бери (паралич) деген ауру кездеседі. Мұндай ауру кезінде нерв тармақтары қабынады да, қол-аяқ тырысып қалады. Мұндай сырқат әсіресе күрішті машинамен өңдеп, ақтау тәсілдерін енгізу салдарынан көбейіп кетті.

Поляк ғалымы К. Функ (1911 ж.) ақталып тазартылған күрішті оның кебегінің сығындысын қосып, тауыққа береді. Мұндай жемді жеген тауық бери-бери ауруының өршуін болдырмаған. Бұдан кейін ғалым бери-бери сырқатынан сақтайтын затты күріш кебегінен бөліп алады. Ол амин тобы бар химиялық зат екенін анықтайды. Сондықтан Функ ол затты витамин деп атайды (латынш *vita*-тіршілік, өмір).

Адамның және жануарлардың ағзасында, өсімдік тектес азықтарда витаминдердің алғы шарты сияқты қосылыстар болады. Олар провитаминдер (каротиндер, стеролдар) деп аталады. Мұндай провитаминдер тиісті активті қалыпқа түскеннен кейін сәйкес витаминдерге айналады. Азық-түлікте, жем-шөпте ұзақ уақыт бойы витаминдер болмаса немесе ағзаның витаминді сіңіру қабілеті бұзылса, ауру пайда болады, ондай ауруды авитаминоз деп атайды.

Авитаминоз ауруларын витаминдерді көбірек беру арқылы емдейді. Авитаминоз ауруларының белгілері айқын білінеді, сондықтан оның диагнозын қойып, анықтау онша қиын емес.

Витаминнің жетіспеуі жиі кездеседі. Мұндай кезде сырқат белгі береді. Бұл жағдайды гиповитаминоз деп атайды. Гиповитаминоз жағдайы ағзаға қажет витамин мөлшерінің нормадан төмендеп кетуінен болады. Гиповитаминоз белгілерін анықтау қиындау. Әдетте гиповитаминоз сырқаты қыстың аяғына таман, азық-түлікте және жем-шөпте витаминдер мөлшері өте азайған кезде байқалады.

Кез келген витаминді (әсіресе, А және Д витаминін) ағзаға қалыптан тыс көп беру гипервитаминоз ауруына ұшыратады. Витаминді бір жолы көп мөлшерде қабылдау уландырады. Ондай жағдайды гипервитаминоз деуге болмайды.

Химиялық табиғаты әлі анықталмаған алғаш алынған витаминдер латын алфавитінің бас әрпімен белгіленген болатын. Ол жағдай қазір әдебиетте кең көлемде қолданылады. Мысалы: А витамині, В витамині, С витамині, т. с. с.

Қазіргі кезде барлық витаминдердің химиялық құрамы анықталды және олардың бәрі синтездік жолмен алынды. Оларға химиялық атау берілді, мысалы, А витамині - ретинол (-ол жалғауы молекуласында спирт тобы бар екенін білдіреді).

Д витамині -кальциферол деп аталады, яғни «кальций ионын тасымалдайды» деген мағынаны береді.

Сол сияқты витаминдер жетіспеген кезде ұшырайтын аурудың атымен атау қабылданған. Ол кезде «анти» деген қосымша жалғанды. Бұл қосымша сөз болып отырған витаминге сәйкес авитаминоз ауруының алдын алады және одан сақтандырады деген мағынаны білдіреді. Мысалы, Д витамині антирахит витамині (рахитке қарсы) деп, С витамині антицинготтық (құрқұлаққа қарсы) витамин деп аталады т.с.с.

Барлық витаминдер өздерінің физикалық-химиялық қасиеттеріне қарай екі класқа бөлінеді, олар:

1. майларда еритін витаминдер;
2. суда еритін витаминдер.

## Кейбір витаминдердің ферменттік катализдік қызметі

7-кесте

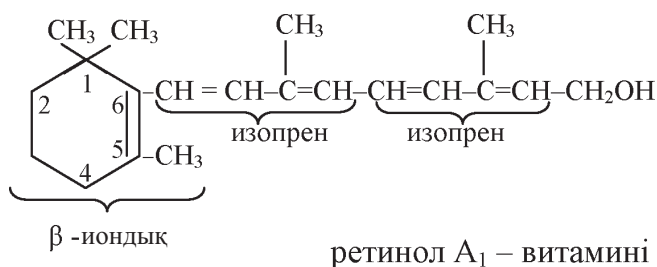
әріптік белгіленуі	Витамин	Активті түрі	Катализделінетін реакция
<b>Суда еритін витаминдер</b>			
B <sub>1</sub>	Тиамин	Тиаминпирофосфат	α-кетоқышқылдарының декарбоксилденуі
B <sub>2</sub>	Рибофлавин	Флавинмононуклеотид	Тотығу-тотықсыздану реакциялары
B <sub>5</sub> (PP)	Никотинамид	никотинамидадениндинуклеотид	Тотығу-тотықсыздану реакциялары
B <sub>6</sub>	Пиридоксин	пиридоксальфосфат	Амин тобын тасымалдау
B <sub>3</sub>	Пантоген қышқылы	Кофермент А	Ацил топтарын тасымалдау
H	Биотин	Биоцитин	CO <sub>2</sub> молекуласын тасымалдау
<b>Майда еритін витаминдер</b>			
A	Ретинол	ретиноль	Адамның көру процесіне қатысады
D	Кальциферол	1,25-дигидроксистероидкальциферол	CO <sub>2</sub> тобының алмасуын реттеу

### 4.2. Майларда еритін витаминдер

Бұл класқа А, Д, Е, К және F витаминдері т.б. жатады.

#### **А витамині (ретинол, антиксерофтальмалық витамин).**

1937 жылы Каррер А витаминінің құрылымын анықтап, формуласын тапты. А витамині дегеніміз - молекуласында β-ионды сақинасы бар, полиқаньқпаған бірінші реттік спирт. Оның құрылымдық формуласы мынадай:



Оның эмпирикалық формуласы:  $C_{20}H_{30}O$

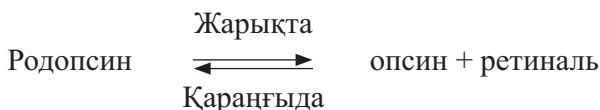
Ретинол молекуласының құрамында көміртегінің 20 атомы бар, β- иондық сақина изопреннің екі қалдығымен байланысқан. Ядродағы қос байланыс біреу, бұл қосылыс А<sub>1</sub> витамині ретінде белгілі. Тұщы суда тіршілік ететін балықтар майында және балық көзінің тор қабатында кездесетін екінші А витамині табылды, ол А<sub>2</sub> витамині деп аталады. Бұл витамин құрлымының А<sub>1</sub> витаминінен айырмасы ядродағы С<sub>3</sub> және С<sub>4</sub> атомдарының арасында екінші қосбайланыс бар.

Көкөністерде әсіресе сәбізде қызғылт түсті пигменттер каротиноидтар кездеседі. Каротиноидтар каротинге және ксантофиллге бөлінеді.

Адамның және жануарлардың ағзасында А витамині бірнеше қызмет атқарады; тері қабатында, тыныс жолдарында және ас қорыту жолында эпителий жасушаларының түзілуін реттейді, өсіп келе жатқан ағзадағы жасушалардың өсуіне және олардың жіктеліп бөлінуіне қатысады. А витаминінің альдегид туындысы опсин белогымен бірігіп, көздің тор қабатында жүретін химиялық процестерді реттейді. Қорғаныш белоктар (антитела) мен лизоцим ферментінің түзілуіне қатысады.

Ретинолдың көздің көруіне байланысты химиялық процесстеріне қатысуы жақсы зерттелген. Көру процесінде А витаминнің тотыққан түрі - ретиналь активті қызмет атқарады. Ретиналь опсин белогымен байланысады да, родопсин (мм. 38 000) түзеді. Родопсин дегеніміз - көздің тор қабатындағы көру қарашығы. Жарықтың әсерінен родопсин екі бөлікке - опсинге және ретинальға жіктеледі, ал қараңғы кезде родопсин қайтадан өзінің қалпына келеді.





Ағзада А витамині жетіспеген кезде эпителий жасушаларының қалыпты түзілуі бұзылады. Бұл А-авитаминоздың бір себебі. Мұндай авитаминоз кезінде теріде сызат пайда болып, ол қабыршықтана бастайды, осының салдарынан микроағзалар және зиянды заттар жасушаға оңай ене алады. Ретинолдың жетіспеуі салдарынан лизоцим болмайды. Сол көздің шырышты қабатын ауруға ұшыратады. Оның эпителийі құрғайды. Мұндай сырқатты ксерофтальмия (гректе құрғақ, *ophthalmos* – көз) деп атайды. Ксерофтальмия сырқаты кезінде көздің шарайнасы (қасаң қабаты) қатты зақымданады, соның салдарынан соқыр болып қалады.

А-авитаминоз сырқатының алғашқы белгісі тауықкөз (ақшам соқыр) болады. Бұл витаминнің жетіспеуі - жас төлдердің өсуін тоқтатады және сперматогенез процесі тиылады, осының салдарынан мал басын өз төлі есебінен көбейту процесі бұзылады.

А<sub>1</sub> және А<sub>2</sub> витаминдері жануарлар ағзасында болады. Әсіресе, балықтың бауыры, жануарлар бауыры, жұмыртқаның сары уызы, жазда сиыр сүтінен алынған сары май осы витаминдерге бай келеді. Ал етте олар біршама аз. Каротиноидтар сәбізде, өрікте, петрушка жапырағында, асқабақта және барлық жасыл өсімдіктерде кездеседі.

### Өсімдік тектес азықтардағы каротиноидтар мөлшері

8-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Сәбіз	100
Көк пияз	45
Картоп	40
Пияз	35

А витаминінің жануарлар ағзасына қажетті мөлшері - тірідей салмағының 1 кг мөлшеріне 6 мкг (1 микрограммы – 10<sup>-6</sup>г). Ал ересек адам үшін тәулігіне 0,7 мг А витамині қажет.

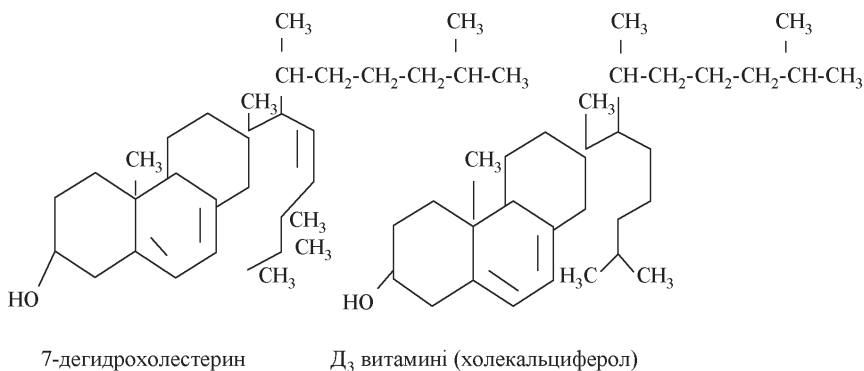
## Жануар тектес азықтардағы А витаминінің мөлшері

9-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Бауыр	250
Тауық жұмыртқасы	100
Сары май	75
Сиыр сүті	1,0

**Д витамині (кальциферол, антирахит витамині)** таза түрінде түссіз кристалл зат, суда ерімейді. Эмпирикалық формуласы  $C_{28}H_{44}O$ . Химиялық құрылымы жағынан стериндерге жақын, ол жануарлар ағзасында 7-дегидрохолестерин затынан түзіледі. Таза Д витамині 1932 ж. (Виндаус) алынды да, оған  $D_2$  витамині (эргокальциферол) деген атау берілді.

Жануарлардың және адамның терісінде Д-провитамин 7-дегидрохолестеролды ультракүлгін сәулемен әсер еткенде  $D_3$  витамині (холекальциферол) түзіледі. Өсімдіктер дүниесінде  $D_2$  витамині эрогостерин провитаминінен түзіледі. Бұлардың бәріне тән бір ортақ қасиет – олар барлық жан-жануарлардың өмір сүруіне, оның ішінде жас ағзаның өсіп жетілуіне өте қажет кальций мен фосфордың бойға сіңуін және зат алмасуын реттеуге қажет.  $D_2$  және  $D_3$  витаминдерінің құрылыс формуласы төмендегідей:



Кальциферолдардың негізгі қызметі ағзадағы кальцидің алмасуын реттеу болып табылады. Д витамині өзінен-өзі биологиялық активті емес, реттегіш қызметі олардың гидроксильденген туындыларына байланысты, ондай туындылардың полярлық сипаты бар.  $D_3$  витамині ең алдымен бауырда гидроксильденеді, одан

кейін бүйректе 1,25-дигидроксихоликальциферол және 1,24, 25-тригидроксихолекальциферол түзіледі.

Бұл заттар бүйректен негізінен ащы ішекке және сүйек ұлпасына барады, сол арада кальцийдің және фосфордың алмасуын реттейді, Д витаминінің осы гидроксильденген метаболиттері ішектердің шырыш қабатында кальций ионының сорылуын реттейді. Д витамині стероидтық гормондар сияқты транскрипция деңгейінде әсер етеді және ол кальцийді байланыстырушы белоктардың синтезделуіне себеп болады. Ол белоктың м.м. 10 000-12 000. Белок ішекте кальцийдің 2 – 4 атомын қосып алады да, қан арқылы сүйек ұлпасына және басқа да мүшелер мен ұлпаларға жеткізеді.

Егер Д витамині жеткіліксіз болса, өсіп келе жатқан жас жануарлардың сүйегінде және шеміршегінде кальций мен фосфор тұздарының жиналып қалыптасу процесі бұзылады.

Сүйектері жұмсарады, омыртқа сүйектерінің пішіні бұзылады және аяқтары қисайып өседі. Халық арасында бұл ауру мешел, рахит (грекше) деген атпен белгілі.

Бұзаулар, торайлар, қозылар, құс балапандары сияқты ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлдері рахитке жиі ұшырайды. Олардың бүкіл сүйек жүйесінің дамуы бәсеңдейді, әсіресе, тіс дентинасы (сүйек ұлпасы) нашар жетіледі, қан азайып, анемия белгілері көрінеді. Рахит ауруына ұшырағандар өкпенің құрт ауруына оңай шалдығады.

Д витамині және оның провитаминдері табиғатта кең таралған. Жануар тектес азық-түліктерде – балық бауырының майында, сиыр, қой бауырында көп болады. Сол сияқты сары майда, сүтте, жұмыртқада кездеседі. Эргостерол сонымен қатар ашытқы, өсімдік дәндерінің майында және саңырауқұлақтарда кездеседі.

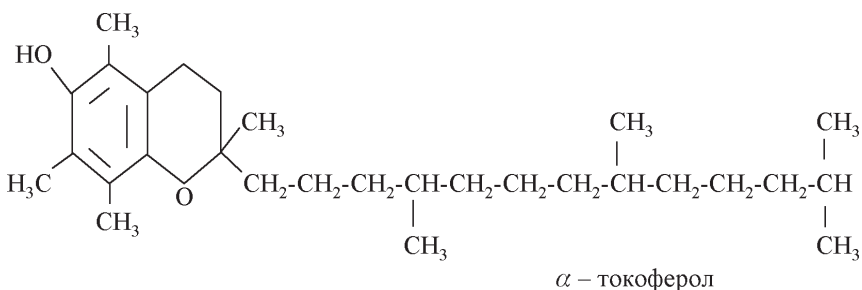
### Тағамдардағы D витаминінің мөлшері

10-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Теңіз майшабағы (скумбрия) бауыры	1400	Сиыр бауыры	0,025
Камбала бауыры	80	Тауық жұмыртқасы	0,05
Нәлім (треска) бауыры	3,0	Сары май	0,03

Ауыл шаруашылығы малдарының Д витаминін қажет етуі: тірідей массасының әр 100 кг мөлшеріне 25 мкг болуы керек. Мал шаруашылығында рахит ауруының алдын алу үшін торайларды, шөжелерді ультракүлгін сәулемен қыздырады, күн түсіп тұрған ашық күндері жас төлдерді ашық жерге шығарып бағады.

**Е витамині (токоферолдар, антистерил немесе өсіп-өну витамині)** немесе токоферол сары түсті май тәріздес сұйықтық. 1938 жылы Каррердің лабораториясында синтез жолымен алынған болатын. Бұл витаминнің химиялық құрылым негізіне токол спиртіне жалғасқан көміртегі атомының ұзын тізбегі жатады, ол тізбек қаныққан изопрен қалдықтарынан тұрады. Токоферол бензолда, спиртке және басқа да май еріткіштерінде ериді.



Е витаминінің құрылымына жақын және сол сияқты әсер етуші төрт түрлі зат алынды. Олар  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  және  $\delta$  -токоферолдар (грекше *tocos-* ұрпақ, *phero* – әкелу) деп аталады. Олардың ішінде, әсіресе, активтісі  $\alpha$ -токоферол. Басқа токоферолдардың активтігі  $\alpha$  - токоферолдікінен 5-10 есе төмен.

Токоферолдардың негізгі қызметі мынадай: олар қанықпаған липидтерді асқын тотыққа айналудан қорғайтын ең жақсы антиоксиданттар болып табылады. Сол сияқты олар липидтік мембраналарды бос радикалдардан қорғайды, сөйтіп, оттегінің әсерінен ферментсіз жүретін реакция тізбегін түзеді.

Токоферолдар бос радикалдармен ұстасып, реакция тізбегін түзетін болуы керек деген жорамал бар. Жасушаларда токоферолдармен қатар А және С витамині, сондай-ақ глутатион да антиоксидант қызметін атқарады.

Токоферолдар жетіспеген жағдайда жануарлар ұрпақсыздық дертіне шалдығады, бұлшық еттері әлсізденіп, қоректенуі



Табиғи К<sub>1</sub> витаминінен басқа олардың синтездік аналогтары белгілі. Олардың да антигеморрагиялық қасиеттері бар. Бұл аналогтар К<sub>3</sub>, К<sub>4</sub>, К<sub>5</sub>, К<sub>6</sub> витаминдер деп аталады. К<sub>3</sub> витамині викасол деген атпен медицинада қолданылады. Бұл витамин Ұлы Отан соғысы жылдарында жараланған көптеген Совет жауынгерлерінің өмірін сақтап қалуға себеп болды. К<sub>3</sub> витамині суда жақсы ериді және улы әсері жоқ.

К витаминінің жалғыз ғана қызметі – ол қанның ұюына қатысады. Бірақ оның өзі тікелей қан ұюы жүйесіне кірмейді. К витамині жетіспеген кезде протромбиннің антигеофильдік глобулин шамасы төмендейді. Протромбин бауырда түзіледі және ол К витамині жоқ кезде оны тромбинге айналдыратын кальций иондарын байланыстыра алмайды. Фибриногеннің фибринге айналуы үшін тромбин катализ қызметін атқарады, қан ұюының мағынасы осы негізге байланысты.

Жоғарыда айтылғандай К-авитаминоз сырқатына тән белгі – терінің астына және бұлшық еттерге қан құйылуы. Ондай жағдай қан ұюы жылдамдығының төмендеуінен болады.

К витаминіне бұршақ тұқымдас өсімдіктері, сәбіз, капуста, томат, қалақай жапырағы бай келеді. Сол сияқты К витамині бауырда, жұмыртқада, сүтте кездеседі. К витамині жануарлар мен адамдардың ішек-қарнында микроағзалар синтездеп дайындайды. Сондықтан оның ағзаға қажетті тәуліктік мөлшерін анықтау қиын, адамға қажетті мөлшері күніне 0,2-0,3 мг.

К витамині тауық, қаз, үйрек, түйетауықтар үшін өте қажет.

### К витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері

12-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Шошқа бауырында	0,8	Сәбіз	3,2
Саумалдық	4,4	Томат	0,6

**Е витамині (линол қышқылы, линолен қышқылы, арахидон қышқылы)** полиқанықпаған май қышқылы, адамдар мен жануарлар ағзасында басқа заттардан синтезделмейді және ауыстырылмайтын зат. Соңғы ғылыми мәліметтерге қарағанда

ауыстырылмайтын май қышқылдарына тек линол қышқылы ғана жатады. Линол қышқылы ұлпада жеткілікті мөлшерде жиналған кезде одан линолин қышқылы мен арахидон қышқылы түзіледі деген болжам айтылады.

Линол қышқылының ( $C_{17}H_{31}COOH$ ) молекуласында көміртегінің 18 атомы және екі қос байланыс бар.

Линолен қышқылы ( $C_{17}H_{29}COOH$ ) молекуласындағы қос байланыстың саны үшеу. Ал арахидон қышқылының ( $C_{19}H_{31}COOH$ ) молекуласында көміртегінің 20 атомы болады және ондағы қос байланыстың саны төртеу.

Полиқанықпаған май қышқылдары жасуша мембраналары құрылымының құрамына кіреді (пластикалық қызмет атқарады). Ауыстыруға болмайтын май қышқылдарының айтарлықтай қызметі – олар простагландиндердің алғы заттары болып табылады. Простагландиндердің көптеген биологиялық процестерді реттеуші қасиеті бар, нерв жүйесінің қан айналу жүйесі қызметіне, жылтыр бұлшық еттердің жиырылуына қатысады, т.с.с.

Ауыстырылмайтын май қышқылдары ағзада жетіспеген кезде жас малдың денесінің өсуі нашарлайды. Тері қабатының зақымдануы, бүйрегінің дерттенуінің және өсіп-өну қызметінің бұзылғаны байқалады. Ағзаның жұқпалы ауруларға қарсы табиғи төзімділік қасиеті төмендейді, жануарлардың өнімділігі төмендейді. F витамині жетіспеген кезде жұмыртқалаушы тауықтың дене салмағы және жұмыртқасының ұрықтануы кемиді.

Авитаминоз сырқаты кезінде адамдарда холестерол алмасуының бұзылуы салдарынан склероз құбылысы байқалады, бұл кезде қан тамырлары қабырғасында қатпарлар пайда болады.

Линол қышқылы мен линолен қышқылы өсімдік тектес және жануар тектес өнімдердегі триглицеридтер мен фосфолипидтер құрылымында болады. Арахидон қышқылы тек қана жануарлар липидінде кездеседі.

Арахидон қышқылының бір тәуліктегі адамға қажет мөлшері оның рационының 0,1% немесе линол қышқылының не линолен қышқылының 1% шамасындай.

1955 жылы жануарлар майынан Q (убихинон) витамині бөлініп алынды. Бұл, әсіресе, мембрананың митохондрияларында көп кездеседі, химиялық жағынан Q витамині хинонның ту-

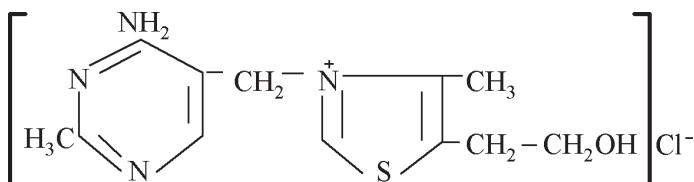
ындысы. Убихинон биологиялық тотығу процестерінде үлкен рөл атқарады, ұлпаның тыныс алуына да қатысады.

Q витамині, әсіресе, жүректің бұлшық еттерінде көп болады.

### 4.3. Суда еритін витаминдер

Суда еритін витаминдер өте көп. Оларға: В витаминдер тобы, С, Р витаминдері, инозит жатады. В витаминдер тобына 15-тен астам зат кіреді, олардың бәрінің молекуласында азот бар. В витаминдер тобына жататындар В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, (РР), В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, В<sub>с</sub>, В<sub>15</sub> витаминдері және басқалар.

**В<sub>1</sub> витамині (тиамин, антинеуриттік витамин, аневрин).** Пиримидин және тиазол сақинасы В<sub>1</sub> витамині молекуласының негізін құрады. Ол екі сақина метилен тобы (-СН<sub>2</sub>) арқылы байланысады.



В<sub>1</sub> витамині молекуласында күкірттің және амин тобының болуы оны тиамин деп атауға негіз болды.

Тиамин кристалдық жағдайда түссіз ине тәрізді тұз қышқылды тиамин түрінде алынады (C<sub>12</sub>H<sub>17</sub>NOSC1·HCl). Тиамин суда жақсы ериді, этил спиртінде нашар ериді, эфирде ерімейді. Тиамин пирофосфат кофермент есебінде ферменттер құрамына енеді.

Тиамин ағзада тиаминпирофосфатқа (ТПФ) айналады. Ал тиаминпирофосфат пируватдегидрогеназаның, α-көтаглютаратгидрогеназа және транскеталаза ферменттерінің простетикалық тобы.

Бұл ферменттер кетокышқылдардың декарбоксилденуіне қатысады. Мысалы, пируватдегидрогеназа жануарлар ұлпасында пирожүзім қышқылын ацетилкоферментке дейін тотықтырып, декарбоксилденуіне және СО<sub>2</sub> бөліп шығаруды катализдейтін мультиферменттік жүйеге қатысады.

В<sub>1</sub> авитаминоз дерті кезінде миға және қанға мето қышқылы жиналады, ол нерв тармақтарын ісіндіріп ауыртады, денені



құрыстырып, тырыстырады, параличке, сал ауруына ұшыратады. Бұдан өзге жүрек жүйесінің зақымдалуы байқалады, жүректің соғуы жиілейді және жүрек бұлшық еттері ұлғайып, гипертрофияға ұшырайды.

$V_1$  авитаминозы кезінде қарында және ішекте сөл бөліну нашарлайды, асқазан қабырғасында тұз қышқылының түзілуі тоқталады. Осылардың салдарынан асқа деген тәбет жойылады. Ағзадағы осы аталған жайсыз өзгерістер онда ТПФ коферменттің активті тобы тиаминнің жеткіліксіздігінің, көмірсулар алмасуының тотықпаған өнімдері жиналуынан болады.

Тиамин өсімдіктер тектес өнімдер, әсіресе оған бидай күріш, қара бидай дәндерінің қабығы, ашытқы бай келеді. Жануар тектес өнімдерден: бауырда, мида, бұлшық еттерде, жүректе, жұмыртқаның сары уызында, сүтте кездеседі.

### $V_1$ витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері

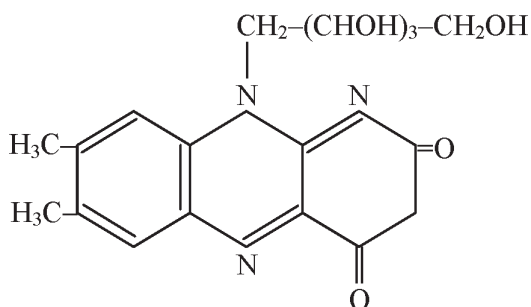
13-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Өгіз бауыры	0,4	Дәнді өсімдіктер	0,6
Ми	0,2	Қырыққабат	0,22
Тауық жұмыртқасы	0,3	Сәбіз	0,15

$V_1$  витаминін күйіс қайыратын малдың қатпаршақ қарнында микроағзалар синтездейді. Жылқы, шошқа және тауық бұл витаминді өте қажет етеді. Жылқы мен шошқаға бір тәулікте қажет мөлшері олардың 10 кг дене массасына 3-4 мг шамасындай қажет. Малдың буаз және желіндеу кезінде  $V_1$  витаминін қажет ету мөлшері арта түседі.

**$V_2$  витамині (рибофлавин).** Витаминнің жалпы формуласы  $C_{17}H_{20}N_4O_6$ . Витамин молекуласы құрылымның негізінде изоаллоксазин сақинасы оның екі метил тобы және көміртегінің бес атомы бар рибитол спиртінің қалдығы жатады.  $V_2$  сары түсі молекуласындағы рибитолға байланысты.

$V_2$  витамині рибофлавин деп аталады, ал сүттен бөліп алынған витаминнің лактофлавин деген атауы бар. Рибофлавин сары түсті кристалды зат; суда, этил спиртінде ериді;



$V_2$  витамині (рибофлавин)

Рибофлавин қыздыруға төзімді,  $120^{\circ}\text{C}$  температурада өзінің активтігін жоймайды. Жануарлар мен адам ұлпаларында рибофлавин фосфорилденіп, рибофлавинфосфор қышқылына айналады.

Рибофлавин флавиномононуклеотид (ФМН) және флавинадениндинуклеотид (ФАД) коферменттері құрамында болады. ФАД және ФМН коферменттері әртүрлі апоферменттермен байланысады да, флавопротеидті-ферменттер түзеді. Флалиндік дегидрогеназалар сутегі атомын байланыстыру жолымен (екі протон мен екі электрон) субстратты тотықтырады, бұл кезде кофермент  $\text{ФМН}\cdot\text{H}_2$  және  $\text{ФАД}\cdot\text{H}_2$ -ге айналады.

$V_2$  авитаминоз ауруы витамин жеткіліксіз бола бастағаннан немесе азық-түлікте және жем-шөпте мүлде болмаған жағдайда 3-4 айдан соң білінеді.  $V_2$  авитаминоз сырқатына тән құбылыс көз ауруынан басталады. Көз жұқпалы емес конъюнктивит сырқатына ұшырайды. Көздің қасаң пердесі қабынады, көз айнасы тұнжырап қарауытады, жүн мен шаш түседі, бұлшық еттері бірден әлсіреп, нашарлайды.

$V_2$ -авитаминоз кезінде үй құстарының жұмыртқалауы нашарлайды. Авитаминоз ауруы асқынған кезде ағза тырысып, параличке ұшырап, сал болады, жүріп-тұруы қиындайды, сөйтіп өлімге душар етеді.

Рибофлавинді өсімдіктер мен жануарлар синтездеп жасайды. Бұл витаминге бай өнімдер - ашытқы, бидай, қарабидай, бұршақ тұқымдас өсімдіктер. Ол сүтте, жұмыртқада, бүйректе, бауырда болады.

## **V<sub>2</sub> витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері**

14-кесте

<b>Азық</b>	<b>Витамин мөлшері, мкг/г</b>	<b>Азық</b>	<b>Витамин мөлшері, мкг/г</b>
Сиыр бауыры	1,5	Бидай	0,3
Тауық жұмыртқасы	0,6	Қырыққабат (орамжапырақ)	0,2
Сүт	0,2	Сәбіз	0,05

Ол витаминді шошқаға, тауықтарға және итке беру қажет. V<sub>2</sub> витаминінің жетіспеуін ірі қара, жылқы, қой мен ешкі онша сезінбейді, өйткені ол витаминді бұл аталған жануарлардың асқорыту жолында микроағзалар синтездеп жасайды.

**V<sub>3</sub> витамині (пантотен қышқылы).** Бұл витамин 1933 жылдан белгілі, витаминнің жалпы формуласы: C<sub>9</sub>H<sub>17</sub>NO<sub>5</sub>, сары түсті, суда, спиртте ериді.

V<sub>3</sub> витамині барлық жан-жануарлар мен өсімдіктер жасушаларының құрамына кіреді. V<sub>3</sub> витамині ағзадағы өте қажетті әрі ерекше органикалық қосылыс – коэнзим А-ның активті түрі. V<sub>3</sub> витамині көмірсулар мен майлардың алмасуына қажет барлық ферменттердің құрамына енеді. Бұл витамин жоқ болса, майлар мен көмірсулардың алмасуынан пайда болған ағзадағы сірке қышқылының одан әрі бөлшектеніп, қорытылуы тоқтатылады.

V<sub>3</sub>-авитаминозына тән құбылыс – жас ағзалардың өсуі тоқтайды, терісі зақымдалады, шаш ағарады, нерв жүйесінің, асқазан-ішек жолының жұмысы бұзылады. Адамда V<sub>3</sub>-авитаминозы сирек кездеседі.

V<sub>3</sub> жануарлар ұлпасында және мүшелерінде көп. Ол витаминге бай көздер: балық уылдырығы, балауыз, ашытқы, бауыр, тауық жұмыртқасы, балық еті, өсімдіктер көгі.

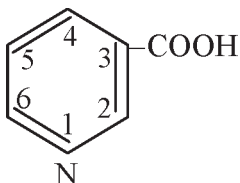
## **V<sub>3</sub> витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері**

15-кесте

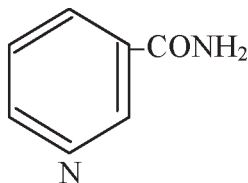
<b>Азық</b>	<b>Витамин мөлшері, мкг/г</b>	<b>Азық</b>	<b>Витамин мөлшері, мкг/г</b>
Тауық жұмыртқасы	100	Картоп	24
Бауыр	100	Бидай	11
Балық	46		

**РР витамині (В<sub>5</sub> витамині, никотин қышқылы, антипеллагрлік витамин).** Никотин қышқылы – барлық витаминнің ішіндегі құрылымы ең қарапайым қосылыс, ол карбоксил тобы бар пиридин сақинасынан құралады, мұндағы карбоксил тобы үшінші жағдайда тұрады.

РР – витаминінің аты «Pellagra preventing» - деген ағылшын сөздерінің бас әріптерінен құралған.



Никотин қышқылы



Никотинамид

Биологиялық тұрғыдан активті және ферменттің құрылымына кіретін никотин қышқылының өзі емес, оның амиді – никотинамид. Сондықтан да кейде никотин қышқылын провитамин ретінде қарастырады. Никотин қышқылы суда нашар ериді де, ал спирт, глицерин мен эфирде жақсы ериді. Жарыққа, тотықтырғыштарға және қыздыруға тұрақты келеді. Қышқылтым дәмі бар.

РР витаминінің биологиялық қызметі оның НАД және НАДФ коферменттердің құрамына кіруімен байланысты (“Ферменттер” бөлімін қараңыз).

Бұл коферменттер тиісті апоферменттермен қосылып, күрделі ферменттер-пиридин дегидрогеназаларын түзеді. Ол күрделі ферменттер сутегін, электрондар мен протондарды бөліп шығару жолымен субстраттың тотығуын катализдейді. Жалпы никотинамид қатысатын реакциялардың саны қырықтан астам.

РР-авитаминозына тән белгілі пеллагра – терінің жарылып түрпіленуі. Пеллагра сырқаты кезінде терінің ашық жерлері қабынады, ауыз ойылып стоматит болады, тіл ауырады («қара тіл» дерті), ол семіп, жансызданады, аскорыту жүйесі бұзылады. Сол сияқты нерв жүйесі зақымданады, адам есінен айрылады. Пеллагра сырқаты көбінесе тұрмысы нашар, негізгі азық-түлігі жүгері өнімдері мен шошқаның майы болатын елдерде (АҚШ-тың оңтүстік аудандары, Италия, Оңтүстік Африка) байқалады.

Мынадай жағдай анықталған: егер азық-түлік өнімдеріндегі белокта триптофан амин қышқылы көп болса, онда адамның және жануарлардың ағзасында РР витамині синтезделеді. Жүгері белогында триптофан өте аз болады.

Никотин қышқылы көп мөлшерде жүгерінің және күріштің кебегінде, ірі тартылған ұнда, ашытқыда, картопта, жануарлар бауырында, етте, балықта кездеседі.

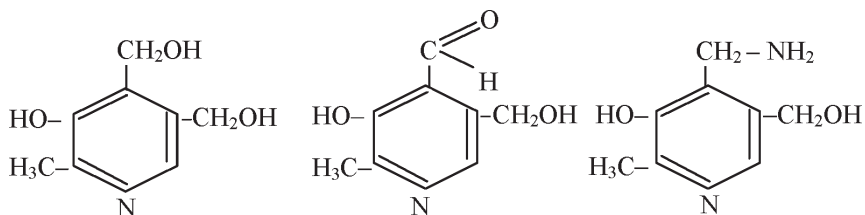
### РР витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері

16-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Бауыр	1800	Бидай	180
Балық	85	Картоп	14
Сүт	9	Сәбіз	5

**В<sub>6</sub> витамині (пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин, адермин)** молекуласы пиридин сақинасынан тұрады, онда сутегінің үш атомының орнын әртүрлі үш топ басқан. Олар – метилдік топ, гидроксилдік топ және гидроксидік топ. Бұдан басқа азот атомының пара – жағдайында пиридоксолда бірінші реттік спирт тобы, пиридоксальде – альдегид тобы, ал пиридоксаминде амин тобы бар.

В<sub>6</sub> витамині ағзаға өте қажет-ақ, өйткені ол зат алмасудың, қан түзілудің барлық процестеріне қатысады. В<sub>6</sub> витаминінің жалпы формуласы C<sub>8</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>3</sub>·HCl. В<sub>6</sub> витаминін судағы ерітіндіде фосфорлы-вольфрамды қышқылмен тұнбаға түсіруге болады.



Пиридоксол  
(пиридоксин)

пиридоксаль

пиридоксамин

1937 ж. Совет ғалымдары: А. Е. Браунштейн мен М. Г. Крицман амин қышқылдарының қайта аминдену (трансаминдену)

реакциясын ашты. Бұл реакцияны аминотрансфераза ферменті катализдейді, оның коферменті В<sub>6</sub> витаминінің фосфорланған туындысы болып табылады, В<sub>6</sub> ферментінің негізгі қызметі оның коферменттік рөлі. Жануарлар жасушасында ол фосфорланады, сөйтіп фосфорлы эфирлі-пиридоксаль -5-фосфат және пиридоксамин -5 – фосфат («Ферменттер» бөлімін қараңыз) коферменттерін түзеді.

В<sub>6</sub> – авитаминозы кезінде терінің сал ауруына ғана тән қабынып ауруы дерматит кездеседі. Бұл кезде дененің симметриялы аймақтары (құйрық, құлақ, ауыздың айналасы, табан) зақымданады, тері қызарады, жануарлардың терісі түседі. Сол сияқты қан құрамындағы эритроциттердің саны азаяды, олардың түйіршік көлемі кішірейеді, қан азайып анемия құбылысы болады, құстардың жұмыртқалауы тиылады.

В<sub>6</sub> витаминін жасыл өсімдіктер мен көптеген микроағзалар синтездеп шығарады. Жануарлар ұлпасында және азық-түлікте бұл витамин негізінен пиридоксаль, пиридоксамин түрінде және олардың фосфор эфирлері түрінде кездеседі. В<sub>6</sub> витамині жұмыртқаның сары уызында, жануарлар бауырында, сәбізде, бидайда, қарабидайда, ашытқыда көп.

### В<sub>6</sub> витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері

17-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Тауық жұмыртқасы	10	Бидай	2,0
Сиыр сүті	7	Сәбіз	3,2
Бауыр	0,85		

**В<sub>12</sub> витамині (цианкобаламин, антианемиялық витамин).** В<sub>12</sub> витаминінің химиялық құрылымын Дороти Ходжкин (1956 ж.) рентген сәулелерімен дифракция жасау әдісі арқылы анықтады. В<sub>12</sub> витамині химиялық құрамы ең күрделі витаминге жатады және құрамында металл бар бірден бір витамин болып табылады.  $C_{63}H_{88}N_{14}O_{14}PCo$ .

Ол дені сау адамның асқазан сөлінде кездесетін, құрамында 11-12% гексамині бар, мукопротеин белогі.

$V_{12}$  витаминінің ішіндегі ең активтісі цианкобаламин, мұндағы кобальт CN тобымен байланысқан.  $V_{12}$  витаминінің көптеген аналогтары жасанды жолмен алынған (30 астам).

$V_{12}$  витамині молекуласында пиррол сақинасының жұбы өзара тікелей байланысқан, екінші жұбы, гем порфириндегідей, метин көпіршесі арқылы байланысады. Корфирин ядросында сутегі атомдарының орнын метилдік, ацетамидтік және пропиониламидтік топтар басқан кезде коррифирин деп аталатын қосылыс пайда болады.

Коррифирин молекуласында 8 метилдік, 3 ацетамидтік, 4 пропиониламидтік топтар бар. Коррифирин азот атомы арқылы кобальтпен байланысып, кобаламин түзеді. Ортасында кобальтпен циан тобы байланысады, сондықтан  $V_{12}$  витамині цианкобаламин деп те аталады. Екі валентті кобальт гемдегі темір орналасқандай жағдайда болады.

$V_{12}$  витамині жануарлар ұлпасында коферменттік қызмет атқарады. Оның екі туындысы – метилкобаламин және -5-дезоксиаденозилкобаламин (5-ДоАК) кобамидтік ферменттер қатарына жататын кофакторлар болып табылады.

$V_{12}$  – авитаминозы кезінде қатерлі анемия ауруына ұшырайды, мұндай ауру салдарынан қанда жетілмеген және тұрақсыз көптеген эритроциттер пайда болады. Эритроциттердің жалпы саны азаяды. Сол сияқты лейкоциттердің де саны кемиді.

Осы ауру кезінде жілік майында жүретін митоз құбылысы шектеледі де, ДНҚ синтезі тоқталады. Сол сияқты тез өнетін басқа да ұлпалар зақымданады. Нерв жүйесінің зақымдануы асқына түседі.

$V_{12}$  витамині фоли қышқылымен өзара әрекеттесіп, эритроциттердің дамып жетілуін тездетеді, ағзада қан түзілу қызметін камтамасыз етеді.

Азық-түлік құрамында кобальт болса,  $V_{12}$  витаминін асқазан, ішек жолында микроағзалар синтездейді. Кобальт, әсіресе, жануар тектес өнімдерде – бауырда, бүйректе, жүректе, мида, сиыр етінде, жұмыртқаның сары уызында, сүтте көп болады. Өсімдіктерде іс жүзінде синтезделмейді. Ересек адамға тәулігіне қажетті 2-3 мкг, балаларға қажет мөлшері 0,5-2,0 мкг.

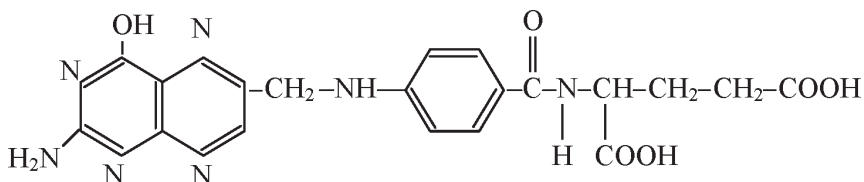
**V<sub>12</sub> витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері**

18-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
сыыр бауыры	1,2	Балық	0,12
Жүрек	0,5	Тауық жұмыртқасы	0,015

**Фоли қышқылы (V<sub>c</sub> витамині, V<sub>9</sub> витамині, фолацин).**

Фоли қышқылы молекуласы птерин мен пара-аминобензой қышқылының сақиналарынан және глутамин қышқылынан тұрады. Птерин мен п-аминобензой қышқылынан құралған қосылыс птероил қышқылы деп аталады, ол қосылыс глутамин қышқылымен әрекеттеседі де, фоли қышқылы витаминін (птероил-глутамин қышқылын) береді, folium – латынша көк жапырақ. V<sub>c</sub> деген атқа ие болу себебі: құс балапандарына жүргізілген тәжірибелер арқылы бұл витаминнің биологиялық қызметі анықталады, ағылшынша chicken – балапан деген мағынаны береді.



Фоли қышқылы (V<sub>c</sub> витамині). Фоли қышқылы сары түсті кристалдық зат, суық суда және спиртке нашар ериді, ацетон, хлороформда мүлдем ерімейді.

Фоли қышқылына тотығу-тотықсыздану реакциясы тән. Фермент әсері арқылы сутегі атомдарымен тотықсыздандырған кезде ең алдымен дигидрофоли қышқылына айналады, одан кейін тетрагидрофоли қышқылы (ТГФҚ) түзіледі, ал қышқыл ауадағы оттегімен оңай тотығады.

Тетрагидрофоли қышқылы V<sub>c</sub> витаминінің акивті түрі, коферменттік қызмет атқарады, фолаттық кофермент түзеді. ТГФҚ сүтқоректі жануарлардың көпшілігіне, солардың ішінде адамға да қажет.



Фолаттық коферменттер және олардың туындылары қатысатын жиырмаға жуық реакция белгілі, мысалы: олар жыныс бездерінің қызметін жақсартады.

Фолаттық коферменттер жасуша ядросындағы нуклеопротеидтер синтезіне және қанның пайда болуын реттеуге қатысады. Осыларға байланысты В<sub>12</sub>- авитаминозы кезінде қанның қызыл және ақ жасушалар саны азаяды және микроцитарлы (қатерлі емес) анемияға ұшырайды, мұндай авитаминоз кезінде жануарлардың жұқпалы ауруларға төзімділігі нашарлайды.

Фоли қышқылы жануар тектес өнімдерде, әсіресе, өсімдік тектес өнімдерде көп кездеседі. Әртүрлі өсімдіктердің жасыл жапырақтары, жас көкөністер, ашытқы ондай қышқылдарға бай болады. Ересек адамға бір тәулікте қажетті мөлшері 1-2 мг. Емдік мақсатпен күніне 3-20 мг мөлшерінде витамин беруге болады.

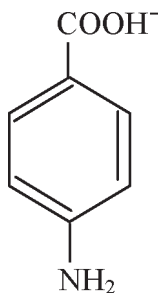
#### В<sub>12</sub> витаминінің тағамдық өнімдердегі мөлшері

19-кесте

Азық	Витамин мөлшері, мкг/г	Азық	Витамин мөлшері, мкг/г
Ашытқы	14,0	Көк пияз	0,10
Бадана	1,5	Қарақат	0,15
Ақжелкен	1,16	Шошқа бауыры	1,5

#### Пара-аминобензой қышқылы (Н<sub>1</sub> витамині, В<sub>4</sub> витамині).

Пара-аминобензой қышқылы бензой қышқылының туындысы, молекуласында пара-жағдайда амин тобы бар. Бұл витамин суда, спиртте, эфирде жақсы ериді.



п-аминобензой қышқылы

Пара–аминобензой қышқылының реакцияларға тікелей қатынастыны әлі анықталған жоқ. Бірақ фоли қышқылының құрамына кіретіндіктен, ол көптеген биохимиялық процестер үшін ауыстырылмайтын фактор. Пурин мен пиримидин синтезін активтендіреді, демек бұл витаминнің ДНҚ мен РНҚ синтезіне қатысы бар.

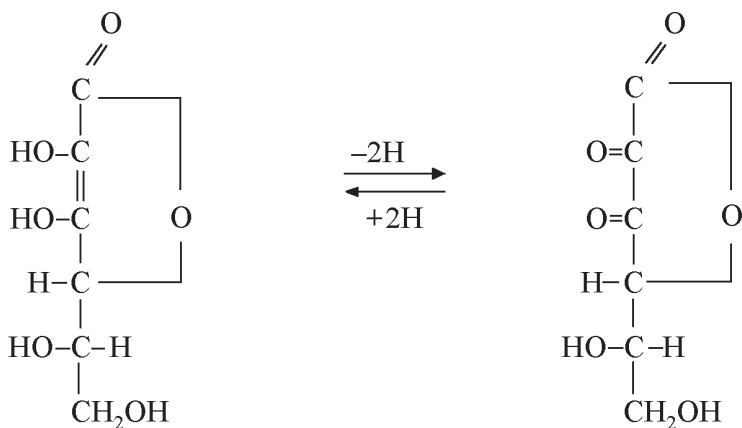
Қара егеуқұйрықтар тамағы құрамында пара-аминобензой қышқылы болмаса, олардың жүні ағарады, сол сияқты басқа жануарларда, да жүнінің бояуы жоғалады, адамның шашы да сондай өзгеріске ұшырайды.

Пара-аминобензой қышқылы табиғатта кең таралған, ол, әсіресе, ашытқыда, бауырда, сүтте, жұмыртқада, күріш кебегінде басқа астық тұқымдас дақылдарда көп болады.

**С витамині (аскорбин қышқылы, антиқұрқұлақ витамині)** өсімдіктерде галактозадан синтезделіп жасалады. Сол сияқты жануарлар ұлпасында (адам, маймыл және теңіз шошқасы деп аталатын жануарлардан басқа) глюкозадан синтезделеді.

С витаминінің құрылымдық формуласы гексозаларға жақын екенін көрсетеді. Тотығу-тотықсыздану реакцияларында сутегі атомдарының доноры болады және тотығу кезінде дегидроаскорбин қышқылына (ДАҚ) айналады – бұл реакция қайтымды.

Бұл реакция қайтымды болғандықтан, ДАҚ-тың құрқұлаққа қарсы әсері бар, сондықтан ол да С витамині деп аталады.



Аскорбин қышқылы

Дегидроаскорбин қышқылы (ДАҚ)

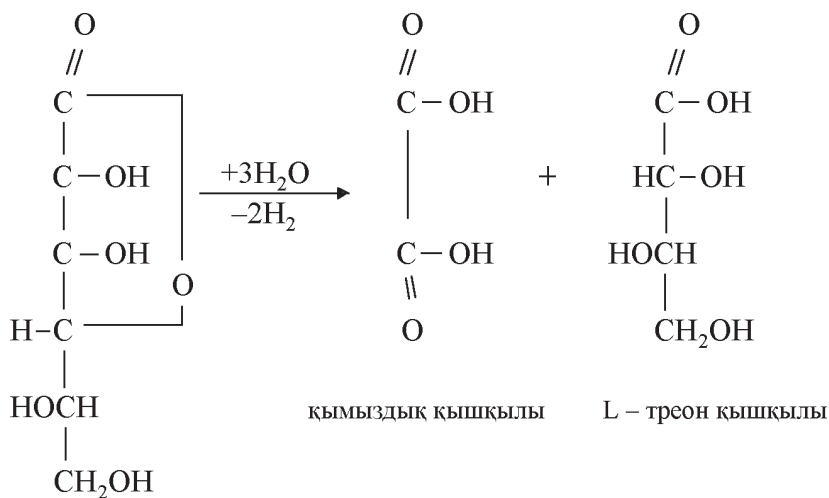
Аскорбин қышқылының молекуласында көміртегінің асимметриялық екі атомы бар және ол екеуі оптикалық тұрғыдан активті L және D-стереоизомерлер құрайды. Табиғи өнімдердің құрамында L-аскорбин қышқылы болады.

Аскорбин қышқылының формуласын Рейхштейн 1933 ж. тауып, синтездік жолмен алды.

C витамині - түссіз, кристалды зат, суда жақсы ериді, спиртте нашар ериді.

C витаминінің тотықсыздандырғыш қасиеті бар, әсіресе, сілтілі ортада.

Аскорбин қышқылының негізгі қасиеті мынадай: ол сутегі атомдарын бөліп шығарып және қосып алып оңай тотығады және тотықсызданады. Коллаген синтезі кезінде пролин мен лизин қалдықтарының гидроксилдену реакциясына C витамині қатысады, ол гексокиназа, фосфоглюкомутаза, амилаза, аргиназа сияқты ферменттер әсерінің активтілігін арттырады, фенилаланин, тирозин, липидтердің тотығу процесіне қатысады.



C-авитаминозының өзіне тән белгісі – құрқұлақ (цинга немесе скорбут) ауруы. Мұндай аурумен тек адамдар, маймылдар және теңіз шошқалары ауырады. Мұның себебі, бұл аталғандардың ағзасында глюкозаның аскорбин қышқылына айналуындағы соңғы реакциялардың бірін катализдейтін фермент болмайды.

С витамині ұзақ уақыт бойы жетіспеген жағдайда капиллярдың өткізгіштігі артады, терінің астына нүктеленіп қан құйылады, ондай қан құйылу бұлшық еттерде және ішкі қуыстарында байқалады. Құрқұлақтың белгісі – тістің қызыл иегі қанай бастайды, одан әрі тіс босап түсіп қалады. Көбіне сүйектер морт сынғыш күйге түседі. Сонымен бірге, көптеген ұлпалар: байланыстырушы ұлпа, шеміршектер, созылмалы ұлпа, сүйек, тіс дентині зақымданады. Жыныс бездерінің бауырдың, бүйректің қызметі бұзылады.

Қыстың соңына таман және ерте көктемде адамда гиповитаминоз құбылысы байқалады. Мұндай жағдайда адам ағзасының әртүрлі жұқпалы ауруларға төзімділігі төмендейді, тез шаршағыш келеді, басы ауырады, асқа тәбеті болмайды.

С витамині едәуір мөлшерде жас жемістерде, көкөністерде кездеседі. Итмұрын, шырғанақ, қарақат, шетен, бұрыш, құлмақ, лимон, апельсин, алма жемістері осы витаминге бай. Жануар тектес өнімдерден С витамині бауырда, сүтте, қымызда болады.

### С витаминінің жемістердегі мөлшері

20-кесте

	Витамин мөлшері, мкг/г		Витамин мөлшері, мкг/г
Раушан	2100	Мүкжидек	100
Зәйтүн	500	Қырыққабат	70
Қарақат	300	Картоп	30
Қызыл бұрыш	250	Қызанақ	25
Ақжелкек	200		

Аскорбин қышқылының бір тәуліктегі ересек адамға қажетті мөлшері 50-100 мг, балаларға қажетті 30-70 мг. Бұл витамин адам ағзасында жиналмайды, сондықтан оны күн сайын пайдалану қажет.

**Р витамині (флаван, цитрин, рутин витамині)** құрылысы бойынша флавоноидтарға жатады. Р витаминінің қасиеттеріндей қасиеті бар көптеген табиғи қосылыстар (2000 шамасындай) кездеседі. Ондай қосылыстарға рутин, катехин, гесперидин, антоксантин, антоциандар, т.б. жатады.

Р витамині аскорбин қышқылының әсерін күшейтеді. Ол тотығу-тотықсыздану реакцияларында сутегі атомдарын алмастыратын ауыстырушы болып табылады. Р витамині аскорбин қышқылымен өзара әрекеттесу арқылы жалғастырушы ұлпада коллагеннің түзілуін реттейді, сөйтіп қан тамырларының қан өткізгіштігін бәсеңдетеді.

Құрқұлақ ауруы, сірә, С витамині мен Р витамині екеуі ұзақ уақыт бойы жетіспеген кезде байқалатын аралас авитаминоз болуы керек.

Аскорбин қышқылы кездесетін барлық өсімдік өнімдерінде Р витамині де кездеседі. Сол сияқты ол шай жапырақтарында (катехиндер), қара жемісті шетенде, лимонда, қарақұмықта болады.

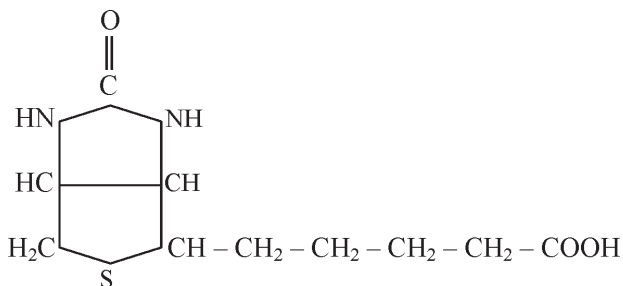
### Р витаминінің жемістердегі мөлшері

21-кесте

	Витамин мөлшері, мкг/г		Витамин мөлшері, мкг/г
Раушан	680	мүкжидек	330
Апельсин	500	Ақжелкен	157
Лимон	500	Сәбіз	100
Жүзім	430	Картоп	36

Адамның Р витаминін қажет етуі 0,45 г цитрин (лимон шырынында кездесетін флавоноидтармен флавоноидтардың қоспасы) немесе 1 г рутин мөлшерінде.

**Биотин (Н витамині, В<sub>7</sub> витамині).** Н витаминінің жалпы формуласы C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O·2SH, биотиннің құрылысы 1942 ж. Дю Вильно деген зерттеуші тапты. Қосарланған күкірт болғандықтан, биотин деп атады. Биотин молекуласының негізі тиофен мен ими-



дазол ядроларынан тұрады. Биотин Н витамині деп аталады, Н немістің Haut - тері (дерматит) деген сөзінен шыққан.

Биотин он шақты ферменттердің коферменті болып табылады. Ол ферменттер тірішілік үшін аса қажетті көптеген заттардың жасушада синтезделуін катализдейді. Биотиндік ферменттер карбоксилазалар, ол ферменттер көмір қышқыл газды  $CO_2$  қатыстыра отырып, органикалық заттарды карбоксилдейді.

Биотин ішек-қарынның микрофлорасында синтезделеді, сондықтан оның адамда немесе жануарларда жетіспеуі сирек кездеседі. Мұндай авитаминоз ішек-қарын жолын тазартып, оны стерильдегенде немесе құрамында авидин бар жұмыртқаның ақ уызын шикілей ішкенде байқалады.

Н-авитаминоз сырқаты кезінде тері қабыршақтана бастайды, қабынады, көздің айналасы көлкілдеп, қанталайды, шаш түседі. Малдың жас төлдерінің өсуі тоқтайды. Н-авитаминоз ұзаққа созылған кезде дене азып арықтайды, сал болып, параличке ұшырайды да, өледі.

Биотин белокпен байланысқан күйінде барлық жануарлар мен өсімдіктердің ұлпасында кездеседі. Бауыр, бүйрек, ет, сүт, томат, соя, бұршақ, сәбіз оған бай.

### Н витаминінің кейбір тағамдық өнімдердегі мөлшері

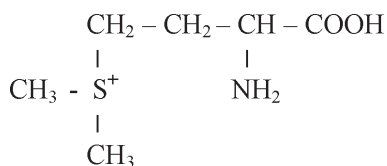
22-кесте

	Витамин мөлшері, мкг/г		Витамин мөлшері, мкг/г
Сыыр бауыры	200	Жасыл бұршақ	35
Тауық жұмыртқасының сары уызында	30	қозықұйрық	16
Сүт	40	Көк пияз	28
		Түсті қырыққабат	17

**Инозит ( $B_8$  витамині)** құрылымы жөнінде гексозаларға жақын, тұйық тізбекті, алты атомды спирт.

Инозит фосфолипидтердің құрамына кіреді. Инозиттің биологиялық қызметі де құрамында осы аталған заттардың болуымен байланысты деп болжайды.





U витамині

маңызды қызмет атқарады. U витамині гистаминнің улы әсерін залалсыздандырады және ауырғанды басатын қасиеті бар.

U витаминінің зат алмасуға әсер ету механизмі әлі белгісіз, бірақ ол қарынның және бүйеннің жарасына, гастритке қарсы табысты қолданылып жүр. U витамині капуста шырынында, көкөністерде кездеседі.

Жараларды емдеу кезінде қолданылатын бір күндік мөлшері 250-300 мг.

*Антивитами́ндер.* Жасушаның витаминмен қоректенуіне әртүрлі әдістермен бөгет жасайтын заттарды – антивитами́ндер деп атайды. Оларды екі топқа бөледі:

1. витамин молекулаларын бұзатын немесе оларды активсіздендіретін, яғни инактивтендіретін заттар;

2. витаминдердің структурасына ұқсас және оларды биологиялық активтік заттардан ығыстырып, активсіздендіретін заттар.

Мысалы, K антивитами́ніне гепарин мен дикумарин жатады. Олар протромбиннің тромбинге айналуына бөгет жасайды, сонымен бірге қан айналу процесін баяулатады.

### *Тест тапсырмалары*

#### **1. А-витами́нінің химиялық аталуы:**

- А) ретинол
- Ә) кальциферол
- Б) токоферол
- В) цинккобалоамин
- Г) пиридоксин

#### **2. В<sub>12</sub> витамині:**

- А) жоғары сатыдағы өсімдік ұлпаларында көп таралған
- Ә) жануарлар тектес тағамдарда кездеседі (бауыр, бүйрек)
- Б) ішек бактериялары синтездейді



- В) жеміс-жидек құрамында кездеседі
- Г) ағзада өзі синтезделеді

**3. Көмірсулар метоболизміне қатысатын витаминдер:**

- А) тиамин
- Ә) ниацин
- Б) филлохинон
- В) фолий қышқылы
- Г) пантотен қышқылы

**4. Липидтер метоболизміне қатысатын витаминдер:**

- А) тиамин
- Ә) ниацин
- Б) филлохинон
- В) фолий қышқылы
- Г) пантотен қышқылы

**5. Пиридинді дегидрогеназалардың коферменттері:**

- А) гем
- Ә) ФМН
- Б) НАД<sup>+</sup>
- В) ФАД
- Г) НАДФ<sup>+</sup>

**6. Флавинді дегидрогеназалардың простетикалық тобы:**

- А) В<sub>1</sub>
- Ә) В<sub>2</sub>
- Б) В<sub>5</sub>
- В) В<sub>3</sub>
- Г) В<sub>6</sub>

**7. РР витаминінің химиялық аталуы:**

- А) ретинол
- Ә) токоферол
- Б) кальциферол
- В) тиамин
- Г) никотин қышқылы

**8. ФАД немесе ФМН молекулаларының активті бөлігі:**

- А) пиримидин
- Ә) пиридин
- Б) изоаллоксазин

- В) аденин
- Г) рибитол

**9. НАД<sup>+</sup> құрамында болады:**

- А) никотин қышқылының амиді
- Ә) изоаллоксазин
- Б) АМФ
- В) рибитол
- Г) триптофан

**10. Жарықты дұрыс қабылдау үшін қажет:**

- А) ретинол
- Ә) токоферол
- Б) рибофлавин
- В) пиридоксаль
- Г) биотин

**11. Сәйкестікті табыңыз:**

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1) ниацин           | А) ФАД <sup>+</sup>  |
| 2) пантотен қышқылы | Ә) НАДФ <sup>+</sup> |
| 3) пиридоксин       | Б) ацетил-КоА        |
| 4) рибофлавин       | В) фосфопиридоксаль  |
| 5) тиамин           | Г) тиамин пирофосфат |

**12. Н витамині қандай ферменттер құрамында болады?**

- А) транскетолазалар
- Ә) пируватдекарбоксилаза
- Б) пируваткарбоксилаза
- В) ацетил-КоА карбоксилаза
- Г) пируватдегидрогеназа

## V. НУКЛЕИН ҚЫШҚЫЛДАРЫ

### 5.1. Нуклеин қышқылдарының құрылысы және қасиеті

Нуклеин қышқылдарына нуклеотид қалдықтарынан тұратын жоғары молекулалық органикалық қышқылдар жатқызылады, олар белгілі бір элементарлық құраммен сипатталады, гидролиз кезінде пурин, пиримидин негіздеріне, пентозға және фосфор қышқылына ыдырайды. Фосфордың (8-10%) және азоттың (15-16%) болуы нуклеин қышқылдарына тән. Нуклеин қышқылдарында, сонымен қатар, С, Н және О болады.

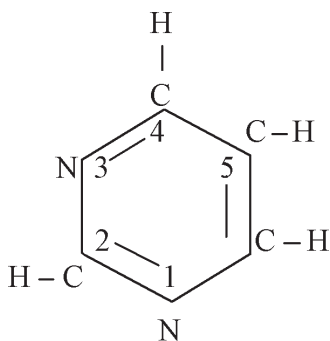
Нуклеин қышқылдарын бұдан жүз жылдан аса уақыт бұрын (1869) Ф. Мишер ірің жасушасының ядросынан белокпен қосынды – нуклеин (лат. nucleus – ядро) түрінде алғаш рет бөліп алған. Оны 1899 жылы Р. Альтман жануар ұлпасынан және ашытқы жасушасынан белоктан бос күйінде, ал 1936 жылы А. Н. Белозерский өсімдік ұлпаларынан бөліп алды.

Нуклеин қышқылдарын хлор қышқылымен қосып қыздырғанда, олар құрылымдық бірліктерге ыдырайды, бұл бірліктерден олардың өте үлкен молекулалары құрылған. Басқа қышқылдар нуклеин қышқылдарының құрылымын бірден бұзып,  $\text{NH}_3$  бөледі, ол құрамға кіретін құрылымдық бөліктерінің ыдырағанын көрсетеді. Нуклеин қышқылдарының құрылымдық элементтерінің арасынан пиримидин негіздері, пурин негіздері, көмірсулар және фосфор қышқылы табылған.

Пиримидин негіздер гетеросақиналы қосынды пиримидиннің туындысы болып табылады:

Кезектесіп келетін қосарланған байланысы бар алты мүшелік сақина түріндегі құрылымдық формула бензолға ұқсас. Атом аралық қашықтарды өзара салыстырып қарасақ, шындығында, пиримидин молекуласында әдеттегі қосарланған да, қарапайым да байланыстар жоқ, онда атомдар сақинасының барлық құрамдастарының  $\pi$ -электрондарының өзара әрекеті бар.

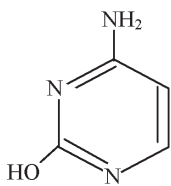
$\pi$ -электрондардың өзара әрекетінің өлшемі ретінде байланыс тәртібі алынады, ол көрші екі атомның  $\pi$ -электрондарының



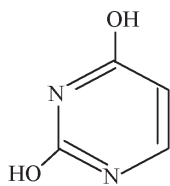
### Пиримидиннің құрылымдық формуласы

жанасу күшін сипаттайды. Әдеттегі қосарланған байланыс жағдайында  $\pi$ -электрондардың байланыс күшін, яғни байланыс тәртібі бірге тең деп алады. Қосарланған байланысы бар молекулада, мысалы, қарастырылып отырған пиримидин молекуласында  $\pi$ -электрондардың орын ауыстыруының нәтижесінде байланыс тәртібінің мәні бөлшек болады. Байланыс тәртібінің мәні неғұрлым көп болған сайын оның қосылу реакцияларына деген қабілеті де күштірек сипатталады.

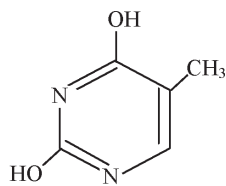
Нуклеин қышқылдарының құрамынан мынадай пиримидин туындылары табылды: цитозин, тимин, урацил, 5-метилцитозин және 5-оксиметилцитозин:



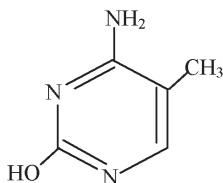
Цитозин (2-окси-4-амино-пиримидин)



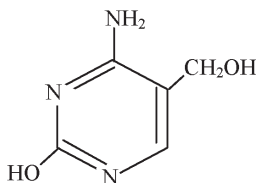
Урацил (2,4-диокси-пиримидин)



Тимин (4-метилурацил)



5-метилцитозин

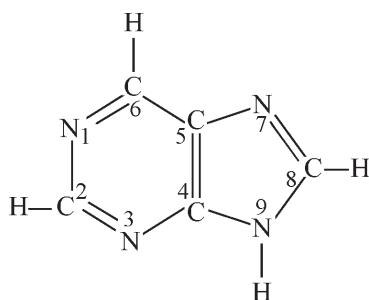


5-оксиметилцитозин

Цитозин, урацил және тимин мөлшері нуклеин қышқылдарында біршама болса, ал 5-метилцитозин және 5-оксиметил-

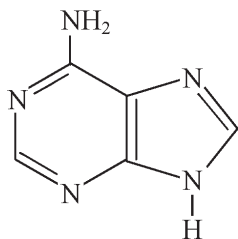
цитозин өте аз мөлшерде және оның өзінде де кейде кездеседі. Сондықтан да олар минорлық (экзотикалық) негіздер деп аталады. Белоктар құрамындағы сирек кездесетін амин қышқылдары сияқты оларды да нуклеин қышқылдары құрамында кейде кездесетін негіздер деп атауға болар еді. Соңғы жылдары пиримидин қатарының нуклеин қышқылдарынан табылған минорлық негіздерінің тізімі толықты. Нуклеин қышқылдарының пурин негіздері гетероциклдік-пуриннің туындысы болып табылады.

Пиримидин циклі сияқты бұл жерде де формулаға жай және қосарланған байланыстар шартты түрде қойылады. Пурин молекуласындағы атом аралық қашықтықтар да және жоғарыда келтірілген байланыстар тәртібі де пурин сақинасын құрайтын С және N атомдарының  $\pi$ -электрондарының жанасу дәрежесінің жоғары екендігін көрсетеді.

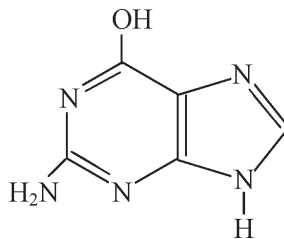


Пиримидиндік сақина      Имидазолдық сақина

Нуклеин қышқылдарының гидролизаттарында пуриннің екі туындысы - аденин мен гуанин әрқашанда кездеседі;

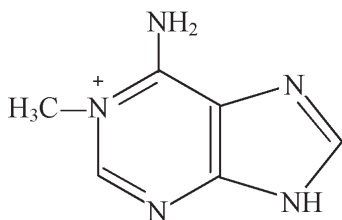


Аденин  
(6-аминопурин)

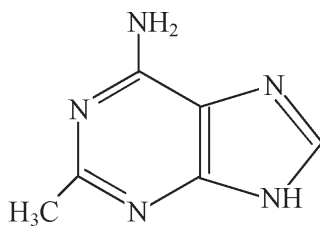


Гуанин  
(2-амино-6-оксипурин)

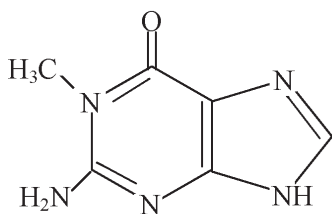
Сонымен қатар, нуклеин қышқылдарының құрамында микрорлық пуриндік негіздер – аденин мен гуаниннің метилденген туындылары да кездеседі.



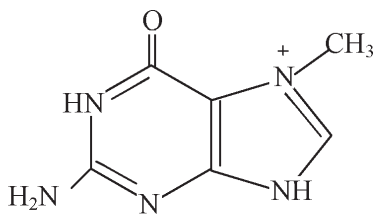
**1-Метиладенин**



**2-Метиладенин**

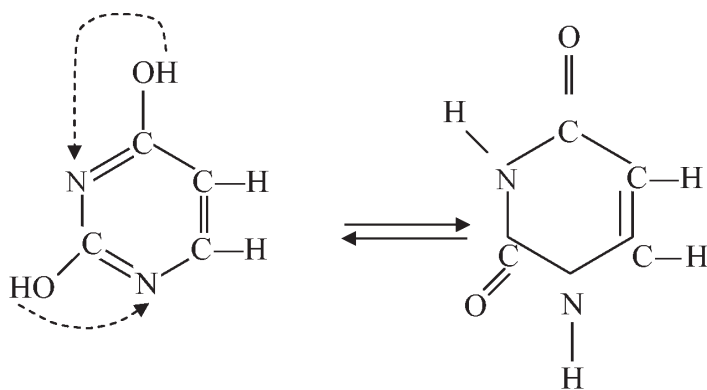


**1-Метилгуанин**



**7-Метилгуанин**

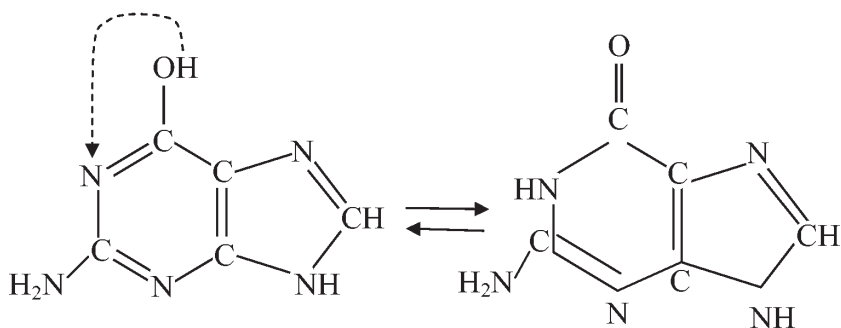
Пиримидин мен пуриннің окситуындыларының маңызды ерекшелігі олардың таутомерлік (лактам-лактимдік) түрге айналу мүмкіндігі болып саналады:



**Енолдық**

**Урацил**

**Кетондық**



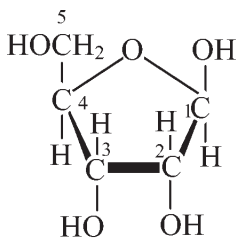
Гуанин

Енолдық түрі

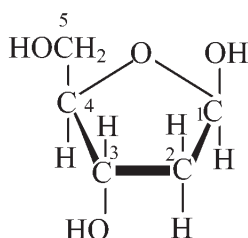
Кетондық түрі

Сондықтан да лактамдық түрдегі 1-ші N атомы бойынша пиримидин негіздері нуклеин қышқылдарының құрамында табылған көмірсулармен өзара байланысқа түседі.

Нуклеин қышқылдарының құрамына бір-біріне ұқсас екі моносахарид: рибоза және дезоксирибоза кіреді. Бұл моносахаридтер бос күйінде сақиналы-тізбекті таутомерия түрінен туындайтын таутомерлік түрде болады. Нуклеин қышқылдарының құрамында бұл екі моносахарид *b*-D-рибофураноза түрінде кездеседі.



$\beta$ -D-Рибоза



$\beta$ -D-2-Дезоксирибоза

$\beta$ -D-рибозамен салыстырғанда екінші моносахарид ( $\beta$ -D-2-дезоксирибоза) 2-көміртегі атомы бойынша тотықсызданған қосынды болып табылады. Тотықсыздану процесінде гидроксил тобы бөлініп алынатын болғандықтан, пайда болған туынды дезоксирибоза деп аталады, ал екі деген сан гидроксил тобы H атомына алмастырылған рибозаның көміртек атомының нөмірін көрсетеді.

Рибоза мен дезоксирибоза нуклеин қышқылдарының құрамына кіретін көмірсулар. Кейбір фагтардан, рак жасушаларының кейбір түрлерінен бөлінген ДНҚ-да глюкоза табылған.

Нуклеин қышқылдарын гидролиздеп, өнімдерін зерттеу ба-рысында маңызды тұжырым жасалды. Әртүрлі биологиялық объектілерден бөлінген нуклеин қышқылдарының құрамы бірдей еместігі анықталды. Бұл алғаш рет бұзаудың бұғақ безінен (тимонуклеин қышқылы) және ашытқыдан (ашытқы нуклеин қышқылы) бөлінген нуклеин қышқылдарының құрамын салыстырғанда анықталды. Нуклеин қышқылдарының құрамына кіретін көмірсулардың сипатына қарай олардың біреуі – дезоксирибонуклеин қышқылы (ДНҚ), екіншісі – рибонуклеин қышқылы (РНҚ) деп аталды. ДНҚ мен РНҚ арасында химиялық құрамы жағынан басқа да ұқсастықтар мен айырмашылықтар бар (23-кесте).

Азот негіздері рибоза немесе дезоксирибозамен қосылып, нуклеозид түзеді (24-кесте).

Аденин + Рибоза  $\longrightarrow$  Аденозин

Тимин + Дезоксирибоза  $\longrightarrow$  Дезокситимидин

Урацил + Рибоза  $\longrightarrow$  Уридин

Цитозин + Дезоксирибоза  $\longrightarrow$  Дезоксицитидин

### Нуклеин қышқылдарының құрамы

23-кесте

Химиялық қосылыстар	Нуклеин қышқылдарының типі	
	ДНҚ	РНҚ
Пуриндік негіздер	аденин гуанин	Аденин Гуанин
Пиримидиндік негіздер	Цитозин Тимин	Цитозин Урацил
Көмірсулар	Дезоксирибоза глюкоза (сирек)	Рибоза

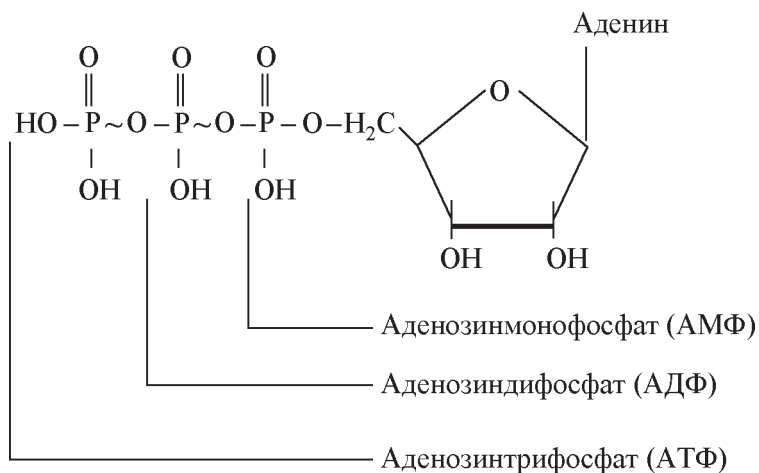


Бейорганикалык зат	Фосфор кышкылы	Фосфор кышкылы
Минорлық негіздер Пуриндік	N <sub>6</sub> -метиладенин 1-метилгуанин 7-метилгуанин N <sub>2</sub> -метилгуанин N <sub>2</sub> -диметилгуанин 5-метилцитозин	N <sub>6</sub> -метиладенин N <sub>6</sub> -диметиладенин 1-метиладенин 2-метиладенин 1-метилгуанин 7-метилгуанин
Пиримидиндік	5 – оксиметилцитозин Оксиметилурацил Урацил	N <sub>2</sub> -метилгуанин N <sub>2</sub> -диметилгуанин 5 -метилцитозин 3- метилцитозин 3-метилурацил Тимин Дигидроурацил

### Нуклеозидтер атауы

24-кесте

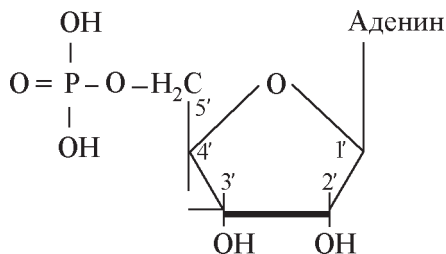
Негіз	Рибонуклеозид	Атының қысқартылған жазуы	Дезоксирибонуклеозид	Атының қысқартылған жазуы
Аденин	Аденозин	А	Дезоксиаденозин	dA
Гуанин	Гуанизин	Г	Дезоксигуанизин	dГ
Цитозин	Цитидин	Ц	Дезоксицитидин	dЦ
Тимин		Т	Тимидин	dТ
Урацил	Уридин	У		



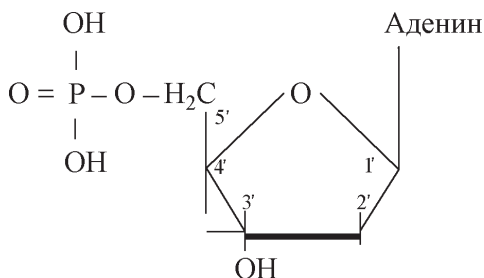
Азотты негіздер, пентоза мен фосфор қышқылы қосылып, моноклеотид молекуласын түзеді. Моноклеотидтер фосфор қышқылының тағы бір немесе екі қалдығын қосып алады да, тиісінше, нуклеозиддифосфат (АДФ, ГДФ, УДФ, ТДФ және ЦДФ) пен нуклеозидтрифосфаттар (АТФ, ГТФ, УТФ, ТТФ және ЦТФ) түзеді.

Нуклеозидтрифосфат молекуласында фосфор қышқылы қалдықтары ангидридті байланыс арқылы қосылған, мұндай байланыстардың бойында потенциалды энергия көп болады, сондықтан, оларды макроэргиялық байланыстар деп атайды.

Рибонуклеотидтерде фосфор қышқылының қалдығы рибозаның 2', 3' және 5' орындарындағы көміртек атомдарымен байланысуы мүмкін:



Дезоксирибонуклеотидтерде фосфор қышқылының қалдығы 3' және 5' көміртек атомдарында ғана бола алады:



23-кестеден көріп отырғанымыздай, ДНҚ мен РНҚ пиримидиндік негіздердің сапалық құрамы бойынша да бірінен-бірі өзгеше: біріншісінің құрамында тимин болса, екіншісінде – урацил болады.

Минорлық пуриндік және пиримидиндік негіздер жағынан

қарастырса, ДНҚ мен РНҚ арасындағы айырмашылық айтарлықтай: соңғысында бұл негіздер өте көп кездеседі (50-ден аса). Минорлық метилденген негіздердің ДНҚ мен РНҚ-да болуын және олардың тарауын нуклеин қышқылдарының бірқатар функцияларымен байланыстыруға болады. Олар - белоктар, оның ішінде, бірқатар ферменттермен өзара әрекеттесуі, макромолекулалардың биосинтезі туралы кодпен хабарласу және ақпарат беру т.б.

## 5.2. ДНҚ және РНҚ түрлері

ДНҚ-ның молекулалық массасын негізінен гидродинамикалық және электронды-микроскопиялық әдістермен анықтайды, бірақ оны ДНҚ ерітіндісінің сәуле сіңіруін өлшеп және басқа әдістермен анықтауға да болады.

ДНҚ-ның молекулалық массасын оның ерітіндісін ультрацентрифугалау арқылы анықтағанда гидродинамикалық әдістің негізі ДНҚ-ның седиментация константасы мен молекулалық массаның арасында сызықтық тәуелділік болады, оны калибрлік қисық сызық немесе формула арқылы анықтауға болады.

$$0,445 \lg M = 1,819 + \lg (S^{\circ 20, w} - 2,7)$$

мұнда  $S^{\circ 20, w}$  – седиментация константасы. ДНҚ-ның молекулалық массасын электронды-микроскопиялық әдіспен анықтау ДНҚ-ның созылған молекуласының ұзындығын өлшеуге негізделген. Оның молекуласының 0,1 нм ұзындығына 197 Дальтонға тең масса келетіні белгілі. Бұл мөлшерді ДНҚ молекуласының тәжірибе арқылы алынған ұзындығына көбейтіп, молекулалық массасын табады.

Эукариот жасушаларынан нативті ДНҚ-ны бөліп алу өте қиын, себебі ДНҚ-ның бөлініп алынған молекулаларын үзіліп кетуден сақтайтын арнайы әдістер әлі табылған жоқ.

Сондықтан да вирустар мен фагтардың ДНҚ-лары үшін ғана нақтылы сандар алынған (25-кесте), себебі одан белок қабатын абайлап алып, ДНҚ бөліп алған оңайлау.

## Вирус және фагалық ДНҚ-лардың молекулалық массалары

25-кесте

Зерттелген зат	Молекулалық массасы, млн. Дальтон	
	Гидродинамикалық әдіс	Электрондық микроскоптық әдіс
Бактериофаг fd	1,9	-
Полиома вирусы	-	3,2
Аденовирус	21	24
Бактериофаг T7	23-28	22-28
Бактериофаг T5	66	67
Бактериофаг T2	123	105-119
Бактериофаг T4	111-131	116-152

25-кестеден көріп отырғанымыздай, вирус және фагтардың ДНҚ-ның молекулалық массалары ондаған және жүздеген миллион Дальтонмен өлшенеді. Ал эукариот ДНҚ-ларының молекулалық массалары одан да жоғары. Жеміс шырыны дрозофиланың ең үлкен хромосомасынан өте сақтықпен алынған ДНҚ-ның молекулалық массасы бұған дәлел.

Белгілі бір түрдің ағза жасушаларындағы ДНҚ мөлшері өте тұрақты, ал бұл көрсеткіш бойынша тұраралық айырмашылығы біршама жоғары. Жасушадағы ДНҚ саны пикограммен өлшенеді, ол ішек таяқшасында 0,01 пг болса, жоғары сатыдағы гаплоидтық ағза жасушасында бірнеше пикограмға дейінгі аралықта өзгеріп отырады.

ДНҚ жасушадағы жинақталатын орнына байланысты - ядролық, митохондриялық, хлоропластық, центриолдық және эпизомалық ДНҚ болып бөлінеді. Эукариоттардағы ядролық ДНҚ басқа субжасушалық құрылымдардың ДНҚ-на қарағанда өте басым. Мысалы, митохондрияда  $0,5 \cdot 10^{-16}$  –  $5 \cdot 10^{-16}$  г аралығында ДНҚ, хлоропластарда  $10^{-16}$  –  $150 \cdot 10^{-16}$  г аралығында, ал центриолдарда  $2 \cdot 10^{-16}$  г ДНҚ ұсталатын болса, бұлар ядролық ДНҚ-ның бірнеше пайызын ғана құрайды. Бактериялық хромосомадағы және хромосомадан тысқары, генетикалық ақпараттың ауысуын камтамасыз ететін микроағзалардың тұқымқуалаушылықтың де-

терминанттарында өзінше репликациаланатын эписомалардағы ДНҚ мөлшері осындай арақатынаста. Жасушадағы ДНҚ-дан басқа вирустар мен фагтардың құрамына кіретін ДНҚ-лар да бар. Вирустар мен фагтар бөлшектеріндегі оның саны бактерия жасушаларындағыдан едәуір төмен (пикограмманың мыңнан бір бөлігі және одан да аз).

РНҚ-ның молекулалық массасын ДНҚ-ның молекулалық массасын анықтайтын әдіспен табады. Ол үшін электрофорез әдісін қолдануға да болады. Полиакриламид геліндегі жолының ұзындығы олардың молекулалық массасына кері пропорционал. Ал РНҚ-ның жасушаларындағы мөлшері және шоғырлануын алсақ, ол біртектілігімен де, тұрақтылығымен де ерекшеленбейді: белоктардың биосинтезі белсенді жүріп жатқан жасушаларда РНҚ мөлшері ДНҚ-ға қарағанда бірнеше есе көп (мысалы, тышқанның бауырында ДНҚ-ға қарағанда РНҚ 4 есе көп), бірақ белок синтезі аз жерде ДНҚ мен РНҚ-ның арақатынасы керісінше болады (мысалы, тышқан өкпесінде ДНҚ-ға қарағанда РНҚ 2 есе аз).

Функционалдық маңызы мен молекулалық массасы бойынша, сондай-ақ жасушадағы шоғырлануы бойынша РНҚ мынадай түрлерге бөлінеді:

**Тасымалдаушы РНҚ (тРНҚ)**, жасушадағы барлық РНҚ-ның 10% шамасындай. тРНҚ молекуласы құрамына 70-84 нуклеотид кіреді, оның м.м. 25000-30000. тРНҚ құрамынан қалыптан тыс минералды азотты қалдықтар деп аталатын қосылыстар табылған. тРНҚ қызметі - белсендірілген амин қышқылдарын белок синтезделетін орынға жеткізу. Жасушада 50-ге жуық тРНҚ бар, амин қышқылының саны 20 ғана екені белгілі. Демек бір амин қышқылын екі немесе одан да көп тРНҚ тасымалдайды.

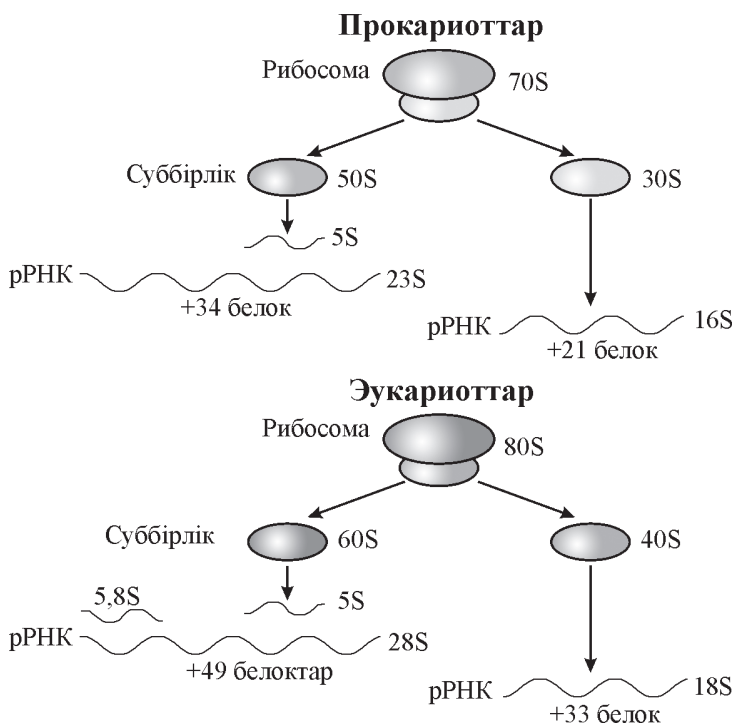
**Рибосомдық РНҚ.** РНҚ түрлерінің сан жағынан ең көбі. Бұл рРНҚ-ны басқа РНҚ түрлерімен салыстырғанда, оның молекулалық массасы да ең үлкен. Эукариотты жасушалардан төрт типті рРНҚ табылған, олар белоктармен қосылады. Рибосомаларда ДНҚ-дан мРНҚ хабар алып, бағдарлама бойынша белок синтезіне жұмсайды. Рибосома дегеніміз – жасуша цитоплазмасының глобулярлы бөлігі, сүтқоректі жануарларда рибосомалардың диаметрі 20-30нм. Олардың құрылымы күрделі, үлкендігі, пішіні және химиялық құрамы әртүрлі екі суббөліктен

құралады. Рибосомалардың суббөліктерге бөлшектенуі және олардың тұтас рибосома болып бірігуі, белок синтезінің белгілі кезеңінде жасушада жүзеге асады.

Рибосомдық РНҚ (рРНҚ) молекулалық массалары үлкен шамамен сипатталады, 550000–700000 рибосоманың 30–40S суббөліктерінде,  $1,1 \cdot 10^6$  –  $1,7 \cdot 10^6$  рибосоманың 50–60S суббөліктерінде, бірақ 5S рРНҚ-ның салмағы 40000 Д (S – Сведберг өлшемі, седиментация (тұндыру) коэффициенті деп аталады) (11-сурет) .

Рибосома – нуклеопротеидтерден тұратын органелла, белок синтезінің жүруін қадағалайды,

Рибосомалар көпшілігінде цитоплазмада орналасады, ал митохондрия матриксінде, стромада т.б. рибосома аз мөлшерде кездеседі. рРНҚ сан жағынан РНҚ түрлерінің ішіндегі ең көбі, оның молекулалық массасы да ең үлкен. Эукариоттық жасушаларда төрт типті РНҚ табылған.



11-сурет. Прокариоттар мен эукариоттар рибосомаларының құрылысы

**Матрицалық РНҚ** молекуласы тиісті гені бар ДНҚ-ның белгілі аймағында синтезделеді де, сол аймақтың көшірмесін дәл түсіріп алады. Осыдан кейін мРНҚ ядродан цитоплазмаға шығады да, рибосомалармен қосылады, белок синтезі осылай басталады, жануарлар жасушасында мРНҚ тіршілігі бірнеше сағатқа, тіпті бірнеше күнге созылуы мүмкін. Осы мезгіл аралығында белоктің жүздеген көп молекулалары синтезделеді. Жасуша құрамындағы мРНҚ мөлшері шамалы ғана, бірақ ол ерекше әсерлі келеді, мРНҚ алуан текті, ол жағдай жасуша синтездейтін белоктардың түрлілігіне байланысты, өйткені әр мРНҚ белоктың бір түрін ғана синтездеуге жауапты. Пре-мРНҚ гетерогенді ядролық мРНҚ деп те аталады, ол аса үлкен алып молекула болып табылады.

Ақпараттық немесе матрицалық РНҚ (мРНҚ) молекулалық массалары кең ауқымда өзгереді (300000-нан  $4 \cdot 10^6$ -ге дейін). Алғашқыда бастапқы жоғары молекулалар түрінде жасуша ядросында немесе басқа субжасушалық бөлшектердің ДНҚ-да пайда болып, мРНҚ (рибонуклеопротеиндер түрінде) рибосомаларға қарай жылжиды, соңғылардың құрамында олар полипептидтік тізбектерді жинау процесінде матрица функциясын орындайды.

**4. Вирустық РНҚ** негізінен бірнеше миллион дальтон шегіндегі әртүрлі және жоғары молекулалық массаларымен ерекшеленеді. Олар вирустық және фагалық рибонуклеопротеидтердің құрамдас бөліктері болып табылады, қожайын жасушаларында вирустың көбеюі үшін қажетті барлық ақпаратты береді. Қазіргі әдебиетте РНҚ-ның тағы да бірнеше түрлерін - ядролық, хромосомдық, митохондриялық түрлерін өзінше бөлек санаттарға бөліп шығару қажеттілігі туралы мәселе қаралуда.

5. Жасуша ядросында ядролық РНҚ табылған. Ядролық РНҚ-лар ішінде маңыздысы – кіші ядролық РНҚ (к.я.РНҚ). РНҚ-ның бұл түрі мРНҚ-лардың пісіп жетілуін (процессинг) реттейді.

### 5.3. Нуклеин қышқылдарының құрылысы

РНҚ-ны сілті ерітіндісімен абайлап өңдегенде (мысалы, 1n NaOH немесе КОН бөлме температурасында 18 сағат бойы), олар құрылымдық бөлшектерге ыдырайды, олардың әрқайсысы пуриндік немесе пириминдік негіздерден, рибозадан және фос-

фор қышқылының қалдықтарынан тұрады. Арнайы биокатализаторлар, мысалы, рибонуклеазалармен әсер еткенде, ыдырау процесі сілтімен әсер еткендегіден жақсы жүреді. РНҚ-на қарағанда ДНҚ сілтілердің сұйытылған ерітінділерінің қалыпты температурадағы әсеріне тұрақты. Сондықтан ДНҚ-ның әр бірлігіне пуриндік немесе пириминдік негіздерден, дезоксирибозадан және фосфор қышқылынан тұратын құрылымға дейін гидролиз жасау биологиялық арнайы фермент — дезоксирибонуклеазалар қолданғанда ғана мүмкін болады.

Минералдық та ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ , т.б.), органикалық та ( $\text{HCOOH}$ , т.б.) қышқылдар мұндай гидролиз үшін жарамсыз, себебі олар РНҚ-ын да, ДНҚ-да бос пуриндік және пиримидиндік негіздерге, көмірсуға және фосфор қышқылына дейін ыдыратады.

Нуклеин қышқылдарының гидролизаттарынан оларды құрайтын құрылымдық бірліктерді 1908 жылы алғаш рет П. Левин бөліп алды да, оларды нуклеотидтер деп атады.

РНҚ гидролиздегенде рибонуклеотидтер, ДНҚ гидролиздегенде дезоксирибонуклеотидтер пайда болады.

Пуриндік немесе пиримидиндік негіздер: рибоза немесе дезоксирибоза және фосфор қышқылы нуклеотидтер молекулаларында өте ұқсас байланыста болады.

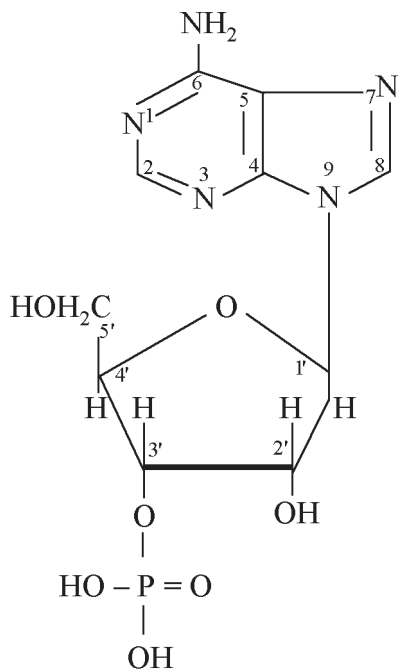
Жеке рибо- және дезоксирибонуклеотидтердің аттары пуринді немесе пиримидиндік негіздерге сәйкес алынған, ал дезоксирибозаның болуы «дезокси» жұрнағы арқылы көрсетіледі (6-кесте).

Табиғи нуклеотидтердегі фосфор қышқылының қалдығы рибозаның (немесе дезоксирибозаның) қалдығына 3' немесе 5' көміртек атомдағы гидроксил тобына қосылған, сондықтан нуклеотидтердің екі типі болады.

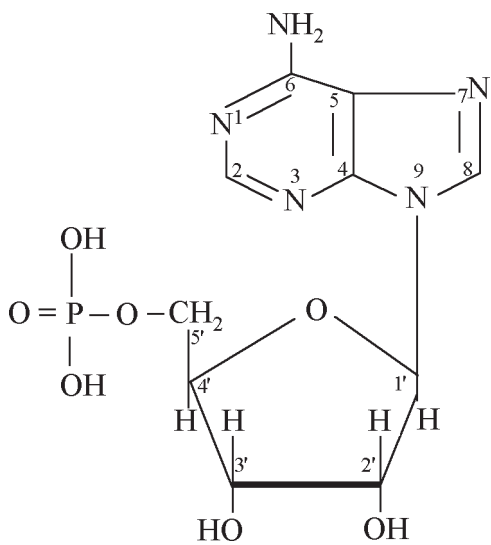
Фосфор қышқылы қалдығының нуклеотид молекуласындағы орнын көрсету үшін рибоза қалдығындағы көмірсу атомдарын нөмірлейді. Пуриндік немесе пиримидиндік негіздердегі арнайы нөмірлеулерді шатастырып алмау үшін бұл цифрларға «'» белгісі қойылады.

Нуклеотидтен фосфор қышқылының қалдығын ажыратып алғанда бұрынғыдан да қарапайым қосынды – нуклеозид алынады. Бұл терминді алғаш рет 1909 жылы Х. Левин мен В. Джекобс





Аденозин – 3' – фосфат



Аденозин – 5' – фосфат

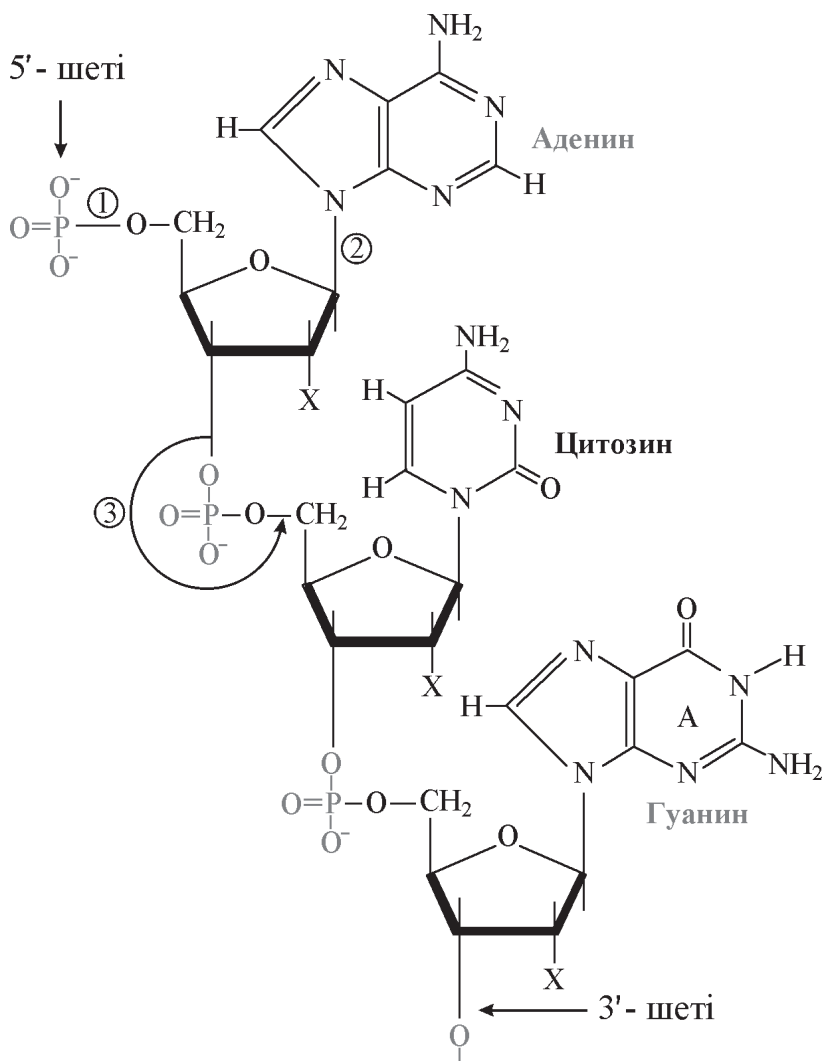
**12-сурет.** Нуклеозидфосфаттар құрылысы

РНҚ-нан бөлініп алынған пуриндердің көмірсу туындыларын белгілеу үшін ұсынды. Кейін бұл атау көмірсудың пурин, пиридиндермен қосындыларына таралды.

Нуклеозидфосфаттар едәуір күшті қышқылдар болғандықтан, оларды көбіне цитидил, уридил, аденил және гуанил қышқылдары деп атайды (12-сурет).

Нуклеин қышқылдарының әрбір түріне сәйкес жүздеген, кейде мыңдаған моонуклеотидтер тұтас бір молекулаға бірігіп, өте үлкен полинуклеотидтік тізбек құрайды.

Сонымен, өзінің химиялық құрылысы жағынан нуклеин қышқылдары полирибонуклеотид (РНҚ) және полидезоксирибонуклеотидтер (ДНҚ) болып табылады. РНҚ және ДНҚ молекулаларындағы нуклеотид қалдықтарының қосылуы бір жолмен жүзеге асырылады: екі нуклеотид арасындағы фосфор қышқылының қалдықтары арқылы жалғасып, күрделі эфир байланыстарын түзеді. Соңғылары әрқашан да бір нуклеотид қалдығының рибозасының (немесе дезоксирибозасының) 3'-көміртек атомымен және келесісі рибозаның (немесе дезоксирибозаның) 5'-көміртек атомымен байланысады, ал оны ДНҚ және РНҚ молекулалары фрагменттерінің - суретте келтірілген бейнелерінен көруге болады. Егер ДНҚ мен РНҚ-ның жоғарыда бейнеленген фрагменттерінің құрылымын соңғы нуклеотидтермен ойша аяқтасақ, онда дезоксирибоза қалдығының көміртек атомындағы ДНҚ жағдайында (немесе РНҚ жағдайындағы) рибозада фосфор қышқылының қалдығы болады, ал тізбектің қарама-қарсы жағындағы дезоксирибоза (немесе рибоза) қалдығының – 3' - көміртек атомында – гидроксил тобы болады. Бұл нуклеотид қалдықтары ДНҚ және РНҚ молекулаларының 5' - және 3' – соңы болады. Бірінші, яғни 5' – соңындағы нуклеотиді нуклеин қышқылы молекуласының басы, ал екінші, яғни 3' – соңындағы нуклеотидті молекуланың соңы деп есептеу қабылданған. Нуклеотид қалдықтарын полинуклеотидтік тізбектеріне үйлестіру үшін рибозаның 2'-көміртек атомындағы гидроксил фосфор қышқылының қалдығымен күрделі эфир байланысын түзу ешқашан кірістірілмейді. Яғни, ДНҚ-да да, РНҚ-да да байланыстар фосфор қышқылының қалдығы арқылы тек көмірсудың 3' - көміртек атомынан бесіншісіне қарай бағытталады (13-сурет).



**13-сурет.** ДНҚ және РНҚ молекулалары бөлігінің құрылысы

Нуклеин қышқылының молекулалық массасының мөлшеріне қарай поликонденсация коэффициенті, яғни бір полинуклеотид тізбегіне байланысқан нуклеотид топтарының саны үлкен аралықта ауытқиды. Егер нуклеотид қалдығының орташа молекулалық массасы 330-ға тең деп алсақ, онда ДНҚ молекулалары үшін поликонденсация коэффициенті ондаған және

жүздеген мың топтарымен, ал РНҚ үшін бар болғаны ондаған, жүздеген кейбір жағдайда мындаған топтарымен сипатталады.

Жасуша ядросының ішінде ұзын, жіңішке, тыныштық күйде әрең-әрең көрінетін заттар – хроматин жіпшелері кішкентай таяқшаларға -хромосомаларға айналады. Хромосомалардың саны, пішіні мен мөлшері ағзаның әр түрі үшін тұрақты.

Хромосома – ДНҚ мен белоктан құралған күрделі жүйе, хромосома белоктары гистондар мен гистон емес қышқыл белок болып келеді. Бұл белоктар хромосома құрылымын қалыпты ұстап тұру үшін қажет.

Эксперименттік деректер арқылы ДНҚ мен РНҚ молекулалары біртұтас ұзын тізбектерден тұратындығы анықталды. ДНҚ жіп тәрізді ирек-ирек болып құралған екі талшықтан тұрады, ол ядро хромосомаларының ішінде орналасады.

Рибонуклеин қышқылдары жіп тәрізді ирек-ирек болып құралған бір ғана талшықтан тұрады. Оларды тек электронды микроскоп арқылы ғана көруге болады.

ДНҚ нағыз ядролық қышқылдар, кейінгі жылдары өсімдіктердің пластидтерінен, жануарлардың митохондрияларынан да табылды, бірақ ядроларда ДНҚ көптеп кездеседі.

26, 27-кестелерде кейбір ағзалардың РНҚ және ДНҚ-дағы пуриндік және пиримидиндік негіздердің арақатынастарының кейбір мысалдарын келтірейік.

### ДНҚ-ның нуклеотидтік құрамы

26-кесте

Нуклеин қышқылы бөлінген объект	Азоттық негіздердің молярлық қатынасы, %				Г+А Ц+Т	Г+Ц А+Т
	Г	А	Ц	Т		
Тышқан	21,9	29,7	22,8	25,6	1,07	0,81
Осьминог	17,6	33,2	17,6	31,6	1,03	0,54
Бидай	23,8	25,6	24,6	26,0	0,98	0,94
Пияз	18,4	31,8	18,2	31,3	1,02	0,58
Туберкулез таяқшасы	34,2	16,5	33,0	16,0	1,03	2,08
Стрептококк	16,6	33,4	17,0	33,0	1,00	0,51

Нуклеин қышқылы бөлінген объект	Азоттық негіздердің молярлық қатынасы, %				Г+А Ц+У	Г+Ц А+У
	Г	А	Ц	У		
Егеуқұйрық	32,8	18,7	29,6	18,9	1,06	1,66
Маса	23,5	30,6	19,7	26,1	1,18	0,76
Бидай	30,8	25,2	25,4	18,6	1,27	1,28
Қарағай	27,6	25,3	23,4	23,7	1,12	1,04
Туберкулез таяқшасы	33,0	22,6	26,1	18,3	1,25	1,45
Стафилококк	28,7	26,9	22,4	22,0	1,25	1,05

Әріппен белгіленген негіздер: **Г-гуанин**, **А-аденин**, **Ц-цитозин**, **Т-тимин**, **У-урацил**, ал сандармен моль пайызы (моль %) берілген, яғни нуклеин қышқылдарында табылған барлық азоттық негіздің қосындысына есептеген пайызы, олардың әрқайсысының мөлшері нуклеин қышқылы препаратында мольмен немесе оның үлесімен есептеліп шығарылған.

Мұндай мәліметтер Е. Чаргаффқа бірнеше ережелер шығаруға мүмкіндік берді.

1. Пуриндік нуклеотидтердің қосындысы пиримидиндік нуклеотидтердің қосындысына тең.

$$\text{Пур} = \text{Пир}, \text{ немесе } \text{Пур} / \text{Пир} = 1;$$

2. Адениннің молярлық мөлшері тиминнің молярлық мөлшеріне тең.

$$\text{А} = \text{Т} \text{ немесе } \text{А} / \text{Т} = 1;$$

3. Гуаниннің молярлық мөлшері цитозиннің молярлық мөлшеріне тең.

$$\text{Г} = \text{Ц} \text{ немесе } \text{Г} / \text{Ц} = 1;$$

3. Аденин мен цитозиннің сандық мөлшері гуанин мен тиминнің сандық мөлшеріне тең.

$$\text{А} + \text{Ц} = \text{Г} + \text{Т} \text{ немесе } \text{А} + \text{Ц} / \text{Г} + \text{Т} = 1$$

Әртүрлі объектілерден бөлінген ДНҚ мен РНҚ-дағы нуклеотидтердің арақатынасы бірдей емес. Мысалы, кейбіреулерінде аденин гуанинге қарағанда көп болса, тимин цитозиннен көп  $A + T > G + C$  – мұндай жағдайды ДНҚ-ның АТ типі деп атайды. Кейбір объектілерден бөлінген ДНҚ-да гуанин мен цитозин аденин мен тиминге қарағанда көп болады, мұндай жағдайды ДНҚ-ның ГЦ типі деп атайды. Әртүрлі объектілерден бөлінген ДНҚ-ның нуклеотидтер құрамы жағынан бір-бірінен ерекше болады,  $G + C / A + T$  қатынасын ерекшелік коэффициенті деп атайды. Осыған байланысты Э. Чаргафф әр түрдің ДНҚ-ның нуклеотидтер құрамы арнайы (өзіне тән) болатыны туралы қағида ұсынды. Бұл жағдай дүниежүзінің көптеген ғылыми орталықтарында, зерттелді, әсіресе, А. Н. Белозерскийдің (Ресей) лабораториясында нуклеин қышқылдарының нуклеотидтер құрамын анықтау кең көлемде жүргізілді.

Бастапқыда бұл жұмыс бактериялардың топтарында жасалса, кейіннен балдырларда, жоғары сатыдағы өсімдіктер мен жануарлардың нуклеин қышқылдарының нуклеотидтер құрамы анықталды. Кең көлемде жүргізілген тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде жүйелік топтардың ішінде ДНҚ-ның нуклеотидтік құрамы әр түрдің өзіне арнайы екендігі дәлелденді. Көптеген жануарларда ДНҚ құрамында АТ типі басым екені анықталды.

ДНҚ мен РНҚ құрылысында алғашқы екі заңдылық олардың екінші реттік құрылымының ерекшеліктерімен байланысты. Блок молекулаларының спиралдық формасының тұрақтауында – СО – және – NH – топтары аралығында сутек байланыстары қандай маңызды рөл атқарса, полинуклеотид тізбегінің екінші құрылымын жасауға А мен Т (РНҚ-да – А мен У) және Г мен Ц (нуклеин қышқылдарының екі түрінде де) негіздері арасында туындайтын сутек байланыстары сондай рөл атқарады. Жұп құрап сутек байланыстарымен үйлесетін негіздер комплементарлы негіздер деп аталады (комплементарлы немесе сәйкесті).

Комплементарлы негіздер арасындағы сутектік байланыстары пуриндік және пиримидиндік негіздердің молекулаларында белгілі бір орында болатын аминтоптар мен кетотоптар арасында түзіледі. Комплементарлықты, яғни пуриндік және пиримидиндік негіздердің химиялық құрылысындағы бір-бірін

толықтырудың мәні: пуриндік негіздердің амин тобы орналасқан жерде пиримидиндік негіздерде кетотоп болады және керісінше. Екінші жағынан, сутектік байланыстар N және NH атом топтары бойынша өзара әрекеттесу нәтижесінде пайда болады, олар пуриндік және пиримидиндік сақиналарда тиісінше 1 және 3 – жағдайларда болады және тағы да бірін-бірі толықтырады. Сол себепті, ДНҚ-да А моль саны Т моль санына, Г моль саны Ц моль санына тең. Сондықтан пуриндер мен пиримидиндердің жиынтық мөлшерінің бірдей болуы заңды.

Пуриндік және пиримидиндік негіздердің арақатынасындағы үшінші заңдылық ДНҚ мен РНҚ-ның ерекшеліктерімен байланысты. Сондықтан да  $G + C / A + U$  (немесе T) арақатынасы нуклеин қышқылдарының ерекшелік коэффициенті деп аталады. ДНҚ-ның түрлері ерекше екендігі анықталды. Ал РНҚ-да тұраралық ерекшелік  $G + C / A + U$  арақатынасында онша ерекшеленбейді. Жоғарыда келтірілген кестеде бірқатар жиынтық ДНҚ және РНҚ үшін ерекшелік коэффициентінің мәні келтірілген. Еркін таңдап алынған объектілердің онша көп еместігіне қарамастан, бұл кестелер жоғарыда аталған заңдылықтарды жақсы бейнелейді. Жалпы ДНҚ-ның ерекшелік коэффициенті микроағзаларда 0,45-тен 2,57-ге дейін, жоғары сатыдағы өсімдіктерде 0,58-ден 0,94-ке дейін және жануарларда 0,54-тен 0,81-ге дейін өзгереді. Жиынтық РНҚ-да ерекшелік коэффициенті әдетте жоғары.

Соңғы уақытқа дейін ДНҚ және РНҚ-ның нуклеотидтік құрамын анықтау үшін оларды ыдыратып, түзілген нуклеотидтерді, нуклеозидтерді немесе әрбір бос азоттық негіздерді хроматография әдісімен бөліп, одан кейін спектофотометрлік талдау жүргізіп келді. Соңғы кездері нуклеин қышқылдарының нуклеотидтік құрамын анықтаудың классикалық әдістері физикалық әдістермен алмастырылады.

Физикалық әдістер биологиялық түрлердің ДНҚ-ның нуклеотидтік құрамы бойынша нақты материалдардың жинақталу процесін тездетті және Чаргафф ережелеріне А. Н. Белозерский мен оның шәкірттері ашқан заңдылықтарды қосуға мүмкіндік жасады. Табиғатта ДНҚ-ның екі типі таралғаны белгілі: хордалы және омыртқасыз жануарларда, жоғары сатыдағы өсімдіктерде, кейбір

саңырауқұлақтарда, көкжасыл балдырларда, бірқатар бактериялар мен вирустарда көбінесе ДНҚ-ның АТ типі, ал саңырауқұлақтарда, актиномицеттерде, балдырларда және бірқатар бактериялар мен вирустарда негізінен ГЦ типі болады. Метилденген негіздердің жануарлар және өсімдік әлемінің өкілдерінде таралуының өзі кездейсоқтық емес. Мысалы, ДНҚ құрамындағы 5 МЦ жоғары сатыдағы өсімдіктерде (2 - 10 моль%), көп жасушалы жануарларда (3 моль %-ға дейін) біршама болса, ал бактерияларда ол өте аз (0,5 моль %-ға да жетпейді).  $N_6$  – МА, керісінше, бактериялар мен балдырларда көп табылған, өсімдіктерде аз мөлшерде кездеседі, көптеген жануарларда жоқ. Мұның бәрі химиялық таксономия проблемаларымен ары қарай шұғылдануға негіз болады.

ДНҚ және РНҚ молекулаларында пуриндік және пиримидиндік негіздердің арақатынасында анықталған заңдылықтар нуклеотид қалдықтарының нуклеин қышқылдарында кезектесуінің өзіндік сипаты бар екендігін көрсетті. Бірақ бұл көрсетілген мәліметтер нуклеин қышқылдарының молекулаларын құрайтын құрылымдық элементтерінің орналасуындағы реттілік, яғни олардың алғашқы құрылымы жайында түсінік бере алмайды.

#### **5.4. Нуклеин қышқылдарының құрылымы**

*Дезоксирибонуклеин қышқылдарының* молекулалық құрылымы өте күрделі, себебі полинуклеотид тізбегінің ұзындығы белок молекуласынан көп ұзын болады.

Нуклеин қышқылдарының бірінші реттік құрылысын түзетін мономерлер – нуклеотидтер. Бір мононуклеотидтің дезоксирибозасы және екінші мононуклеотидтің фосфаты көмегімен нуклеотидтер өзара байланысып жалғасады, ұзын полинуклеотидтік тізбек түзеді. Осындай тізбектегі нуклеотидтердің орналасу тәртібін ДНҚ-ның бірінші реттік құрылымы деп атайды. Нуклеотидтер арасында фосфодиэфирлік байланыстар түзуге 3' және 5' жағдайдағы пентоза қалдығының гидроксил топтары қатысады.

Полидезоксирибонуклеотид скелеті (қаңқасы) қайталанып келіп отыратын дезоксирибоза және фосфатты топтардан тұрады.

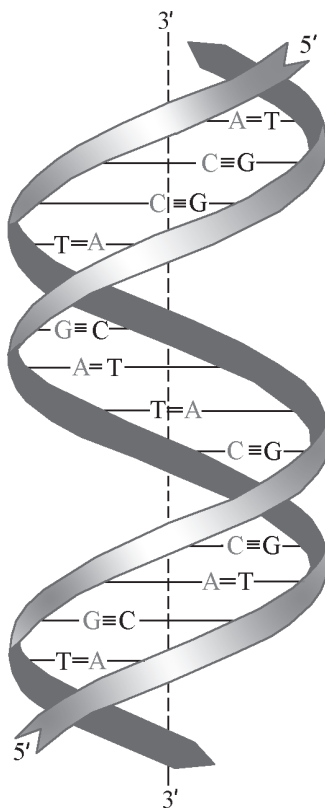
ДНҚ молекуласының құрылысында Е. Чаргафф ұсынған



заңдылық бар, бұл көптеген эксперименттік деректермен дәлелденді. Осы заңдылық ДНҚ молекуласының екінші реттік құрылымының ашылуында үлкен пайдасы тиді.

Дезоксирибонуклеин қышқылдарының екінші реттік құрылымын 1953 жылы жас биохимиктер Дж. Уотсон және Ф. Крик анықтады.

Олардың теориясы бойынша, ДНҚ молекуласы кеңістікте антипараллель орналасқан қос қабат спиральға ұқсайды (бір тізбек 5'→3' бағытында екіншісі 3'→5'). Екі полинуклеотид тізбек өзара бұранда сияқты жалғасып, азотты негіз арқылы байланысады дейді. Азотты негіздер спиральдың ішіне қарай орналасқан, ал пентозды-фосфорлы қалдықтар ДНҚ молекуласының сыртқы жағына қарай бағытталған (14-сурет).



14-сурет. ДНҚ молекуласының II реттік құрылымы

Қос қабат спиральдегі азотты негіздердің байланысуы ерекше: бір тізбектегі аденинге екінші тізбектің тимині, ал гуанинге екінші тізбектің цитозині қарсы орналасады. Осылай орналасуды ДНҚ тізбегіндегі сәйкестік немесе комплементарлық дейді және ол тірі материяда генетикалық қасиеттердің сақталуында, ұрпақтан-ұрпаққа берілуінде ерекше маңызды қызмет атқарады.

Қос қабат спиральді тізбекті азотты негіздер арасындағы сутектік байланыс және гидрофобтық әрекеттесулер (Стекинг байланыстары) біріктіріп бекітеді.

Мұнда аденин мен тимин екі сутектік байланыс түзеді, ал гуанин мен цитозин үш сутектік байланыс түзеді.

Бір спиральдің бойында азоттық негіздің 10 жұбы орналасады. Спиральдің бір қадамы - 3,4 нм, диаметрі - 1,7 нм. ДНҚ-ның мұндай формасын В-форма деп атайды, В-форма репликация процесіне бейімділеу келеді.

ДНҚ молекуласының екінші түрі А-форма. А-формада спиральдің бір айналымына азоттық негіздердің 11 жұбы келеді, спиральдің қадамы - 2,8 нм, жазықтықта бұрылу бұрышы -  $20^{\circ}$ . ДНҚ-ның А-формасы транскрипция процесіне бейімделген.

Вирустарда С-форма табылған, спиральдің айналымында 9,3 негіздер жұбы болады.

ДНҚ-ның Z-формасы да табылған, ол солға қарай айналған спираль. Спиральдің айналымы сирек, әр айналымға азотты негіздердің 123 жұбы сияды.

ДНҚ-ның үшінші реттік құрылымы. Хромосомадағы ДНҚ-ның қос қабат спиралі гистон-белоктарымен жалғасады. Белок – ДНҚ жүйесін тұрақтандыратын иондық байланыс. Белок-ДНҚ жүйесі спиральденеді де, ДНҚ-ның үшінші реттік құрылымын береді (15-сурет).

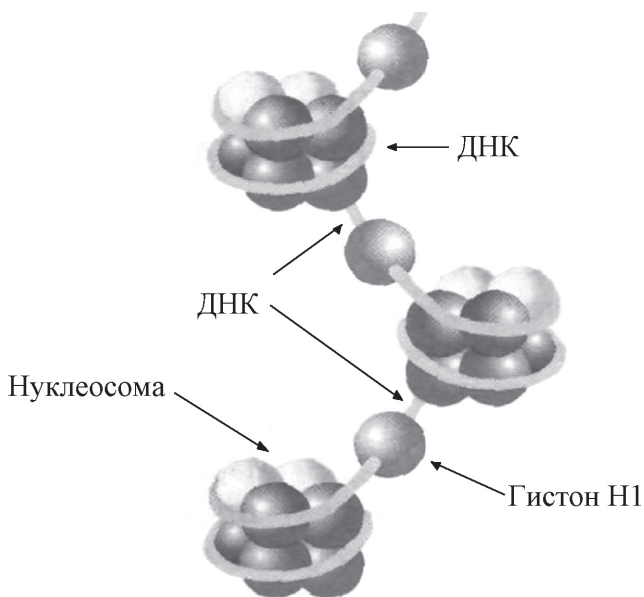
ДНҚ кеңістікте орналасқан кезде бірнеше деңгейлер пайда болады:

1. Нуклеосомалық деңгей: ДНҚ-мен гистон-белоктар әрекеттескенде, нуклеосомалық «жіп» түзіледі.

2. Екінші деңгей нуклеосомалық «жіптен» хроматин фибрильдері пайда болады, диаметрі 20-30нм. Бұлардың ішінде тиімдісі - соленоидтық модель.

3. Үшінші деңгей хроматин фибрильдерінің ілгек тәрізді ор-

наласуы. Бір ілгектің бойында - 20000-80000 дейін нуклеотидтер жұбы орналасады.



**15-сурет.** ДНК-ның III реттік құрылымы

*Рибонуклеин қышқылдарының бірінші реттік құрылымы* ковалентті құрылым болып табылады, өйткені рибонуклеозид-монофосфат (РНМФ) қалдығы полирибонуклеотидті тізбекте бірімен-бірі 3' 5' фосфодиэфирлі байланыспен бірігеді. РНМФ-тың бірінші реттік құрылымы — полирибонуклеотидті тізбекте РНМФ қалдықтарының кезектесіп берілуі. Қаңқа монотонды қайталанып келетін рибоза мен нуклеин қышқылдарының қалдықтарынан тұрады. Азотты негіздерді бір-бірінен бірдей арақашықтықта орналасқан бүйір топтары түрінде қарастыруға болады. Полирибонуклеотидті векторлық тізбекке тән тізбек бағыты 5' – 3'. РНҚ-ның әрбір түрлерінің поликонденсациялық коэффициенті бірнеше оннан бірнеше мыңға дейін созылады. Молекулалық массасы 200 мыңнан млн Дальтонға дейін болуы мүмкін. мРНҚ - мөлшері де, тұрақтылығы да гетерогенді болатын РНҚ-ның түрі. Эукариоттарда мРНҚ молекуласы цистрон бөліктерінен тұрады.

Жасуша құрамындағы мРНҚ мөлшері шамалы ғана (5%-дай), бірақ ол ерекше әсерлі келеді, мРНҚ алуан текті, ол жағдай жасуша синтездейтін белоктардың түрлілігіне байланысты, өйткені әр мРНҚ белоктің бір түрін ғана синтездеуге жауапты. Қазіргі уақытта көптеген мРНҚ-ның бірінші реттік құрылымы анықталған. Эукариоттарда мРНҚ нуклеотидтік тізбегі цистрон деген аймақтардан тұрады. Цистрондар кодталатын аймақ, белоктардағы амин қышқылдарының орналасу ретін бақылайды. Эукариоттардың барлығында мРНҚ-ның 5' – шетінде КЭП деп аталатын ерекше құрылым бар (ағылшын тілінде сар–колпачок).

КЭП ферментативті жолмен ядрода түзіледі, КЭП екі түрлі қызмет атқарады:

1. мРНҚ-ның 5' шетін 5' - экзонуклеаза ферменттерінің әсерінен сақтайды.

2. Трансляция этапында амин қышқылдарын тану процесіне қатысады.

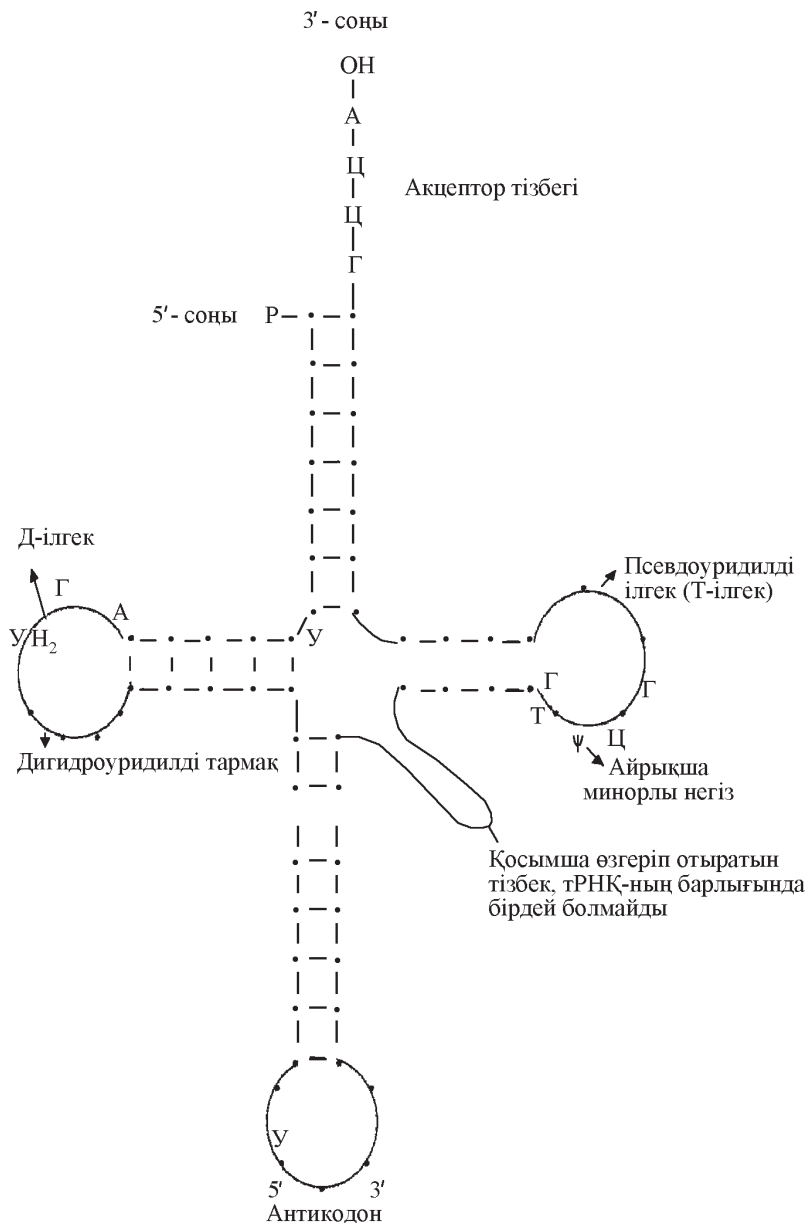
КЭП-тен кейін мРНҚ-ның цистрон алды бөлігі орналасады, мұнда 3-1,5 дейін нуклеотидтер болады. мРНҚ-ның бұл бөлігі 5' - шетінің рибосомамен дұрыс байланысуына жауапты. Цистроннан кейін терминдеуші кодон орналасады, бұған постцистронды бөлік жалғасады. м-РНҚ-ның постцистронды бөлігінде ААУ ААА деген гексонуклеотид болады. Көптеген мРНҚ-ның 3'-шетінде полинуклеотидтер орналасады, олар жасушадағы мРНҚ-ның тұрақтылығына жауапты деген болжам айтылады.

мРНҚ - екінші реттік құрылымы өте күрделі, трансляция кезінде матрицалық функциясын атқару үшін жауапты.

тРНҚ құрамына 70-93 нуклеотид кіреді. тРНҚ-ның қызметі активтелген амин қышқылдарын белок синтезделетін орынға жеткізу болып табылады. Әр амин қышқылын тасымалдайтын өзінің арнаулы тРНҚ болады. Кейбір амин қышқылдарына бірнеше тРНҚ сәйкес келеді.

Қазіргі кезде 300-дей тРНҚ нуклеотидтік тізбегінің реті анықталған. Барлық тРНҚ-ның жалпы жоспар бойынша құрылғаны, олардың кеңістіктік құрылымы бірдей екендігі, пішінінің беде жапырағына ұқсайтыны анықталған. тРНҚ-лардың конформациясы ұқсас болғанымен, нуклеотидтердің орналасу реті әртүрлі. тРНҚ-лардың құрамында 60-қа жуық минорлы негіздер

болады, олар көбінесе пурин және пиримидин негіздерінің метил туындылары (16-сурет).



16-сурет. т-РНҚ-ның екінші реттік құрылымы

тРНҚ-ның көбінің 5'-шетінде гуанил қышқылы, ал 3'-шетінде тринуклеотид Ц – Ц – А орналасады. тРНҚ-ның 3' – шетін нуклеотидтің акцепторлық соңы дейді.

тРНҚ-ның екінші реттік құрылымы - кеңістікте комплементарлы негіздер арасында сутектік байланыстың пайда болуынан түзілген құрылым. Осындай байланыстар арқасында тРНҚ-ның полинуклеотидті тізбегі ширатылып, дара жұпталмаған нуклеотидтер ілгектері бар спираль түзеді.

Беде жапырағы пішіндес болып келетін тРНҚ төрт тармақтан тұрады: дигидроуридилі (қысқаша Д), антикодонды, псевдоуридилді (Т) және ацепторлы, тРНҚ молекуласында үш ілгек бар – Д, антикодон және Т, олар белок синтезі кезінде әртүрлі қызмет атқарады.

тРНҚ-ның амин қышқылы жалғасатын соңы акцепторлық соң деп аталады, бұл ЦЦА нуклеотидтерінің барлық тРНҚ-да орналасу реті бірдей.

Т-ілгек көмегімен тРНҚ рибосомамен байланысады.

Д-ілгегінде минорлы негіз дигидроурацил болады, ал Т-ілгекте псевдоурацил орналасады.

тРНҚ-ның үшінші реттік құрылымының негізгі белгілері барлық тірі ағзалар үшін бірдей болады деген болжам бар. тРНҚ-ның үшінші құрылымы деп кеңістікте тРНҚ-ның барлық бөліктерінің орналасуы деп түсінеміз. Кеңістікте орналасқан кезде тРНҚ-ның беде жапырақтарының тармақтары бір-біріне жақындап, қосымша сутектік стэкинг байланыстары пайда болып, пішіні Г әрпіне ұқсас құрылым түзеді.

### *Тест тапсырмалары*

**1. Мессинджер қызметін атқарып, жасушаға гормондардың хабарын жеткізіп тұратын нуклеотид:**

- А) АМФ
- Ә) цАДФ
- Б) АТФ
- В) цАМФ
- Г) цАТФ

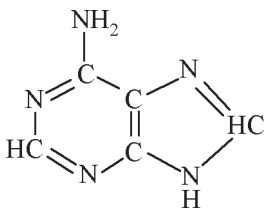
**2. ДНҚ-молекуласында комплементарлы негіздер арасындағы байланыс түрі:**

- А) иондық
- Ә) күрделі эфирлі
- Б) сутекті
- В) донорлы-акцепторлы
- Г) электростатикалық әрекеттесу

**3. Пурин және пиримидин негіздері арасындағы (сәйкестілік) комплементарлық принципін ұсынған:**

- А) Ф. Мишер
- Ә) А. Белозерский
- Б) Р. Альтман
- В) Е. Чаргафф
- Г) А. Данилевский

**4. Қалай аталады?**



- А) цитозин
- Ә) гуанин
- Б) аденин
- В) тимин
- Г) урацил

**5. ДНҚ құрамында болмайтын азотты негіз:**

- А) аденин
- Ә) гуанин
- Б) тимин
- В) урацил
- Г) цитозин

**6. ДНҚ жасушаның қай бөлігінде түзіледі?**

- А) цитоплазма
- Ә) ядро
- Б) рибосома
- В) митохондрия
- Г) Гольджи аппараты

**7. Цистрондар арасындағы кодталмайтын бөлім:**

- А) оператор
- Ә) цистрон
- Б) экзондар
- В) спейсер
- Г) праймер

**8. Транскрипцияның басқарушы зонасы:**

- А) оператор
- Ә) цистрон
- Б) экзондар
- В) спейсер
- Г) праймер

**9. Транскриптон дегеніміз не?**

- А) транскрипция кезінде бірдей транскрипт беретін ДНҚ бөлігі
- Ә) промотор
- Б) басқарушы зона
- В) цистрон арасындағы кодталмайтын бөлім
- Г) интрон

**10. ДНҚ-ның II реттік құрылымын ұсынған:**

- А) Р. Митчел және В. П. Скулачев
- Ә) Дж. Уотсон және Ф. Крик
- Б) Ф. Жакоб және Ж. Моно
- В) А. Данилевский
- Г) М. Айтхожин

**11. РНҚ-нің ДНҚ-дан айырмашылығы:**

- А) ДНҚ-ға қарағанда РНҚ бір тізбекті болып келеді.
- Ә) РНҚ екі тізбекті болып келеді.
- Б) РНҚ-ның ДНҚ-дан айырмашылығы жоқ.
- В) РНҚ үш тізбекті болып келеді.
- Г) үш азотты негіз РНҚ мен ДНҚ-ға ортақ болып келеді.

**12. Полипептидті тізбектің құрылысы туралы хабарлардан тұратын транскриптонның бөлігі:**

- А) оператор
- Ә) цистрон
- Б) экзондар
- В) спейсер



**13. РНҚ құрамына қандай азотты негіз кірмейді:**

- А) тиамин
- Ә) цитозин
- Б) урацил
- В) гуанин
- Г) аденин

**14. Нуклеозид құрамында болады:**

- А) тек пиримидинді азотты негіз
- Ә) азотты негіз және пентоза
- Б) азотты негіз, пентоза және фосфор қышқылының қалдығы
- В) гексоза
- Г) азотты негіз және глюкоза

**15. Нуклеотид құрамында болады:**

- А) тек пиримидинді азотты негіз
- Ә) азотты негіз және пентоза
- Б) азотты негіз, пентоза және фосфор қышқылының қалдығы
- В) гексоза
- Г) азотты негіз және глюкоза, фосфор қышқылы

**16. Пиримидин нуклеозидтері:**

- А) аденозин
- Ә) аденин
- Б) аденозинтрифосфат
- В) цитидин
- Г) цитозин

**17. Пурин нуклеозидтері:**

- А) аденозин
- Ә) уридин
- Б) гуанозин
- В) гуанин
- Г) урацил

**18. ДНҚ – екінші реттік құрылымы:**

- А) солға ширатылған қос спираль
- Ә) оңға ширатылған қос спираль
- Б) солға ширатылған дара спираль
- В) оңға ширатылған дара спираль
- Г) аморфты спираль

**19. Чаргаффтың комплементарлық ережесі бойынша ДНҚ молекуласында сутектік байланыс пайда болады:**

- А) аденин мен гуанин арасында
- Ә) аденин мен тимин арасында
- Б) урацил мен аденин арасында
- В) цитозин мен тимин арасында
- Г) цитозин мен гуанин арасында

**20. ДНҚ молекуласында аденин қалдықтарының саны тең болады:**

- А) гуанинге
- Ә) тиминге
- Б) урацилге
- В) цитозинге
- Г) ксантинге

**21. Қос спиральді ДНҚ молекуласында полинуклеотидті тізбекті берік ұстап тұратын байланыс:**

- А) координациялық
- Ә) сутектік
- Б) иондық
- В) гидрофобты
- Г) гидрофильді

**22. тРНҚ-ның екінші реттік құрылымы:**

- А) сызықты болып келеді
- Ә) беде жапырағы тәрізді
- Б) қос спиральді
- В) бірнеше суббөліктерден тұрады
- Г) «Г» әріпіне ұқсас

**23. Комплементарлық негіздер дегеніміз:**

- А) жұп құрап сутек байланыстарымен үйлесетін негіздер
- Ә) минорлы негіздер
- Б) молекулаларының спиральдік формасы тұрақты негіздер
- В) кері параллельді негіздер
- Г) параллельді негіздер

## VI. ТІРІ АҒЗАДАҒЫ ЗАТТАР АЛМАСУЫНЫҢ ЖАЛПЫ ЗАҢДЫЛЫҒЫ

Барлық тірі ағзаға тән белгі – зат алмасуы. Себебі заттар алмасуынсыз тіршіліктің болуы мүмкін емес. Сондықтан заттар алмасуы дегеніміз не екенін айтпай тұрып, тірі ағзаның тірі емес заттардан қандай айырмашылығы бар екендігіне тоқталуымыз керек.

Ең негізгі бірінші айырмашылығы - тірі ағзаның сапалық, сандық құрамы мен құрылымының өте күрделі болуы. Мысалы, кез келген машинаны немесе жансыз затты жеке бөлшектерге даралауға болады, ал ең қарапайым тірі ағзаны жеке бөлшектерге бөлсе, ол тіршілік ету қасиетін жояды. Бір түрге жататын тірі ағзаның әрқайсысының сапалық құрамы (әсіресе, белоктар) әртүрлі болады және тірі ағзаның құрамындағы заттар өздігінен жаңарып отырады. Заттар алмасуы дегеніміз – айналадағы ортадан келетін немесе ағзаның өзіндегі органикалық және органикалық емес заттардың химиялық өзгерістерінің жиынтығы. Басқаша айтқанда, зат алмасуы - өздігінен жүретін және реттелетін процесс арқылы тірі ағзаның химиялық құрамының жаңалануы. Зат алмасуы тоқтаса, тіршілікте тоқтайды.

Зат алмасуы - физиологиялық, физикалық және химиялық процестерден тұрады.

Физиологиялық процесс кезінде сыртқы ортадан тірі ағзаға оған қажетті қоректік заттар: белок, көмірсу, майлар, су мен минералды заттар және т.б. енеді, ал ағзаға қажетсіз қайта пайдалануға келмейтін заттар -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  сыртқа шығарылады.

Физикалық процесс кезінде қорытылған заттар механикалық тұрғыдан ұнтақталады, сорбция, диффузия т.б. процестері жүреді. Химиялық процесті жасушадан тыс сыртқы алмасу және аралық (жасуша ішіндегі) алмасу деп бөледі.

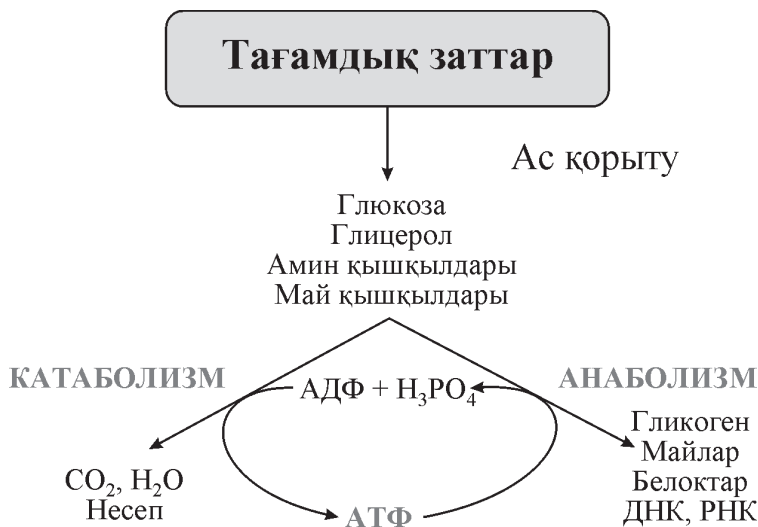
Аралық алмасуды басқаша метаболизм деп атайды. Метаболизм процестерін динамикалық биохимия зерттейді.

Метаболизм бір-біріне қарама-қарсы және өзара тығыз байланыстағы екі құбылыстан: анаболизм және катаболизмнен

тұрады. Анаболизм (ассимиляция) дегеніміз - қарапайым заттардан сол ағзаға қажетті күрделі заттардың құрылуы немесе жаңа жасушалардың пайда болуы. Бұл құбылыста әрқашан қуат жұмсалады.

Катаболизм (диссимиляция) – тірі ағзадағы күрделі заттардың ыдырауы. Мысалы, көмірсулардың ыдырауы арқылы зат алмасуының соңғы өнімдері: көмірқышқыл газы, су және қуат бөлінеді. Катаболизм құбылыстарының негізінде экзоэргиялық реакциялар жатады (бос энергияны кеміте отырып жүретін реакциялар). Алайда бұл екі құбылыс өте тығыз байланысты. Себебі анаболизм құбылысына қажет қуат катаболизм құбылысында бөлінсе, соңғы құбылыс үшін ыдырайтын күрделі заттар анаболизм кезінде түзіледі. Сондықтан бұл екі құбылыс тірі ағзада бір-біріне жеке жүре алмайды.

Бұл екі құбылыстың арақатынасы ағзаның өмір сүру жолында өзгеріп отырады. Егер жас баланың ағзасында анаболизм құбылысы басым болып, қосылыстар, әсіресе, құрылыс белоктары, ферменттер пайда болса, қартайған шақта ол заттардың мөлшері азаяды. Қалыпты жағдайда ересек адамдардың ағзасында бұл екі құбылыс тепе-тең жағдайда болады. Алайда олардың арақатынасының өзгеруіне дене еңбегі, сыртқы ортаның



17-сурет. Ағзадағы зат алмасуы

температурасы, ағзаның хал-күйі, тамақтану ерекшеліктері т.б. жағдайлар әсер етеді.

1. Пластикалық алмасу – ағзаға тән күрделі заттардың (құрылыс заттары, ферменттер, гормондар) пайда болуын қамтамасыз ететін химиялық реакциялар жиынтығы.

2. Функционалды алмасу – тіршілікке қажетті мүшелердің қызметін қамтамасыз ететін реакциялардың жиынтығы. Мысалы, бұлшық еттің жиырылуын, жүректің, бауырдың, өкпенің, т.б. жұмысының қызметі.

3. Ағзадағы қуат алмасуы – көмірсулар, майлар және белоктар ыдыраған кезде бөлінген қуаттың макроэргті қосылысы АТФ-ның қайта түзілуін қамтамасыз ететін реакциялар жиынтығы. Ал АТФ-ның ыдырауынан бөлінген қуат пластикалық және функционалды алмасуларды қамтамасыз етеді.

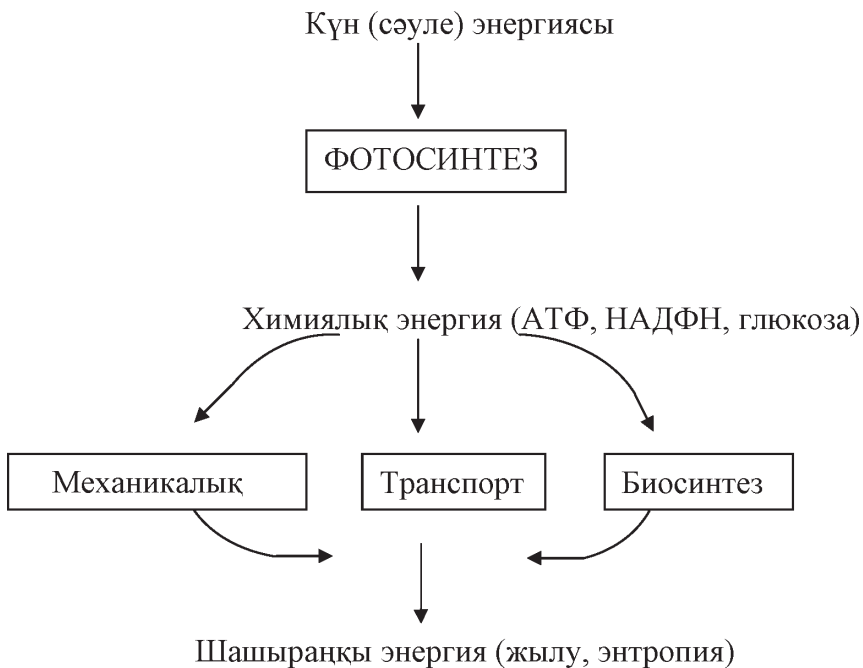
## **6.1. Энергия алмасуы**

Энергия алмасуды жануарлар ағзасындағы энергияның айналуы деп қарастыруға болады. Энергияның алмасу механизмдерін зерттейтін ғылым биоэнергетика деп аталады. Бұл ғылымның дамуына Энгельгард, М. Н. Любимова, Белицер, Скулачев (СССР), Чанс (АҚШ), Митчелл (Англия), Мейергоф (Германия) атты ғалымдар үлкен үлес қосты.

Биосферадағы энергия ағымын мынадай түрде көрсетуге болады (18-сурет):

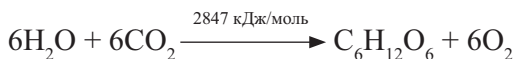
Барлық жасушалық энергияның алғашқы қайнар көзі - күн сәулесі. Жасуша тіршілігіне қажетті энергияны өсімдіктер де, жануарлар да фотосинтез өнімдері мен глюкозадан алады. Ақырында күн энергиясы шашырап, қайта пайдалануға болмайтын басқа формаға ауысады.

Жер бетіндегі тірі ағзалар ішінде, ең алдымен, күн энергиясын пайдаланатындар - жасыл өсімдіктер (автотрофты ағзалар). Өсімдіктер күн энергиясының қабылдағыштары. Олар күн энергиясының тек 0,02% ғана сіңіре алады. Сол энергияның есебінен органикалық заттарды синтездейді. Өз кезегінде өсімдіктер гетеротрофты ағзалар үшін бірден бір энергия көзі болып табылады. Жасыл өсімдіктер күн энергиясын пайдалану арқылы



**18-сурет.** Биосферадағы энергия ағымы.

су мен көмірқышқыл газынан глюкозаны синтездейді. Бұл процесс фотосинтез деп аталады. Демек фотосинтез кезінде күн сәулесі энергиясы химиялық қосылыстардың энергиясына айналады. Фотосинтез реакциясын мынадай теңдеумен көрсетуге болады:



Күн сәулесі энергиясын өсімдік жапырағындағы хлорофилл молекуласы сіңіріп алып, оны түрлі синтез процестеріне жұмсайды. Нәтижесінде, энергияға бай органикалық қосылыстар (қоректік заттар) түзіледі. Бұл қоректік заттар гетеротрофтардың тіршілігін қамтамасыз етеді.

Гетеротрофты ағза көмірсулар мен тағы басқа тағамдардан жиналған энергияны өз қажетіне қалай жаратады? Глюкозаның бір молекуласы оттегі қатысында жанғанда судың алты молекуласы, көмір қышқыл газының алты молекуласы түзіліп,

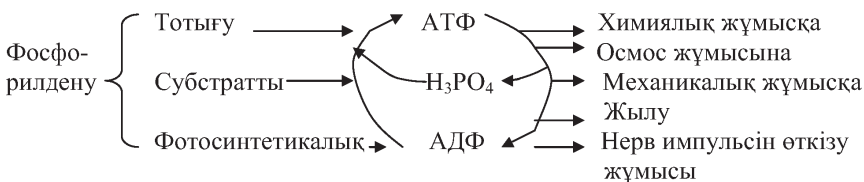
2847 кДж энергия бөлініп шығады. Адам ағзасында да дәл осындай реакция өтеді. Бірақ энергия бірден емес, біртіндеп бөлінеді. Бұл энергияның бір бөлігі химиялық универсалды энергия нуклеозидтрифосфаттарға (НТФ) - АТФ, ГТФ, ЦТФ, ТТФ, УТФ айналады, олар тірі ағзаның әртүрлі процестеріне қатысады. Ал энергияның қалған бөлігі, жылу түрінде бөлініп, дене температурасын бірқалыпты сақтап тұруға жұмсалады.

Нуклеозидтрифосфаттардың басқа қосылыстардан үлкен ерекшелігі - олардың молекулаларындағы фосфор қышқылының қалдықтары шамамен 30 - 40 кДж энергия бөледі, ағза бұл энергияны пайдаланады.

Тірі ағзаның биоэнергетикасында 2 моменттің маңызы зор:

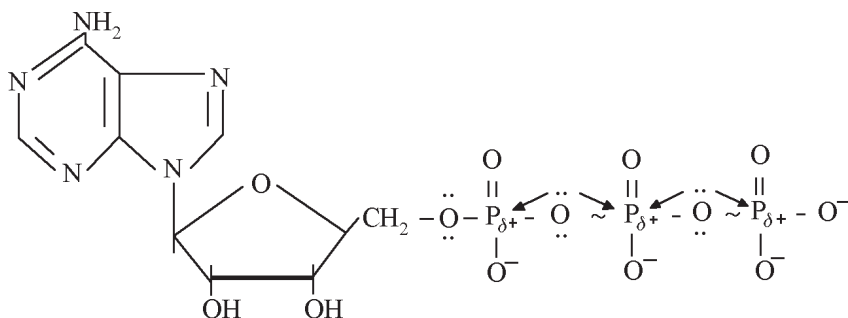
1) Түзілген АТФ молекуласында химиялық энергия қор ретінде жинақталуы.

2) АТФ-тің ыдырау кезінде жинақталған энергия түрлі процестерге жұмсалуы. (19-сурет).



19-сурет. Жасушада АТФ-тың алмасуы

(Оң жақта энергия жұмсалуын қажет ететін процестер, сол жақта табиғатта АТФ-ты, АДФ-ты фосфорилдеу жолымен синтездеу түрлері)



АТФ - структурасы (рН=7,0)

АТФ-тың биоэнергетикадағы рөлін оның құрылысымен түсіндіруге болады.

АТФ молекуласында екі пирофосфатты байланыс бар. Гидролиз кезінде бұл байланыстар үзіліп, энергия бөледі. Шамамен 30 кДж/моль астам энергия бөліп шығаратын байланыстарды макроэргиялық байланыстар деп атайды, ондай байланысы бар қосылыстарды макроэргиялық қосылыстар дейді.

Әмбебап химиялық энергия көзі болып табылатын нуклеозидтрифосфаттардың ішіндегі ең маңыздысы АТФ деп қарауға болады. Жасушада АТФ қор ретінде түзілмейді, сондықтан қажет болған жағдайда әрдайым қайта синтезделіп отырады. Қайта синтезделуі АТФ-тың ресинтезі деп аталады.

Метаболизмнің катаболикалық фазасында күрделі органикалық заттар (көмірсулар, майлар және белоктар) ферментативті жолмен ыдырайды. Ыдыраудың жеке сатыларын катализдейтін ферменттер мен ыдырау барысында түзілетін әртүрлі аралық өнімдер жақсы зерттелген.

Қоректік заттар катаболизмінің негізгі үш сатысын қосып есептегенде, энергия алмасу төрт сатыдан тұрады.

1-ші сатысы. Күрделі заттардың арнайы жолдармен ыдырап, универсалды аралық өнімдерге айналуы.

2-ші сатысы. Үшкарбон қышқылының циклі (ҮҚЦ).

3-ші сатысы. Биологиялық тотығу (БТ).

4-ші сатысы. Тотыға фосфорлану (ТФ).

## **6.2. Күрделі заттардың арнайы жолдармен ыдырап, универсалды аралық өнімдерге айналуы**

Бұл - күрделі заттар ыдырауының бастапқы, дайындық сатысы болып есептеледі. Себебі бұл сатыда тағам құрамындағы ірі молекулалар ыдырап, негізгі құрылымдық белоктарға айналады. Мысалы, көмірсулар гексоза немесе пентозаға, липидтер май қышқылдарына және глицеринге, ал белоктар 20 амин қышқылдарына дейін ыдырайды (20-сурет).

Энергия алмасудың 1-ші дайындық сатысында барлық негізгі қоректік заттар ортақ аралық өнімдерге дейін ыдырайды, оларды жеке-жеке схема түрінде қарастырамыз.

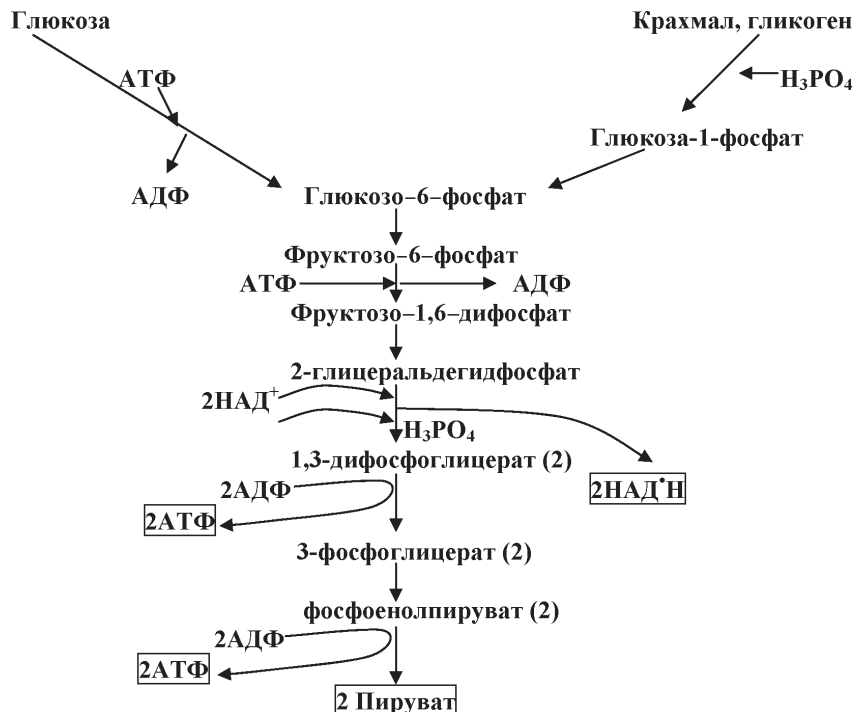




20-сурет. Катаболизмнің және анаболизмнің 1-ші сатысы.

Сызықтар катаболикалық және анаболикалық жолдарды көрсетеді

а) Көмірсулардың пируватқа дейін тотығуы рет-ретімен жүретін көптеген ферментативті реакциялардан тұрады (21-сурет).



21-сурет. Көмірсулардың пируватқа дейін арнайы тотығу жолдары

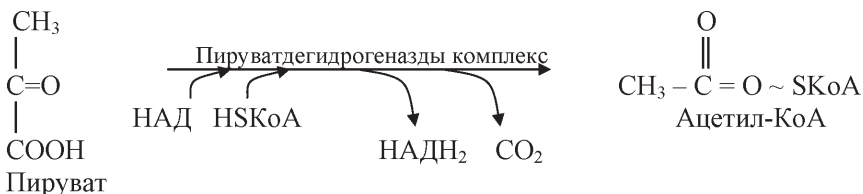
б) Липидтер липаза арқылы глицерин мен бос май қышқылдарына ыдырайды. Глицерин энергия көзі ретінде жұмсала алады.



Барлық тотығу жолдары ақырында, бірнеше аралық өнімдердің түзілуіне алып келеді. Бұл аралық метаболиттер үшкарбон цикліне түседі.

Күрделі органикалық заттар – белоктар, көмірсулар, липидтер асқорыту жолдары ферменттерінің әсерінен қорытылып, сіңірілгеннен кейін, қан арқылы ағза тіндерінің жасушаларына түседі. Жасушада метаболиттер спецификалық өзгерістерге ұшырайды, яғни әрқайсысы ерекше жолдармен тотығады (22-сурет). Осы процестер кезінде соңғы өнім ретінде аралық универсалды метаболиттер: пирожүзім қышқылы немесе активті сірке қышқылдары (ацетил-КоА) түзіледі.

Жасушада глюкоза, глицерин және кейбір амин қышқылдары арнайы жолдармен тотығуы нәтижесінде, пирожүзім қышқылына айналады. Ол пируватдегидрогеназды мультиферментті комплекстің қатысуымен, тотығудан декарбоксилдену реакциясы нәтижесінде, активті сірке қышқылын түзеді:



Энергия алмасудың бірінші сатысында көмірсулар, липидтер, амин қышқылдарының тотығуы нәтижесінде түзілген активті сірке қышқылы (АСК), тек үш карбон қышқылы циклінде тотығады.

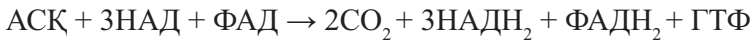
### 6.3. ҮҚЦ-нің қызметі мен ерекшелігі

Энергия алмасудың екінші сатысы – үш карбон қышқылының циклі немесе лимон қышқылының циклі немесе Кребстің циклі деп аталады. Циклді алғаш рет 1937 жылы неміс ғалымы Ганс Кребс ашқан. Бұл цикл митохондрия матриксінде көптеген ферменттердің қатысуымен жүреді. ҮҚЦ процесінде ацетил-КоА-ның ацетил тобы тотығып, көмір қышқыл газы (CO<sub>2</sub>), тотықсызданған никотинамидадениндинуклеотид (НАД·Н) және тотықсызданған флавинадениндинуклеотид (ФАДН<sub>2</sub>) түзеді. Процеске тотыққан

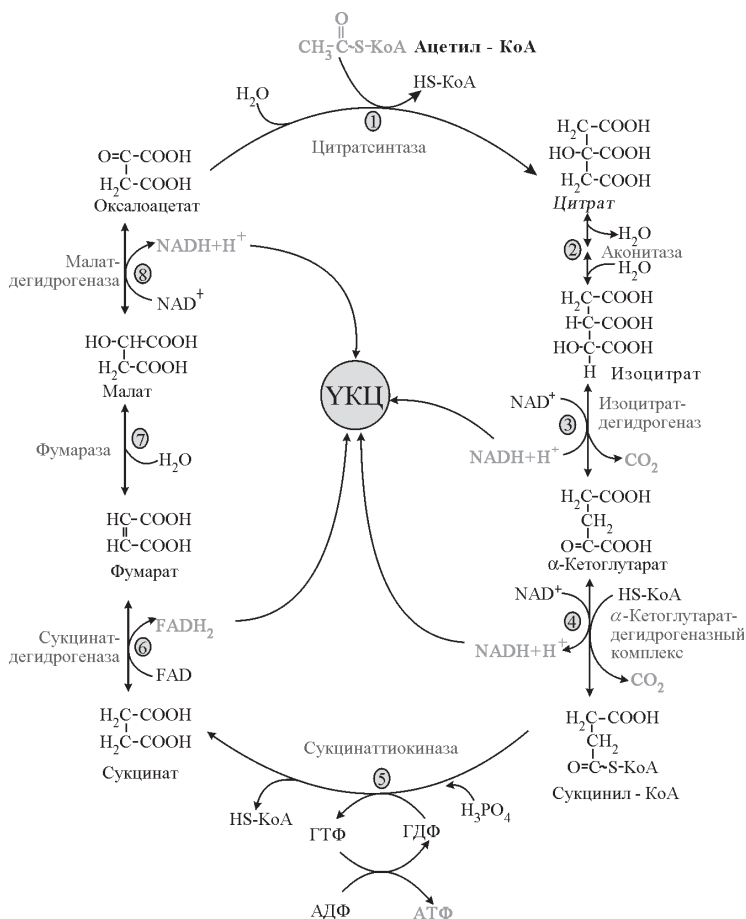
НАД<sup>+</sup> пен ФАД<sup>+</sup> электрондардың акцепторы ретінде қатысады. Барлық цикл жалпы мына теңдеу арқылы сипатталады:



Ал ҮКЦ-нің жалпы барысын былай көрсетуге болады (аэробты жағдайда):



ҮКЦ тізбекті емес, айналмалы, реакциялары қайтымсыз, АСҚ-ның тотығуын қамтамасыз ететін реакцияларда, көптеген аралық



23-сурет. Үш карбон қышқылдарының циклі

өнімдер ретінде ди-, трикарбон қышқылдары түзіледі. АСҚ-ның бір молекуласы толық тотыққанда, екі рет декарбоксилдену және төрт дегидрлену реакциялары жүреді (23-сурет).

ҮКЦ амфиболикалық жол болып табылады. Себебі ҮКЦ-да анаболикалық та, катаболикалық та процестер өтеді.

1. Көптеген молекулалардың негізін құрушылардың синтездеу жолдары – ҮКЦ-дағы анаболикалық процестерден басталады. Мысалы;

$\alpha$  – кетоглутарат + аланин  $\rightleftharpoons$  глутамат + пируват

оксалоацетат + аланин  $\rightleftharpoons$  аспарат + пируват

сукцинил КоА  $\rightarrow$  гем  $\rightarrow$  гемоглобин, миоглобин, цитохромдар.

ҮКЦ-дағы катаболикалық процестер – көмірсулар, бос май қышқылдары мен амин қышқылдарының екі көміртекті ацетильді қалдықтарының тотығыуын қамтамасыз етеді.

2. ҮКЦ жасушалық тыныс алуда және аэробты жасушаларда энергияны ұстау мен өңдеу жүйелерінде маңызды қызмет атқарады.

3. ҮКЦ-да энергия көзі ретінде жұмсалатын барлық метаболиттердің толық тотығыуының жалпы жолдары шоғырланған.

ҮКЦ-ның маңызы зор:

- “Метаболиттік ошақ” ретінде АСҚ молекуласын “жағып,”  $\text{CO}_2$ -ге дейін толық тотықтырады.

- АСҚ-ның тотығыуынан түзілген энергияны активті сутегі түрінде ( $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$  немесе  $\text{ФП}\cdot\text{H}_2$ ) сақтайды.

- Пластикалық қызмет атқарады.

ҮКЦ-да реакциялардың жүруі үшін оттегі тікелей қажет болмайды, бірақ тотықсызданған дегидрогеназалардың коферменттері ( $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$  немесе  $\text{ФП}\cdot\text{H}_2$ ) биологиялық тотығу (БТ) тізбегінде қайта тотығыуы үшін оттегін қажет етеді. Оттегі болмаған жағдайда, ҮКЦ-да реакциялар бір айналым ғана жүреді және бұл кезде түзілген  $\text{НАД}\cdot\text{H}_2$  мен  $\text{ФП}\cdot\text{H}_2$  тотықсызданған күйінде қалып қояр еді. ҮКЦ-дағы реакциялардың жүруін катализдеу үшін тотықсызданған дегидрогеназалардың коферменттері қайта тотығыулары қажет.

#### 6.4. Биологиялық тотығу (БТ)

XVIII ғасырда Лавуазье жану процесімен тірі жасушадағы тотығу процестерінің арасында ұқсастық бар екендігін айтты. 1898 жылы А. Н. Бах асқын тотық теориясын ұсынды, яғни оттегі тотығушы заттардың энергиясының арқасында активтеледі, сөйтіп пероксидтер түзіледі деді.

1912 жылы Варбурн оттегінің активтелу теориясын қолдай отырып, тотығу процесінің соңғы өнімі су болады деп есептеп, цитохромоксидаза ферментін ашты.

1912 жылы Палладин биототығудың жаңа түсініктерін енгізді, яғни биототығу аэробты және анаэробты кезеңдерден тұрады, анаэробтық тотығуда субстрат сутектен айырылады деген пікір айтты.

1933 жылы Кейлин электронды тасымалдаушы цитрохромдарды ашты. Оксигеназалық және дегидрогеназалық теориялар жасушадағы биологиялық тотығудың немесе ұлпалық тыныс алудың негізі болып табылады деді. Одан әрі қарай отандық және шетелдік ғалымдардың жұмыстарының нәтижесінде биологиялық тотығу субстраттан көптеген ферменттік жүйелердің көмегімен электрондардың, протондардың оттегіне жеткізілуінің арқасында су және энергия түзілетін көп сатылы тотығу-тотықсыздану процестері екендігі, ал бұл процестер кезіндегі бөлінген энергия АТФ-тың байланысқан энергиясына айналатындығы деп дәлелденеді.

Биологиялық тотығудың маңызы:

1. Энергия біртіндеп бөлініп, АТФ синтезіне жұмсалады.
2. Эндогенді су түзіледі.

Биологиялық тотығу тізбегіндегі (БТТ) тотығу-тотықсыздану реакцияларын оксидоредуктаза класының ферменттері катализдейді. Биологиялық тотығу тізбегінде ферменттер тотығу-тотықсыздану потенциалының (ТТП) өсу ретіне қарай белгілі бір тәртіппен орналасқан.

Биологиялық тотығу тізбегіндегі барлық ферменттер бір сызық бойына тізбектеліп орналаспайды. Олар бірнеше үлкен тыныс алу комплекстерінің құрамында бола отырып, тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатысып, атомдармен электрондар-

ды тасымалдайды. Осындай төрт үлкен тыныс алу комплекстері белгілі.

1-ші комплекс: Дегидрогеназа –  $\text{НАД}^+ \text{НАД} \cdot \text{H}_2$  айналады,  $\text{НАД} \cdot \text{H}_2$  өзінің апоферментімен байланысын үзеді.

2-ші комплекс: ФАД – тәуелді флавопротеидтерден құралады, олар органикалық қышқылдарды тотықтырып, өздері  $\text{ФАДН}_2$  -ге тотықсызданады.

3-ші комплекс: Цхb мен Цхс<sub>r</sub>-ден тұрады. Олар тотықсызданған убихиноннан ( $\text{КоQH}_2$ ) бөлінген электрондарды қосып алып тотықсызданып, ферроформаларына айналады. Осы сатыда электрондарынан ажыраған екі сутегі протоны ерітіндіде қалады, ал КоQ тотыққан күйіне ауысады.

4-ші комплекс: Цитохромоксидаза (ЦхО) деп аталады. Бұл комплексті Цха мен Цха<sub>3</sub> құрайды.

1-ші және 2-ші комплекс КоQ арқылы 3-ші комплекспен байланысады, ал 3-ші комплекс пен 4-ші комплекстің арасын Цхс жалғастырады.

Энергия алмасуының 3-ші сатысында тотықсызданған дегидрогеназалар ( $\text{НАДН}_2 + \text{ФПН}_2$ ) биологиялық тотығу тізбегін құрайтын ферменттердің комплекстерінде тотығу-тотықсыздану реакциялары арқылы тасымалданып, протондар мен электрондарға ыдырайды. Тірі ағзалар электрондардың энергиясын ғана пайдаланады, биологиялық жүйелер протондардың энергиясын пайдалана алмайды. Биологиялық тотығу тізбегін тіндік тыныс алу деп те атауға болады. Ұлпалық тыныс алу процесінде электрон өз энергиясын біртіндеп жоғалтатындықтан, ең соңында протонынан ажырайды. Тіндік тыныс алу процесінде бөлінген энергия АТФ-тің синтезіне жұмсалады, сонымен қатар бір бөлігі жылу түрінде таралады. Биологиялық тотығу соңында электрондарды молекулалық оттегі қосып алып, активті екі оттегі ионына айналады. Оттегінің бір молекуласын активті ионға айналдыру үшін төрт электрон жұмсалады. Оттегінің әрбір ионы ( $\text{O}^{2-}$ )  $2\text{H}^+$  катионымен қосылып, су түзеді. Бұл эндогенді су деп аталады.

*Биологиялық тотығудың схемасы.* 1. Тотығуға ҮКЦ-ның органикалық қышқылдары және алмасудың әртүрлі өнімдері ұшырайды. Атап айтсақ, гликолиз өнімдері, май қышқылының тотығу өнімдері болуы мүмкін. Бұл органикалық қышқылдар

сәйкес дегидрогеназалардың әсерінен дегидрлену арқылы тотығады. Тікелей көптеген субстраттармен әрекеттесіп, оларды тотықтыра алатын дегидрогеназаларға пиридин ферменттер (ПФ) жатады. Субстрат сутегін жоғалтып тотығады, ал пиридин фермент тотықсызданады (оның коферменті НАД<sup>+</sup> НАДН<sub>2</sub>-ге айналады), НАДН<sub>2</sub> өзінің апоферментімен байланысын үзіп, одан бөлінеді.

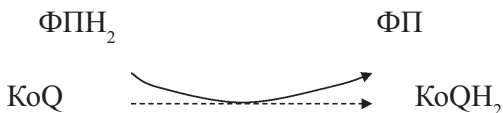


Бұл реакцияда бөлінетін энергияның мөлшері аз болғандықтан, АТФ синтездеуге жетпейді, сондықтан жылу түрінде бөлінеді.

2. НАДН<sub>2</sub> флавопротеидтермен (ФП) тотығады. НАДН<sub>2</sub> сутектерін жоғалтып тотыққанда, флавопротеидтер сутегін қосып алып (ФПН<sub>2</sub>) тотықсызданады. Осы сатыда 43кДж энергия бөлінеді. Макроэргтік байланыстың түзілуіне 33кДж энергия қажет, сондықтан биологиялық тотығудың осы сатысында бір молекула АТФ синтезделеді, ал энергияның қалған бөлігі жылу түрінде бөлінеді:



3. ФПН<sub>2</sub> тотығып, екі сутегін убихинонға береді. Убихинон тотықсызданады (КоQH<sub>2</sub>):



4. Тізбектің басынан алыстаған сайын, сутегі атомының электроны мен протоны арасындағы байланыстар әлсірей береді. Себебі тотығу-тотықсыздану реакцияларының әрбір сатысында электрон энергиясын біртіндеп беріп отырады. КоQH<sub>2</sub> деңгейінде



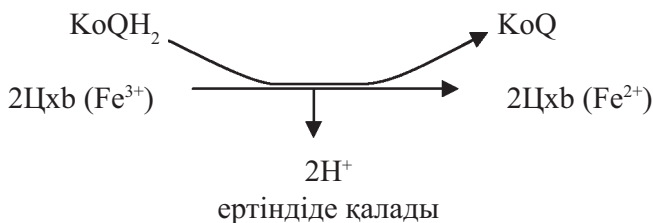
сутегі атомындағы электрон мен протон арасындағы байланыс әбден әлсірегендіктен, біржола үзіледі:



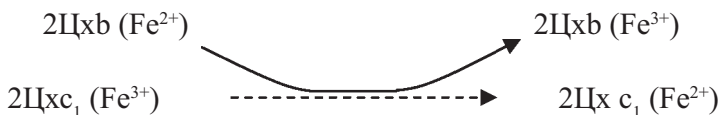
Протон ерітіндіде қалады, ал электрондар цитохром жүйесі арқылы оттегінің молекуласына тасымалданады.

5. Протонынан ажыраған электрондар екі Цхb ( $\text{Fe}^{3+}$ ) феррицитохромдарға қосылып, оларды 2Цхb ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ферро формасына тотықсыздандырады, соңғысындағы темір екі валентті.

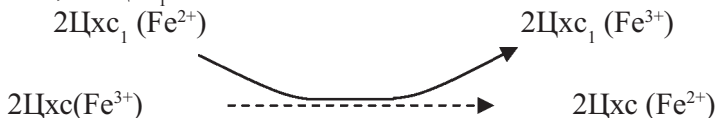
Тізбектің 3, 4, 5-ші сатыларындағы тотығу-тотықсыздану реакцияларында энергия аз мөлшерде бөлінгендіктен, макроэргтік байланыс түзуге жетпейді, сондықтан бұл сатылардағы энергия жылу түрінде таралады:



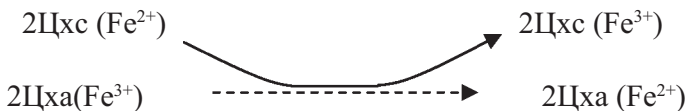
6. Ферро Цхb-мен ферри Цхс-дың арасында тотығу-тотықсыздану реакциясы жүреді. Цхb тотығады, ал Цхс тотықсызданады. Бұл реакцияда 46 кДж энергия бөлінеді. Осы бөлінген энергияның есебінен АТФ-тың екінші молекуласы синтезделеді, қалғаны жылу түрінде бөлінеді:



7. Ферро 2Цхс электрондарын ферри 2Цхс<sub>1</sub>-ға береді. 2Цхс тотығады, ал Цхс<sub>1</sub> тотықсызданады:

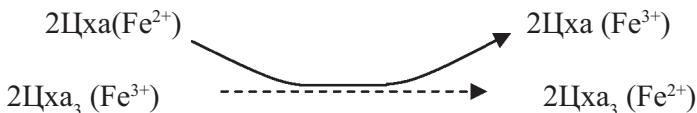


8. 2Цхс ( $\text{Fe}^{2+}$ ) және 2 ферриЦха арасында тотығу-тотықсыздану реакциясы жүреді:

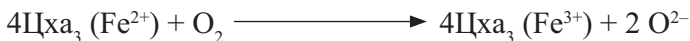


7-ші және 8-ші реакцияларда энергия мардымсыз бөлінеді.

9-10. Биологиялық тотығу тізбегіндегі 9-шы және 10-шы реакциялар бір-бірімен тығыз байланысты. Бұл екі реакция цитохромоксидазды (ЦхО) мультиферментті комплекспен жүреді. 2 ферро Цха екі электрондарын ферри Цха<sub>3</sub>-ке береді. Цха тотығады, ал Цха<sub>3</sub> тотықсызданады:



9. Цха<sub>3</sub> оттегі ( $\text{O}_2$ ) молекуласымен әрекеттеседі және тотығады. Ал  $\text{O}_2$  ионданады  $2\text{O}^{2-}$  (зарядталады). Оттегінің бір молекуласы тотықсыздану үшін  $4\text{e}^-$  қажет болады. Демек  $\text{O}_2$ -мен 4 молекула Цха<sub>3</sub> ( $\text{Fe}^{2+}$ ) әрекеттесуі қажет:



9-шы, 10-шы реакцияларда 102 кДж мөлшерінде энергия түзіледі және жылу көп бөлінеді.

11. Әрбір ионданған активті оттегі  $\text{CoQH}_2$ -ның тотығуы кезінде түзіліп, ерітіндіде қалған  $2\text{H}^+$ -мен әрекеттесіп,  $\text{H}_2\text{O}$  түзеді. Осылайша, биологиялық тотығудың бір тізбегіндегі реакциялар барысында, органикалық қышқылдар молекулалары дегидрлену арқылы тотығып, біртіндеп энергия бөледі. БТ-ның соңғы нәтижесі энергияның бөлінуі және эндогенді судың түзілуі болып табылады. Тотығудың бұл типі оксидазды тотығу деп аталады.

Қорытып айтқанда, БТ-ның 2,6,9 бен 10-шы реакцияларында АТФ-тың синтезіне жеткілікті энергия бөлінеді. Бұл нүктелерді БТ мен тотыға фосфорланудың қабысатын нүктелері деп атайды.

## 6.5. Тотыға фосфорлану теориясы (ТФ)

Тотыға фосфорлану реакциялары кезінде АДФ пен  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -нан универсалды химиялық энергия көзі - АТФ-тің синтезі жүреді.



АДФ-ке қосылатын бейорганикалық фосфаттың жұмсалған оттегіне қатынасы тотыға фосфорлану жылдамдығын анықтайды, яғни сіңірілген оттегінің әрбір атомына сәйкес келетін, АТФ-тің түзілуіне кеткен бейорганикалық фосфаттың моль саны тотыға фосфорлану коэффициентін көрсетеді. Бұл Р/О коэффициенті деп аталады. Егер субстрат пен реакция пиридин ферменттерімен дегидрленуден басталса, тотыға фосфорлануда оттегінің бір атомына бейорганикалық фосфаттың 3 молекуласы сәйкес келеді. Бұл кезде фосфор мен оттегінің қатынасы үшке тең болады: Р/О = 3. Ал реакция флавопротеидтерден басталса, оттегінің бір атомына бейорганикалық фосфаттың екі молекуласы тура келеді. Бұл кезде Р/О = 2 болады.

Р/О коэффициенті – тотыға фосфорланудың жүру жылдамдығын, яғни өнімділігін көрсететін индекс. Биологиялық тотығу мен тотыға фосфорлану тығыз байланысты. Тотыға фосфорлану биологиялық тотығудың интенсивтілігін бақылайды. Бұл тыныс алуды бақылау деп аталады. Биологиялық тотығудың ферменттеріне қажетті субстраттар, оттегі,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  жеткілікті болып, бірақ АДФ жеткіліксіз болса, биологиялық тотығудың жылдамдығы бірден төмендейді. Егер реакцияға АДФ-ті қосса, биологиялық тотығу қайтадан қалпына келеді. Тыныс алуды бақылау қалыпты жағдайдағы митохондрияның негізгі қасиеті деп есептеледі.

Митохондриядағы биологиялық тотығу тізбегінде атомдар мен электрондардың тасымалдануы нәтижесінде АТФ-тың түзілу механизмдерін түсіндіретін бірнеше теориялар белгілі. Олар:

1. Химиялық теория. Бұл теория бойынша фосфор қышқылының қалдықтары АДФ-ке гипотетикалық тасымалдаушылар арқылы жеткізіледі. Тасымалдаушы қызметін биологиялық тотығу тізбегіндегі КоQ атқаруы мүмкін. Себебі КоQ табиғаты

жағынан гидрохинонның туындысы болғандықтан, энергияға бай фосфорлы қосылыстар түзу арқылы бейорганикалық фосфатты АДФ-ке жеткізуі мүмкін деген болжам айтылады.

2. Белоктардың конформациялық өзгеруіне байланысты теория - электрондардың тасымалдануы кезінде белоктардың конформациясының өзгеруі жоғарғы энергетикалық қосылыстардың түзілуіне әкелуі мүмкін деп түсіндіреді.

3. Митчелдің хемиосмотық теориясы. Митохондриялық мембрананың ішкі жағында электрондардың қозғалуы нәтижесінде протондық сорғыш пайда болады да, протондарды митохондрия матриксінен мембрана аралық кеңістікке өткізеді. Әрбір  $2H^+$  өткенде, бір АТФ синтезделеді деп түсіндіреді. Биологиялық тотығу кезінде ішкі мембрананың бір жағына  $H^+$ , ал екінші жағына  $OH^-$  жиналып, мембрана зарядталады, яғни мембрананың екі шетінде потенциал пайда болады. Осы потенциалдық энергиядан аденозинтрифосфатазаның қатысумен АТФ синтезделуі мүмкін.

Реакциядан соң мембрана зарядсызданып, бастапқы қалпына келеді деп түсіндіреді.

Тотыға фосфорланудың механизмдері толық зерттелмеген десек те, биологиялық тотығу мен тотыға фосфорлануда жүретін процестердің өте тығыз байланысты екендігі дәлелденген.

БТ мен ТФ-ын арасын ажыратқанда, биологиялық тотығудың жүруі жалғаса береді, бірақ реакция барысында түзілген энергия АТФ-тың синтезіне жұмсалмастан, тек жылу түрінде таралады. Егер АДФ-тың концентрациясы аз, ал АТФ жеткілікті болса, биологиялық тотығудың жылдамдығы төмендеп тежеледі. Керісінше, АТФ-тың мөлшері көп болып, АДФ-тың мөлшері аз болса, БТ-ның жылдамдығы артады. Сондықтан биологиялық тотығудың жылдамдығы осы процеске қатысты негізгі компоненттердің жасушадағы концентрациясына тәуелді болатындағы анық. Ағзадағы кейбір қосылыстар биологиялық тотығу тізбегінде сутегі атомының немесе электрондардың тасымалдануына кедергі болып, биологиялық тотығудың жүруін тежейді. Мұндай биологиялық тотығудың ингибиторларына прогестерон, ротенон, амиталдар, т.б. жатады. Аталған қосылыстар ФПН<sub>2</sub>-ден КоQ-ға сутегінің берілуіне кедергі жасайды. Электрондардың Цхв-дан Цхс тасымалдануын антимицин

антибиотигі тежейді, ал электрондардың ЦхО ( $aa_3$ )-дан оттегіне тасымалдануына цианидтер, азидтер кедергі болады.

Тотыға фосфорлану процесі - АТФ синтездейтін негізгі процесс. Биологиялық тотығу мен тотыға фосфорлану реакциялары тек оттегі жеткілікті болған кезде ғана жүреді. Егер оттегі жоқ болса немесе жетіспеген жағдайда, АТФ-тың синтезделуі субстраттан фосфорлану реакциялары арқылы жүзеге асады.

## 6.6. Тотығудың түрлері

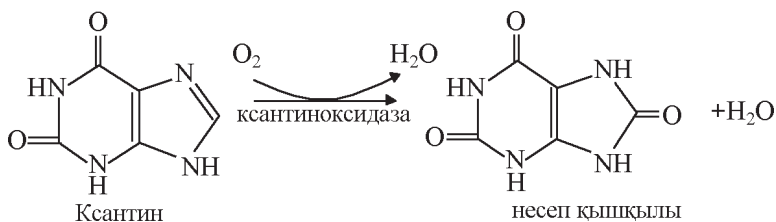
Ағзада төрт түрлі тотығу реакциялары жүреді. 1-ші – оксидазды тотығу, 2-ші – пероксидті тотығу, 3-ші – пероксидазды тотығу, 4-ші – оксигеназды тотығу

*Оксидазды тотығу.* Органикалық қосылыстардың тотығуы нәтижесінде түзілген универсалды аралық өнім – активті сірке қышқылы ҮҚЦ-да көмір қышқыл газына дейін тотығып, активті сутектері тотықсызданған дегидрогеназалар түрінде бөлініп шығады. Олардың БТ тізбегінде оттегіне қарай тасымалдануы, эндогенді су және энергияның түзілуіне әкеледі. Осы процесс оксидазды тотығу деп аталады. Оксидазды тотығуда оттегінің бір атомы екі электрон арқылы тотықсызданып, зарядталған формасына айналады.

*Пероксидті тотығу.* Оттегі атомы бір электронмен тотықсызданғанда супероксиданион  $O_2^-$ , гидроксид радикалы ( $OH^\cdot$ ) және гидропероксид радикалдары ( $OOH^\cdot$ ) түзіледі. Олар оттегінің өте активті түрлері, сондықтан липидтерді және биологиялық мембранадағы көп қанықпаған май қышқылдарын шабуылдап, оларды тотықтырады. Тотығудың бұл түрі пероксидтік тотығу деп аталады. Периоксидтік тотығу мембраналардың өткізгіштігін арттырып, жасушаны апатқа ұшыратады және белоктар, нуклеин қышқылдар мен әрекеттесіп, олардың қызметін бұзады. Пероксидті тотығу ағзада аз мөлшерде үнемі жүріп тұрады. Бұның нәтижесінде, мембрананың жаңа құрылымдық компоненттері түзіліп, мембрана жаңарып отырады. Егер, пероксидтік тотығу интенсивті жүре бастаса, патологиялық өзгерістер тудырмау үшін, ағзаның қорғаныс механизмдері іске қосылып, оның зиянды әсерінен қорғайды.

Ағзаны пероксидті тотығудан қорғайтын механизмдер антиоксидантты жүйе деп аталады. Антиоксидантты жүйе ферментативті және ферментті емес болып, екіге бөлінеді.

*Пероксидазды тотығу.* Пероксидазды тотығу негізінен, пероксисомалардағы оксидазалардың катализімен жүретін реакциялар. Пероксисомадағы оксидазалар флавин ферменттері болып табылады. Олардың катализдейтін реакциялары:

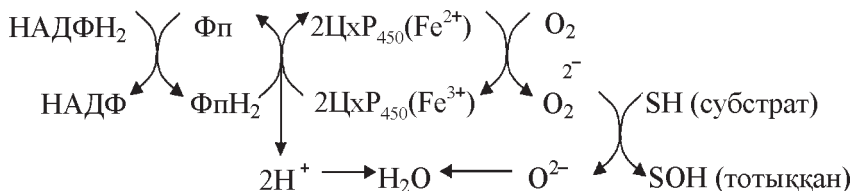


ФМН-тәуелді α-амин қышқылы оксидазалары катализдейтін дезаминдену реакциялары, диаминоксидазалардың биогенді аминдерді дезаминдеу реакциялары – залалсыздандыру реакциялары болып табылады. Бұл реакция пероксидазды тотығуға жатады. α-Амин қышқылдардың тотығудан дезаминденуі нәтижесінде түзілген кетоқышқылдар тотығып, NH<sub>3</sub> және H<sub>2</sub>O түзеді. Диаминоксидазалар амин қышқылдарының дезаминдену реакцияларын жүргізеді, сонымен қатар, протеиногенді аминдерді залалсыздандырып, амидтер, альдегидтер, H<sub>2</sub>O және NH<sub>3</sub> түзеді. Глутамин, гистидин, серотонин, кадавериндердің тотығып залалсыздануы осы жолмен жүреді.

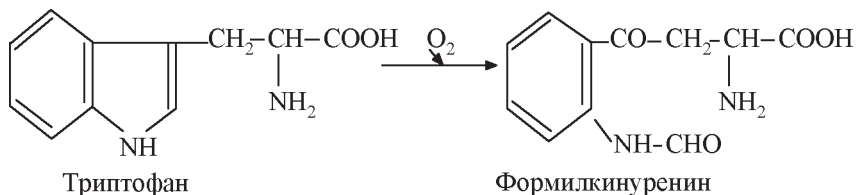
*Оксигеназды тотығу.* Оксигеназды тотығу реакцияларын оксигеназалар катализдейді. Олар простагландиндер, Д-вита-минінің алмасатын активті формасы, стероидты гормондар сияқты маңызды қосылыстардың синтезделу процесіне қатысады. Кейбір эндогенді немесе экзогенді улы заттарды тотықтыру арқылы залалсыздандырады. Оксигеназды тотығудың екі түрі болады.

Біріншісі, монооксигеназды тотығу. Мұндай тотығу кезінде, оттегі ( $O_2$ ) молекуласының бір атомы субстратқа еніп, оны тотықтырады, ал екінші атомы су түзеді. Бұл реакциялардың жүруі үшін сутегінің доноры қажет болады. Монооксигеназды тотығу, көбіне микросомаларда өтеді. Реакцияны катализдейтін ферменттер қысқа тізбек түзе отырып, электрондарды  $O_2$ -ге тасымалдайды. Оттегі активті формасына айналатындықтан субстратпен әрекеттесіп, оны тотықтырады және су түзеді.

Екіншісі, диоксигеназды тотығу. Бұл түрдегі тотығу кезінде оттегі молекуласындағы екі атом бірден субстраттың құрамына кіріп, оны тотықтырады.



Мысалы, триптофанды 2,3-диоксигеназа ферментінің қатысуымен тотықтырғанда, оттегінің екі атомы бірдей триптофан молекуласындағы пиррол сақинасына қосылып, формилкинуруринге айналады:



### Тест тапсырмалары

#### 1. Катаболизм дегеніміз не?

- А) тірі ағзада күрделі заттардың ыдырауы
- Ә) қарапайым заттардан күрделі заттардың пайда болуы
- Б) АТФ-тың ресинтезі негізіндегі реакциялар
- В) амин қышқылдардан белоктардың құрылуы
- Г) жаңа жасушалардың пайда болуы

## 2. Биоэнергетика нені зерттейді?

- А) Жасушада химиялық энергияның жиналуы мен оның әртүрлі жұмыстарға пайдалануын зерттейді
- Ә) тірі организмдерді зерттейді
- Б) жылу барысын зерттейді
- В) қан жүйесі жұмысын зерттейді
- Г) ағзаның іс-қимылын зерттейді

## 3. Энергия алмасуының бірінші сатысында биомолекулалар тотыққанда түзілген активті сірке қышқылының тағдыры:

- А) гликолиз кезінде тотығады
- Ә) гликогенолизге түседі
- Б) Кори циклінде тотығады
- В) ҮКЦ тотығады
- Г) орнитин циклына түседі

## 4. Эукариот жасушаларында АТФ синтезі:

- А) митохондрийдің ішкі мембранасында жүреді
- Ә) митохондрийдің сыртқы мембранасында жүреді
- Б) эндоплазматикалық ретикулум мембранасында жүреді
- В) плазматикалық мембранада жүреді
- Г) эндоплазматикалық торда жүреді

## 5. Макроэргиялық қосылыстар:

- А) фосфор қышқылының қалдықтары бар қосылыстар
- Ә) құрамында қуатқа бай байланыстары бар қосылыстар
- Б) мембрана арқылы заттарды тасымалдайтын қосылыстар
- В) трансфосфорлану арқылы пайда болған қосылыстар
- Г) кіші молекулалық қосылыстар

## 6. Амин қышқылдардың трансаминдеу процесіне қатысатын кофермент

- А)  $B_2$
- Ә)  $B_3$
- Б)  $B_5$
- В)  $B_6$
- Г)  $B_1$

## 7. Пируватдегидрогеназа комплексінің құрамында кездесетін коферменттер:

- А) тиамин
- Ә) пиридоксин
- Б) филлохинон
- В) рибофлавин
- Г) цианокобалоамин



## VII. НУКЛЕИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ АЛМАСУЫ

### 7.1. Нуклеин қышқылдарының ыдырауы және сіңірілуі

Нуклеин қышқылдарының алмасуы жоғары дәрежелілігімен сипатталады, себебі олардың әрекетімен белоктік заттардың биологиялық түзілуі тығыз байланысқан.

Азықта нуклеин қышқылдары нуклеопротеидтер түрінде болады.

Құрамында нуклеопротеидтері бар азық ауыз қуысында механикалық тұрғыдан ұнтақталады, сілекеймен шыланады да, өңеш арқылы асқазанға түседі. т-РНҚ-ның бірен-сараны сілекей рибонуклеазасымен (РНК-азасымен) олиго- және моонуклеотидтерге ыдырайды.

Асқазанда пепсин және тұз қышқылының әсерімен нуклеопротеидтердің көпшілігі нуклеин қышқылдарына және қарапайым белоктарға ыдырайды.

Нуклеопротеидтердің алмасуы ащы ішекте аяқталады. Қалған нуклеопротеидтерді трипсин нуклеин қышқылдарына қарапайым белокпен ыдыратады. Қарапайым белоктар (протаминдер және гистондар, альбуминдер және глобулиндер) ұйқы безінің және ішек сөлі ферменттерінің әсерімен амин қышқылдарына дейін ыдырайды да, ащы ішекте сіңіріледі.

Нуклеин қышқылдарының ағзада алмасуы үлкен жылдамдықпен өтеді. Мысалы, тышқандар молекуласында ДНҚ молекуласының жарты өмірі 1 тәуліктен 5-тәулікке дейін, ал көптеген мРНҚ-ның жарты өмірі эукариоттарда бірнеше тәулікті құраса, прокариоттарда бірнеше секунд болуы мүмкін.

Нуклеин қышқылдары ағзада нуклеаза ферменттердің әсерінен ыдырайды. Бұл ферменттер нуклеотид аралық фосфодиэфирлі байланыстарды үзеді.

Полинуклеотидтердің ішкі байланыстарын – эндонуклеаза ферменттері ажыратады, нәтижесінде олигонуклеотидтер түзіледі. Нуклеин қышқылдары молекуласын тізбектің шетінен үзіп ажырататын нуклеазалар – экзонуклеазалар. Бұл кезде нуклеин қышқылдары моонуклеотидтерге дейін ыдырайды.

Нуклеаза ферменттерін субстраттың түріне қарай: рибонуклеаза және дезоксирибонуклеаза деп те бөледі. Рибонуклеазалар – РНҚ молекуласының ыдырауын, ал дезоксирибонуклеаза ДНҚ молекуласының ыдырауын тездетеді.

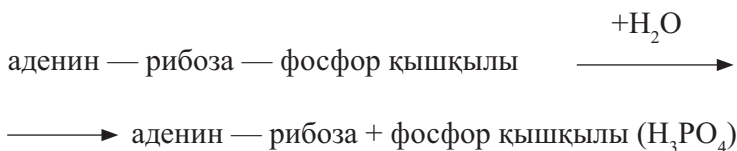
Мұндай бөліну шартты түрде ғана жүреді, қазіргі заманда ДНҚ-ға да РНҚ-ға бірдей әсер ететін арнайы талғаушылық қасиет жоқ эндо- және экзонуклеазалар да бар.

Нуклеин молекуласының фосфодиэфирлі байланыстарына әсер ететін нуклеазалардың сипаты екі түрлі болып келеді: бірінші түрі 3'-көміртек атомымен рибоза немесе дезоксирибоза арасындағы күрделі фосфодиэфирлік байланысты (р-3'С - байланыс) гидролиздейді, ал екінші түрі 5'-көміртек пен рибоза мен дезоксирибозаның фосфодиэфирлік байланысын ыдыратады. (Р-5'С - байланыс).

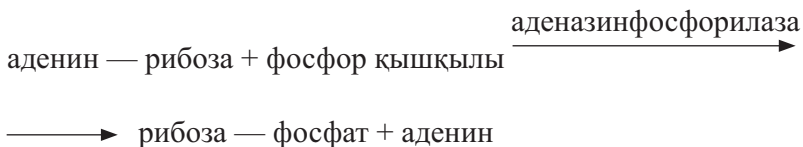
Р-5'С байланысты үзетін нуклеазаны 3'-нуклеаза деп, ал Р-3'С байланысты үзетін нуклеазаны 5' - нуклеаза деп атайды.

## 7.2. Нуклеозидфосфаттар алмасуы

Фермент қатысында нуклеин қышқылдарының ыдырауынан пайда болған нуклеозидфосфаттар әрі қарай ыдырап, қарапайым қосылыстар түзеді. Бұл ыдыраудың I сатысында нуклеозидфосфаттан фосфор қышқылының қалдығы үзіледі. Мысалы:

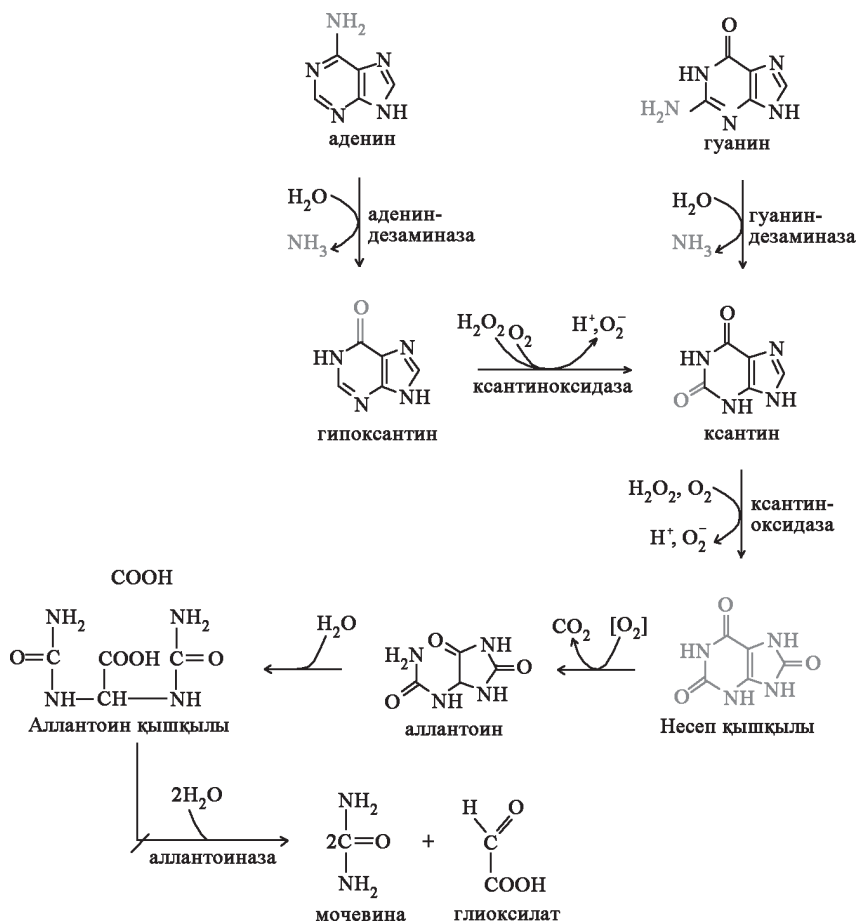


Екінші этапта рибоза қалдығы нуклеозид қалдығынан фосфор қышқылына ауысады.



Демек екінші этаптан кейін нуклеозидфосфаттан рибоза-1-фосфат және пурин немесе пиримидин негіздерінің барлық түрлері бос күйінде пайда болады. Рибоза -1-фосфат көмірсулар қатарына қосылып алмасуға түседі.

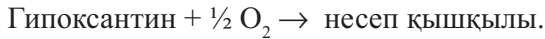
*Пурин және пиримидин негіздерінің ыдырауы.* Амин топтары бар пурин және пиримидин негіздерінің ыдырауы дезаминдеу реакциясынан басталады. Бұл арнайы амингидролаза ферменттер көмегімен өтеді. Нәтижесінде, мысалы, аденин → гипоксантинге, гуанин → ксантинге, цитозин → урацилге айналады.



Дезаминдеу нуклеотид және нуклеозид деңгейінде де жүруі мүмкін. Аденазин, мысалы, инозинге айналады және бұл реакция

үлкен шапшаңдықпен өтеді, ал аденазинфосфат инозинфосфат түзеді.

Дезаминдеу нәтижесінде пайда болған ксантин, гипоксантин несіп қышқылына дейін тотығады.



Бұл реакцияны катализдейтін оксидоредуктаза класының ферменттері (ксантинооксидаза). Жануарлардың кейбір түрінде несеп қышқылы орнына аллантаин пайда болады.

Пиримидин негіздері дезаминдеу реакциясынан кейін тотықсызданады, тотықсыздану процесіне қажетті сутекті беретін НАД·Н<sub>2</sub> (донор), реакция нәтижесінде β-аланин және карбамин қышқылы пайда болады. Карбамин қышқылы ыдырап, СО<sub>2</sub> және NH<sub>3</sub> түзуі мүмкін.

Карбамин қышқылы мен β-аланин урацил мен цитозин ыдырағанда пайда болады, тимин ыдырағанда β-аминомай қышқылы түзіледі.

Нуклеозидфосфаттар синтезіне қажетті бөліктері (пурин, пиримидин негіздері, пентоза, фосфор қышқылы) жасушада кездеседі.

Пурин және пиримидин негіздерінің пайда болуы әртүрлі жолдармен жүреді, бірақ ұқсастықтары да бар: 1) гетероциклді сақина үшін гли, асн, глн амин қышқылдары қолданылады; 2) пурин, пиримидин сақиналарына СО<sub>2</sub> мен формиаттан көміртек атомы қосылады; 3) пурин және пиримидин негіздерінің синтезі және оның аяқталуы рибоза-5-фосфатта жүреді, сондықтан синтездің соңғы өнімі бос күйіндегі пурин, пиримидин негіздері емес, нуклеозид-5'-фосфаттар болады; 4) барлық процесс фермент қатысында өтеді.

Нуклеин қышқылдары нуклеазаның әсеріне ұшырайды. Ұйқы безінің дезоксирибонуклеазасы (ДНҚ-азасы) дезоксинуклеопроteidті (ДНП) протеиндермен ДНҚ-ға ыдыратады. Бұл процесс гистидин, аргинин және лизинмен активтендіріледі. Содан кейін фермент ДНҚ-ның қос оралымды молекуласына бірнеше сатыларымен тізбектің ең ұзын бойына ретсіз «шабуыл» жасайды. Ең алдымен, ДНҚ молекуласының қос оралымды



1. Зәр қышылы (аллантиин)
2. Мочевина
3.  $\beta$ -аланин
4.  $\beta$ -аминомай
5.  $H_3PO_4$
6.  $CO_2$

сынықтары пайда болады, олар біртіндеп қысқарады да, нуклеин қышқылының бір оралымды бөлігін құрайды. ДНҚ-ны ДНК-аза олигонуклеотидтерге ыдыратады. Процесс магний ( $Mg^{2+}$ ) ионымен активтелінеді.

Панкреат РНК-азасы, ең алдымен, РНҚ-ның оралымданбаған бөліктеріне шабуыл жасап, оларды гидролиттік жолмен ыдыратады. Бұдан РНҚ молекуласының екінші құрылымын ұстап тұрған байланыстар әлсіреп, оралымның одан арғы ширатылуына және РНҚ молекуласының жаңа сынықтарының пайда болуына мүмкіндік туғызады.

Содан кейін РНҚ сынықтарының ішінде қайта фосфорлаудың арқасында 2', 3' фосфор туындылары пайда болады. РНҚ сынықтарының олиго- және моноклеотидтерге ұсақталуы одан әрі үдей түседі және де цитозин туындылары урацилдікіне карағанда тез гидролизденеді. Сонан соң нуклеотидтер ерекше гидролиттік ферменттермен ажыратылады.

Нуклеин қышқылдарының ыдыраған өнімдері ащы ішекте моноклеотидтер, нуклеозидтер, пентозалар, пурин және пиримидин негіздері, фосфор қышқылы (оның эфирлері және тұздары) түрінде сіңіріледі.

Ыдырау өнімдерінің едәуір бөлігі бауырдан орталық қан арнасына түсіп, бүкіл ағзаға таралады, онда жасушаның әртүрлі қажетіне жұмсалады.

### 7.3. ДНҚ синтезі

ДНҚ-дезоксирибонуклеин қышқылдары синтезінің 3-түрі бар:

1. ДНҚ-ның репликациясы
2. ДНҚ-ның репарациясы
3. Кері транскрипция

ДНҚ молекуласының екі еселеніп өсуі репликация деп аталады.

Репликацияға керекті компоненттер:

1. Субстрат есебінде дезокси қатарына жататын төрт трифосфонуклеозидтер (d – АТФ, d – ГТФ, d – ЦТФ, d – ТТФ).
2. Ферменттің оптималды активтілігі үшін  $Mg^{2+}$  қатысуы қажет.
3. Аналық ДНҚ-ның болуы міндетті, себебі генетикалық информацияның көзі қажет.
4. Нуклеотидтердің біріне-бірі қосылуы  $5^1 \rightarrow 3^1$  бағытында болады.
5. ДНҚ-на тәуелді ДНҚ-полимераза ферменті (I,II,III). ДНҚ-полимераза элонгацияға тікелей қатысатын фермент.

Прокариоттарда бұл ферменттің үш түрі табылған: ДНҚ-полимераза I, ДНҚ-полимераза II және ДНҚ-полимераза III.

ДНҚ-полимераза I протомер, молекулалық массасы 100 кДа. Полимераза I полимеразалық және нуклеазалық активті келеді. ДНҚ репарациясына да қатысуы мүмкін.

ДНҚ-полимеразаның II қызметі толық анықталмаған.

ДНҚ-полимераза III ферментінің қызметі күрделі, себебі ДНҚ молекуласындағы пайда болатын жаңа тізбектің өсуін катализдейтін осы фермент. ДНҚ-полимераза III ферменті – олигомер, 7 суббірліктен тұрады. Бірақ ДНҚ-полимераза III өз бетінше синтезді бастай алмайды. Синтезді бастап беретін құрылым РНҚ фрагментінен тұрады. РНҚ-фрагментіне ДНҚ-полимераза қосылып, праймер деген тізбектің фрагментін түзеді. Праймердің түзілуін катализдейтін РНҚ-полимеразаны праймаза деп атайды.

Эукариоттарда ДНҚ-полимеразасының 5 түрі табылған:  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  және  $\delta$  (28,29-кестелер).

ДНҚ синтезін жүргізетін негізгі фермент ДНҚ-полимераза- $\delta$ . Ал ДНҚ-полимераза  $\beta$ -ның қызметі прокариоттардағы ДНҚ-полимераза I-ге ұқсас келеді. ДНҚ-полимераза  $\gamma$  митохондрияда жүретін нуклеотидтер полимерленуін катализдейді:

### Прокариоттар мен эукариоттардағы ДНҚ-полимеразалардың салыстырмалы сипаттамасы

28-кесте

E. coli	Жануарлар жасушаларындағы ДНҚ-полимераза түрлері	ДНҚ-полимеразалардың функциясы
I	$\alpha$	Тізбекте синтезделмей ашық қалған орындарды толтыру және праймер деградациясы.
II	$\varepsilon$	Жаңа синтезделген тізбектегі дезоксирибонуклеотидтердің дұрыс орналасу ретін бақылау және ДНҚ репарациясы.
III	$\beta$ $\gamma$ $\delta$	ДНҚ репарациясы. Митохондриялы ДНҚ-ның синтезі. -ДНҚ тізбегінің синтезі.

6. Хеликаза ферменті, қос тізбектің бірінен-бірінің ажырауын қамтамасыз етеді. Қос тізбектің ажырауына энергия қажет, яғни әрбір азоттық негіздердің жұбын жазу үшін АТФ-тың екі молекуласы гидролизге ұшырайды:



7. ДНҚ-ның лигазасы үзіктерді бір-біріне жалғастырады. Жапон ғалымы Оказаки ДНҚ молекуласының алдымен қысқа-қысқа фрагмент түрінде синтезделетінін тапты, сондықтан оларды Оказаки фрагменттері деп атайды. Осы фрагменттер кейін 3'(ОН) және 5'(ОН) топтарының бірімен-бірі фосфодиэфирлік байланыс арқылы ДНҚ-лигаза ферменттерінің қатысуымен бір тізбек құрайды.

#### Репликацияға қатысатын белоктардың типтері

29-кесте

Белок	Негізгі функциялары
ДНҚ-полимеразалар	Дезоксирибоуклеотидтер полимеризациясы
Хеликазалар	ДНҚ тізбектерін ажырату
Топоизомеразалар	Синтез кезінде пайда болған қосымша спиральдерді ажырату
Праймаза	РНҚ праймерінің синтезі
SSB-белок	Ажыратылған қос қабат спиральдің қайтадан бұрынғы қалпына келуін тежейді
ДНҚ-лигаза	Оказаки фрагменттерін біріктіреді, қосып жалғайды.

8. 20-ға жуық белоктік факторлар қажет. Нобель сыйлығының лауреаттары Очоа, Конбергтің жұмыстары арқасында қазіргі кезде ДНҚ синтезіне 20-ға жуық фермент пен белок қажет екендігі анықталды және олардың әрқайсысының өздеріне тән атқаратын қызметтері бар.

9. Топоизомераза II ферменті немесе гираза қос тізбек ажырағанда пайда болған қосымша спиральдерді ажырату үшін қажет.

ДНҚ-ның биосинтезі үш кезеңнен тұрады:

1. **Инициация синтездің басы.** Дезоксирибонуклеин қышқылына тәуелді РНҚ-полимераза ферменті жұмыс істейді. Корн-



берг пен оның әріптестері ДНҚ-ның екі түрлі қызмет атқаратындығын анықтаған: а) матрицалық, арқаулық; б) ұйытқы, затравка.

ДНҚ полимеразасы ДНҚ-ның басы болып табылатын тізбек нуклеотидінің 3' – ОН–на нуклеотидтердің қосылуына мүмкіндік береді, сондықтан синтездің бағыты 5' → 3'-ке қарай бағытталған болады.

2. **Элонгация** - комплементарлы жұптардың репликациясы, жеке-жеке фрагменттердің 5' → 3' бағытында түзілуі, осы фрагменттердің ДНҚ-лигаза ферменттерінің қатысуымен бірімен-бірінің қосылуы.

3. **Терминация.** ДНҚ синтезінің аяқталуы. Арқаулық ДНҚ-ның толық жұмсалыуына сәйкес полимерлік реакцияның аяқталуы.

*E.Coli* жасушаларында ДНҚ синтезі кезінде жіберілетін қателіктер өте аз, әрбір нуклеотидке бір қате жіберіледі, оның өзі де жөнделіп отырады. Реакция өте жылдам жүреді, секундына 50-ден 500 нуклеотидке дейін жөнделеді.

*ДНҚ репликациясы.* Ағзалар жасушалардың бөлінуі нәтежесінде өсіп–жетіледі. Жасушалардың бөлінуі кезінде ДНҚ молекуласы да қосарланады. Бұл кезде ДНҚ-ның қосқабат спиралі жазылып, сутектік байланыстардың үзілуі нәтижесінде сәйкесті, үйлесімді тізбек ажырайды. Сөйтіп, жеке тізбектер пайда болады. Спиральдің жазылу дәрежесіне қарай әр жеке тізбектің айналасында бірінші тізбекке үйлесімді (комплементарлы) келетін екінші жаңа тізбек түзіледі. Бұл екеуі айнала бұралып, қайтадан қосқабат тізбек түзеді. Осылайша, алғашқы ДНҚ молекуласы өзіндей екі молекула құрайды, ол молекулалардың құрамы да, құрылымы да дәл алғашқы молекуладай болады. Жаңадан пайда болған жас ДНҚ молекуласы аналық ДНҚ-ның бір тізбегінен және бір жаңа тізбегінен тұрады (24-сурет).

ДНҚ молекуласының осылай репликациялану механизмі арқасында бір ағзаның барлық жасушасының генетикалық мазмұны өзгеріссіз сақталады. Бір жасушадан екінші жасушаға, бір ұрпақтан екінші ұрпаққа генетикалық қасиеттердің автоматты түрде дәл берілуіне репликация процесі негіз болады.

Инициация кезінде ДНҚ-гираза мен хеликазаның әсерінен репликативтік айыр түзіледі және оған тұрақтандырушы белок

праймасома ДНҚ-полимеразаны байланыстырады. Сонымен қатар, праймаза ферментінің қатысуымен праймер синтезделеді.

Элонгация кезінде аналық матрицаға комплементарлы екі жаңа балалық тізбек түзіледі. Бірінші аналық тізбекте, комплементарлы нуклеотидтер праймерге жалғастырылып, жаңа тізбек ДНҚ-полимераза III ферментінің әсерінен тоқтаусыз жүреді. Ал екінші аналық тізбекте праймерге сүйеніп, ДНҚ тізбегінің бөлшек-бөлшегі (фрагменті) ДНҚ-полимераза III ферментінің әсерімен синтезделінеді. ДНҚ-ның осы қысқа-қысқа бөліктеріне жапондық ғалым Оказаки сипаттама берген, сондықтан да осы бөліктерді (фрагменттерді) Оказаки фрагменттері деп атайды.



**24-сурет.** Репликативтік айыр

ДНҚ-полимераза I ферментінің әсерінен ДНҚ фрагменті синтезделіп, түзілген ДНҚ фрагменттерінің ұштары фосфодиэфирлік байланыстармен  $3' \rightarrow 5'$  бағытта лигаза ферментінің әсерімен жалғастырылады. Репликативтік айырдың жылжуына қарай, осы процестер қайталанып, екінші балалық тізбек түзіледі. Матрица біткен кезде ДНҚ-ның репликациясы аяқталады.

Репликацияның дәлдігі өте жоғары. Мысалы, жаңа синтезделінетін тізбекте  $10^{10}$  нуклеотидтер бірімен-бірі жалғастырылғанда, бір қате кетуі мүмкін, бірақ қате репарация арқылы жылдам түзетіледі.

*ДНҚ-репарациясы.* Түрлі факторлар әсерінен (t, радиация, репликация қатесі, т.б.) нуклеотид тізбегінде өзгерістер болып, тізбекті ұстап тұрған коваленттік байланыстар үзілуі мүмкін. Бұл



болды. ДНҚ-ның РНҚ-матрицасында синтезделуін кері транскрипция деп атайды.

Ревертаза ферменті ДНҚ синтезін РНҚ матрицасында жүргізетін фермент, демек РНҚ-нан информацияны ДНҚ-ға өтуі қайтымды процесс болғаны. Қайтымды информацияға жасушаларда орын жоқ, тек қана кейбір вирустарда генетикалық материал есебінде ДНҚ-ның орнына РНҚ жүреді. Мұндай вирустарда ревертаза ферменті жасушаға өткен соң вирустық ДНҚ синтездеу үшін қажет. ДНҚ-ның РНҚ матрицасында синтезделуі үш кезеңнен тұрады деген болжам бар:

Бірінші кезеңде, ревертаза ферменті вирустық РНҚ матрицасында ДНҚ-ның комплементарлы тізбегін синтездеп, РНҚ және ДНҚ-ның гибридті молекуласын құрайды.

Екінші кезеңде, РНҚ-аза ферментінің әсерімен бастапқы РНҚ-ның тізбегі бұзылады.

Үшінші кезеңде ДНҚ-ның жалғыз тізбегі өзіне комплементарлы тізбек құрайды.

Дезоксирибонуклеин қышқылдарының функционалды бірлігі транскриптон болып табылады. Транскриптон транскрипцияның қарапайым бірлігі, яғни транскрипция кезінде бірдей транскрипт беретін ДНҚ бөлігі. Оның құрамында 300-ден (прокариоттарда)  $10^5$ -не дейін (эукариоттарда) нуклеотидтер болуы мүмкін.

Промотор - бұл РНҚ-полимеразаны байланыстыру үшін жауапты болатын транскриптонның ( $3'$ ) бөлігі.

Оператор – (акцепторлы немесе басқарушы зона) – бұл транскрипцияның ерекше реттеуші белоктарының байланысуына жауапты және сонымен бірге транскрипцияны реттеуші транскриптонның бір бөлігі.

Цистрон – бұл тРНҚ, рРНҚ немесе полипептидті тізбектің құрылысы туралы хабарлардан тұратын транскриптонның кодталатын бөлігі. Цистронның орташа ұзындығы  $10^3$  нуклеотидтерден тұрады. Цистрон біреу болса, моноцистрон, көп болса полицистрон деп атайды.

Цистрондар тұтас және тұтас емес (үзілген) болып келеді. Тұтас емес цистрондар экзондар және интрондар болып бөлінеді. Тұтас цистрондарда барлық нуклеотидтер ретімен полипеп-

тидті тізбекті кодтауға қатысады, ал тұтас емес цистрондарда барлығы қатыспайды, аз бөлігі ғана қатысады.

Экзондар ( $B_1, B_2, B_3 \dots$ ) тұтас емес цистронның кодталатын бөлімі ( $E_1, E_2, E_3 \dots$ ).

Интрондар – цистронның кодталмайтын бөлімі ( $i_1, i_2, i_3$ ).

Спейсер – бұл цистрондар арасындағы кодталмайтын бөлім, ұзындығы  $10^4$  нуклеотидке жетуі мүмкін.

Терминатор – бұл транскриптонның бітуі жайында хабар беретін оның соңғы бөлігі ( $5'$ ).



## 7.5. РНҚ биосинтезі

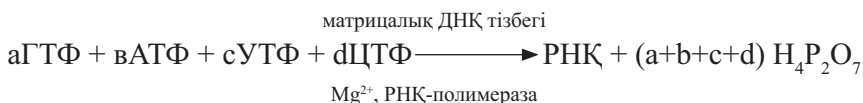
РНҚ-ның биосинтезі немесе белок синтезінің бірінші кезеңі, яғни ДНҚ-дағы генетикалық информацияның белок синтезі жүретін жасуша аппаратына жеткізу. Мұнда да нуклеотидтердің комплементарлы принципі маңызды рөл атқарады. Транскрипция өте дәл жүруі керек, себебі жасушаға генетикалық қалыпты, амин қышқылдары дұрыс орналасқан белоктар керек. Транскрипция кезінде РНҚ-ның үш түрі түзіледі.

мРНҚ рибосомаларға түсіп, бір немесе бірнеше белоктің синтезін бағыттайды. Е.Солі хромосомаларының 90–95%-ы мРНҚ, қалғандары транспорттық және рибосомалық РНҚ.

РНҚ-ның барлық түрі ядро ішінде ДНҚ молекуласында синтезделеді. Бұл процесс транскрипция деп аталады және оны РНҚ-полимераза ферменті катализдейді. РНҚ-полимераза метал-лофермент, себебі құрамында мырыштың екі атомы бар. Эукариоттарда РНҚ-полимеразаның 3 класы табылған, әрқайсысы үлкен екі суббірліктен және 14-ке дейін кіші суббірліктерден тұрады

(30-кесте). Транскрипция кезінде РНҚ-полимераза ДНҚ-мен қосылады да, қос қабатты спиральді ажыратады. ДНҚ-ның осы бөлігінде матрица көшірмесі болып келетін РНҚ синтезделеді, ол үшін нуклеотидтік тізбек  $5' \rightarrow 3'$  бағытында біртіндеп өседі.

Бұл матрица тізбегіне антипараллель келеді. Мұндай синтез үшін төрт рибонуклеозидтрифосфаттың бәрі (АТФ, ГТФ, ЦТФ, УТФ) қатысуы тиіс. Синтезделу барысында бұлардан пирофосфаттар бөлініп шығады. РНҚ биосинтезінде де комплементарлық принцип сақталады: А – У, Г – Ц. РНҚ синтезінің толық теңдеуі:



ДНК-да сақталған генетикалық информация (хабар) транскрипция процесі арқылы бір тізбекті РНҚ молекуласына көшіріледі. Кейін РНҚ рибосомаларға ауысады.



Транскрипция нәтижесінде үш түрлі РНҚ синтезделеді. Олар: рибосомдық РНҚ (рРНҚ), информациялық немесе матрицалық РНҚ (мРНҚ) және транспорттық РНҚ (тРНҚ).

РНҚ-полимеразалардың функциясы:

30-кесте

РНҚ-полимераза типі	Синтезделетін РНҚ типі
I (А)	р-РНҚ
II (В)	м-РНҚ
III (С)	т-РНҚ

РНҚ транскрипциясы үш этапта жүреді: инициация, элонгация және терминация.

Алғашында барлық РНҚ ұзын алғызат ретінде түзіледі, кейіннен олар қысқа молекулаға айналады. Мұндай айналып өзгерудің бірнеше кезеңін басынан өткізеді, мұны «процессинг» («пісіп жетілу») деп атайды. Алғызаттар және процессингтің аралық өнімдері РНҚ деп аталады.

Транскрипция біткеннен кейін РНҚ молекулалары бірден белоктармен қосылып, рибонуклеопротеинді комплекстер түзеді.

Рибонуклеопротеинді комплекстер құрамында ядролық гетерогенді РНҚ болуы мүмкін, мұндай комплексті ядролық информосомаларда белок пен РНҚ қатынасы 4:1 құрайды.

Ядролық гетерогенді РНҚ - ұзын тізбекті молекула. Тізбек бойында ретсіз монобөлшектер орналасады, бұл белоктар глобулалар немесе информофералар. Информофераның сыртқы бетінде 600-дей нуклеотидтер болуы мүмкін.

1966 ж. А. С. Спирин информосомалар цитоплазмада мРНҚ-ның трансляцияға дейін сақталу формасы деген болжам жасады.

Процессинг кезінде ферменттердің әсер етуімен алғызаттан нуклеотидтер үзіліп бөлінеді және одан кейін қайта қосылады, өйткені ДНҚ құрамындағы ген бүкіл молекула бойында бөлке-бөлке болып, шашырай орналасқан.

Тұқымқуалау мәліметін беруде және белоктар биосинтезі кезінде әр РНҚ белгілі бір қызметті атқарады.

### *Тест тапсырмалары*

#### **1. Репликация дегеніміз:**

- А) молекуланың екі еселеніп өсуі
- Ә) молекулалардың тізбектелуі
- Б) молекула спиралінің жазылуы
- В) молекуланың спиральденуі
- Г) молекуланың бұзылған жерлерін фрагменттер қосып, жамап жөндеу

#### **2. Репарация дегеніміз:**

- А) молекуланың екі еселеніп өсуі
- Ә) молекулалардың тізбектелуі
- Б) молекула спиралінің жазылуы
- В) молекуланың спиральденуі
- Г) молекуланың бұзылған жерлерін фрагменттер қосып жамап жөндеу

#### **3. ДНҚ синтезіне қатыспайтын ферменттер:**

- А) ДНҚ-полимераза
- Ә) РНҚ-полимераза
- Б) эндонуклеаза
- В) киназа
- Г) ревертаза

**4. Нуклеин қышқылдарын ыдырататын ферменттер:**

- А) пептидазалар
- Ә) липазалар
- Б) нуклеазалар
- В) глюкозидазалар
- Г) полинуклеотидфосфорилазалар

**5. Репликация процесінің инициация этапына қатысатын ферменттер:**

- А) РНҚ-ға тәуелді РНҚ-полимераза
- Ә) ДНҚ-ға тәуелді РНҚ-полимераза (ДНҚ-праймаза)
- Б) ДНҚ-полимераза
- В) ДНҚ-лигаза
- Г) ДНҚ-хеликаза

**6. Сәйкестікті табу:**

**жүру ерекшелігі**

**процесс**

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1) матрица болатын ДНҚ-ның бір тізбегі | А) репликация   |
| 2) матрица болатын ДНҚ-ның екі тізбегі | Ә) репарация    |
| 3) дезоксинуклеозидтрифосфаттар        | Б) транскрипция |

**7. ДНҚ-ның негізгі тізбегінің синтезін жүргізетін фермент:**

- А) ДНҚ – лигаза
- Ә) ДНҚ – полимераза I
- Б) ДНҚ – полимераза II
- В) ДНҚ – полимераза III
- Г) РНҚ – полимераза

**8. тРНҚ-амин қышқылын қосады:**

- А) 2'-ОН-шетіне
- Ә) 3'-ОН-шетіне
- Б) 5'-ОН-шетіне
- В) қоспайды
- Г) 1'-ОН -шетіне

**9. ДНҚ-хеликаза қызметі:**

- А) ДНҚ-ның теріс спиральдену процесін жүргізеді
- Ә) ажыраған ДНҚ тізбектерінің тұрақтану процесін қадағалайды
- Б) РНҚ тізбектерінің түзілуін жүргізеді
- В) ДНҚ-ның комплементарлы негіздерінің арасындағы сутекті байланыстарды үзеді
- Г) ДНҚ молекуласының метилдену процесін жүргізеді



**10. Транскрипция процесін жүргізетін ферменттер:**

- А) ДНҚ-полимераза III
- Ә) рибонуклеаза H
- Б) РНҚ-полимераза
- В) пептидил-трансфераза
- Г) ДНҚ-праймаза

**11. Уридин-5'-фосфат түзілуі үшін қажетті зат:**

- А) цитидин қышқылы
- Ә) орот қышқылы
- Б) тимидил қышқылы
- В) цитидин қышқылы
- Г) цитрат

**12. Пиримидин негіздерінің катаболизмінің соңғы өнімі:**

- А) несеп қышқылы
- Ә)  $\beta$ -аланин
- Б)  $\text{NH}_3$  және  $\text{CO}_2$
- В) глиоксил қышқылы
- Г) дигидротимин

**13. Аденин дезаминделгенде түзіледі:**

- А) гуанин
- Ә) гипоксантин
- Б) ксантин
- В) несеп қышқылы
- Г) урацил

**14. Гуанин дезаминделгенде түзіледі:**

- А) аденин
- Ә) гипоксантин
- Б) ксантин
- В) тимин
- Г) цитозин

## VIII. БЕЛОК БИОСИНТЕЗИ

### 8.1. Белоктардың ыдырауы

Азық белоктары биологиялық жағынан құнарлы және толық құнарлы емес болып екіге бөлінеді. Белоктардың биологиялық бағалылығы амин қышқылдарының құрамына байланысты. Ал амин қышқылдары биологиялық бағалылығы жағынан алмастырылатын және алмастырылмайтын болып бөлінеді (31-кесте).

#### Алмастырылатын және алмастырылмайтын амин қышқылдары

31-кесте

Алмастырылатын	Алмастырылмайтын	Алмастырылатын	Алмастырылмайтын
Аланин	Аргинин	Глутамин қышқылы	Лизин
Аспарагин	Валин	Пролин	Метионин
Аспарагин қышқылы	Гистидин	Серин	Треонин
Глицин	Изолейцин	Тирозин	Триптофан
Глутамин	Лейцин	Цистеин	Фенилаланил

Алмастырылатын амин қышқылдары жануарлар ағзасына қоректік заттармен түсуі керек.

Алмастырылмайтын амин қышқылдарына жататындар: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан және фенилаланин. Алмастырылмайтын амин қышқылдары құнарлы азықтың құрамында болады.

Шартты түрде алмастырылмайтын амин қышқылына гистидин жатады, себебі оның азықтағы шамалы жетіспеушілігі асқорыту жолындағы микробтардың синтезделуімен толықтырылады.

Алмастырылатын амин қышқылдарына мыналар жатады:

аланин, аспарагин және глутамин қышқылдары, серин. Олар жануарлар ағзасында түзіледі. Құрамына алмастырылатын амин қышқылдары кіретін белоктардың биологиялық бағалылығы біршама төмендеу болады.

Жарым-жарты алмастырылатын амин қышқылдарына жата-тындар: аргинин, глицин, тирозин, цистидин және цистеин. Пролин және оксипролин имин қышқылдары мал ағзасында түзіле алады.

Белок проблемасын шешуде мал азығы дақылдары егісінің құрылымын дамыту, өсімдік протеинін өндіруді молайту, бұршақ тұқымдас дақылдардың (бұршақ, сиыр жоңышқа, соя, үрме бұршақ) егісін кеңейту маңызды рөл атқарады. Мал азығына баратын дәнді дақылдарда белок 12-14%, ал бұршақ тұқымдастарда оның мөлшері үш есе көп.

Белоктің қоры микробиологиялық және химиялық синтез жолымен өндіру арқылы молайтылады. Микробиологиялық әдіспен алынған белоктің биологиялық құндылығы өсімдік тектес белоктан әлдеқайда жоғары, оның құрамында барлық керекті заттар бар.

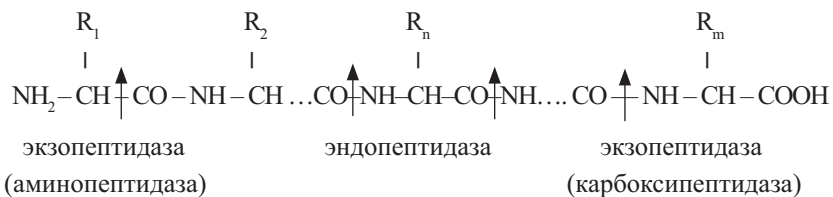
Асқорыту жолында белоктар амин қышқылдарына дейін ферментативті гидролиз жолымен ыдырайды. Ферментативті гидролизді протеолиз деп те атайды.

Белоктар протеолизі ағзаның кез келген жасушасында протеолиттік ферменттер тобының әсерінен жүреді. Протеолиттік ферменттерді қазіргі номенклатура бойынша пептидгидролаза деп, ал ескіден қалыптасқан атаулары бойынша протеаза немесе протеиназа деп атайды. Бұл ферменттер белок молекуласының пептидтік байланыстарының гидролиттік ыдырауын катализдейді.

Белоктардың молекуласын ыдырататын ферменттердің субстраттық арнайы талғаушылық қасиеттері бар, ол төмендегі факторларға тәуелді:

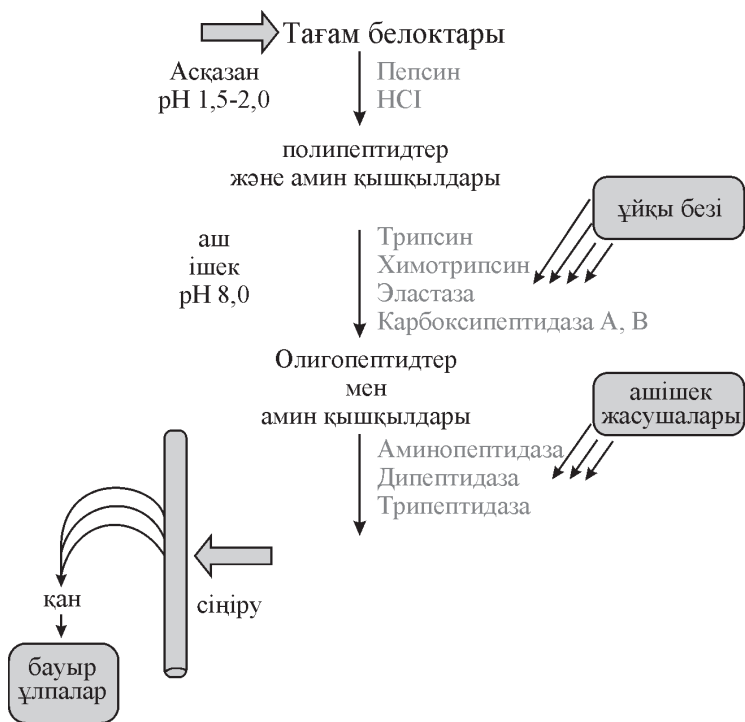
- полипептидтік тізбектің ұзындығына;
- полипептидтік тізбекті құрайтын амин қышқылдарының радикалдар құрылымына;
- полипептидтегі байланыстың орнына;

Ішкі пептидті байланыстар эндопептидаза, ал шеткі (соңғы) пептидтік байланыстар экзопептидаза ферменттерімен ыдыратылады.



Барлық протеолиттік ферменттер активті емес проферменттер (зимогендер) түрінде болады, бұл жасушаларды ферменттердің әсерінен (автолизден) сақтайды.

Асқазан сөлінің ең негізгі ферменті - пепсин, ал оның катализаторлық қасиетін туғызушы тұз қышқылы болып келеді. Тұз қышқылы пепсиннің барынша активті болуына керекті сутек иондарының концентрациясын (рН~1,5-2,0) жасайды және пепсиногенді пепсінге ауысуына жағдай туғызады. Асқазан рН~1,5-2,0 болуының маңызы зор, себебі ол:



26-сурет. Белоктардың ағзада алмасуы нобайы

1. тамақпен түскен белок денатурациялайды;
2. ағзаға тамақпен енген микроағзаларды өлтіреді;
3. пепсиногеннің активті түрі пепсинге айналуының инициаторы  $H^+$  иондары көзі. Пепсиноген тізбегінен 42 амин қышқылы үзілгеннен кейін ол активті пепсинге айналады. Пепсин эндонуклеаза тобына жатады.

Белоктар мен жоғары молекулалы пептидтердің ыдырауын пепсиннен кейін үш эндопептидазалар жалғастырады, бұл ұйқы безінің сөлінде болатын трипсин (активті емес түрі – трипсиноген), химотрипсин (проферменті химотрипсиноген) және эластаза (проэластаза) ферменттері.

Трипсиногеннің трипсинге айналуы энтеропептидаза ферментінің әсерінен трипсиногеннің N – соңынан 6 амин қалдығы үзілгеннен кейін болады. Трипсин лизин мен аргинин түзген пептидтік байланыстарды ғана үзеді.

Химотрипсиннің  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  деген түрлері бар, олардың проферменттері: химотрипсиноген А және химотрипсиноген В. Трипсинге қарағанда химотрипсиннің субстраттық әсері кең, ол пептидтермен қатар эфирлерді, амидтерді т.б. катализдейді.

Ұйқы безінің сөлінде кездесетін тағы бір фермент - эластаза, аты эластин деген субстраттан алынған. Эластаза құрамында глицин мен аланин амин қышқылдары көп мөлшерде кездеседі, әсер ету спектрі кең, трипсин мен химотрипсиннен ыдырамай қалған субстраттарды гидролиздейді.

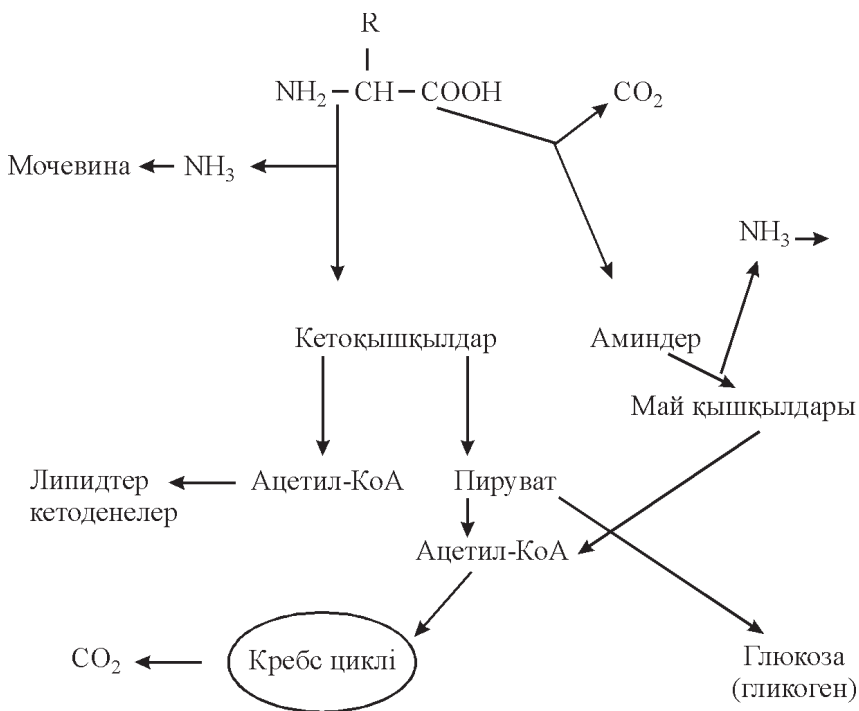
Табиғи белоктардың гидролизін катализдейтін басқа да ферменттер бар: экзопептидазалар (аминопептидаза, карбоксипептидаза) (26-сурет).

Пептидтер гидролизі, олардың амин қышқылдарына дейін ыдырауы аш ішекте аяқталады.

## 8.2. Амин қышқылдарының ыдырауы

Адам ағзасында амин қышқылдарының негізгі көзі – белок. Аскорыту жолдарында белоктар, ферменттер қатысуымен жүретін гидролиз нәтижесінде амин қышқылдарын түзеді. Қанға түскен амин қышқылдары ағзаның басқа мүшелеріне, ұлпаларға тараты-

лып, негізгі бөлігі белоктардың биосинтезі үшін қолданылады. Қалған бөлігі – тотығып, дезаминдену, трансаминделу, декарбок-силдену сияқты көптеген өзгерістерге ұшырайды (27-сурет).

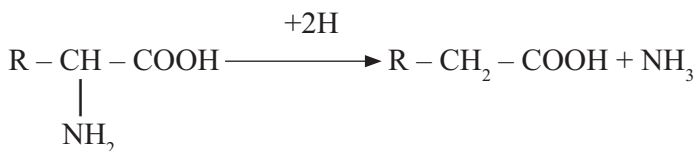


27-сурет. Амин қышқылдарының ыдырауы

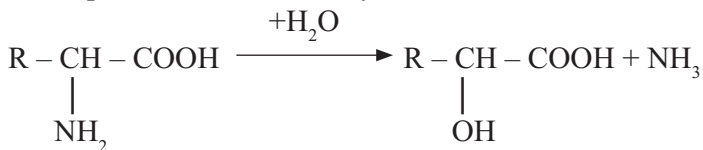
Амин қышқылдарының дезаминденуі кезінде олардан амин тобы - NH<sub>2</sub> үзіліп, аммиакқа NH<sub>3</sub> айналады. Аммиактан басқа дезаминдену реакциялар нәтижесінде окси-, кето- және май қышқылдары түзілуі мүмкін. Бұл өнімдер кейін көмірсулар, липидтер басқа қосылыстар синтезіне жұмсалуды ықтимал.

Дезаминдену процесінің төрт жолы бар:

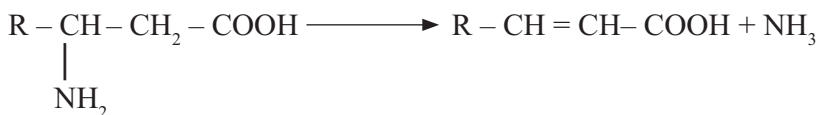
1. Тотықсыздана дезаминдену:



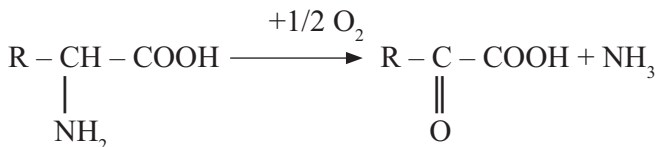
2. Гидролиттік дезаминдену:



3. Молекула ішілік дезаминдену:



4. Тотыға дезаминдену:

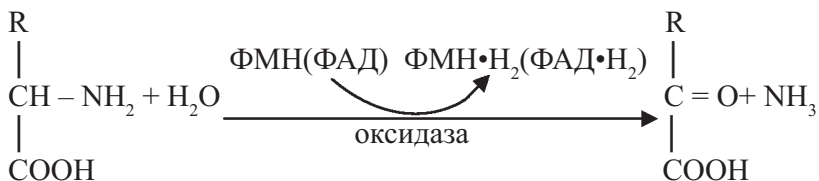


Тотыға дезаминдену бауырда, бүйректе жүреді. Реакция нәтижесінде  $\alpha$ -кетоқышқылдар және аммиак түзіледі. Реакцияны  $\text{НАД}^+$  ( $\text{НАДФ}$ ) тәуелді дегидрогеназа немесе флаavin тәуелді оксидаза катализдейді.

Тотыға дезаминдену процесі екі сатыда өтеді.

Бірінші сатыда, амин қышқылдары сутек ионын бөліп, дегидрленеді. Сутек ионын қосып алатын акцептор рөлінде  $\text{FMN}$ ,  $\text{ФАД}$  немесе  $\text{НАД}^+$  болады. Түзілетін өнім - имин қышқылы.

Келесі сатыда имин қышқылы гидролиттік жолмен аммиак пен кетоқышқыл түзеді.



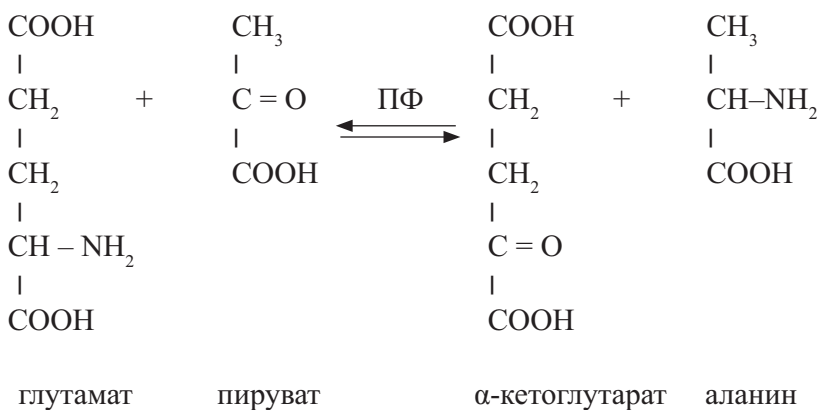
Амин қышқылдары оксидазаларының рН оптимумы 10-ға тең (сілтілік орта).

Амин қышқылдарынның дезаминдену процестерінің ішінде маңыздысы: глутамин қышқылының глутаматдегидрогеназамен (ГДГ) дезаминденуі.

ГДГ-нің коферменті (немесе сутек акцепторы) қызметін атқаратын НАД<sup>+</sup> немесе НАДФ<sup>+</sup> глутаматдегидрогеназамен дезаминдеу қайтымды реакция, яғни ГДГ ферменті дезаминдену процесімен қатар қайта аминдеу процесін катализдейді.

*Амин қышқылдарын трансаминдеу.* Амин қышқылдарынан кетоқышқылдарға амин (-NH<sub>2</sub>) тобын көшіру реакциясын трансаминдеу дейді.

Бұл реакцияны 1937 ж. ашқан А. Браунштейн мен М. Крицман. Барлық тірі ағзалар үшін бұл әмбебап реакция болып келеді. Реакцияны катализдейтін ферменттерді аминотрансфераза немесе трансаминаза деп атайды.



Барлық аминотрансфераза ферменттерінің коферменті пиридоксаль – 5фосфат (ПФ);

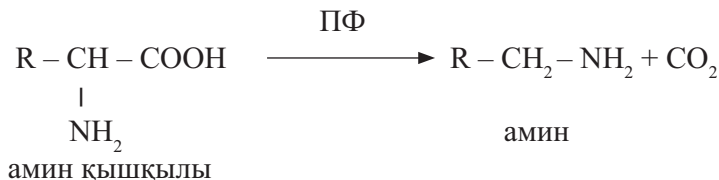
Трансаминдеу реакциясы екіжақты функция атқарады:

- амин қышқылынан амин тобын үзіп, басқа қосылыстарға көшіреді, бұл оның катаболиттік функциясы.

-  $\alpha$ -кетоқышқылдардан қайта аминдеу нәтижесінде жаңа амин қышқылын синтездеу, бұл оның анаболиттік функциясы. Осы процесті А. Браунштейн трансаминдеу деп атады. Трансаминдеу жолымен пируваттан аланин, оксалоацетаттан аспарагин қышқылы,  $\alpha$ -кетоглутараттан глутамин қышқылы түзіледі.



*Амин қышқылдарының декарбоксилденуі.* Амин қышқылындағы  $\text{CO}_2$ -ның үзіліп, бөлінуін декарбоксилдену деп атайды. Бұл процесті декарбоксилаза ферменті катализдейді де, аминдер түзілу арқылы жүреді. Декарбоксилдену реакциясы қайтымсыз, ал декарбоксилаза ферменті күрделі ферменттер болып келеді, бұлардың коферменті пиридоксальфосфат (ПФ).



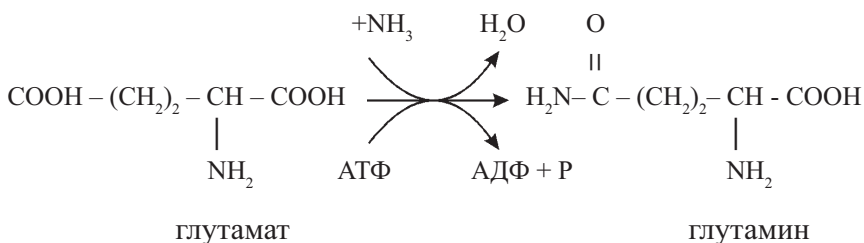
Аминдер улы заттар, жануарлар ағзасында аминоксидаза ферменттері аминдерді тотықтырып, альдегидке, одан әрі карбон қышқылдарына айналдырады. Әрі қарай карбон қышқылдары  $\beta$  – тотығады, ал сутегінің асқын тотығын катализа ыдыратады.

### 8.3. Аммиакты байланыстыру жолдары

Тірі ағзалардың барлығында амин қышқылдары ыдырап, аммиак түзеді. Бұл улы зат, қанда аммиак мөлшері 40 – 50 мкмоль/л-ден аспауы қажет, осы шамадан асқан жағдайда мидың функциясы бұзылады.

Катаболизм процесінде пайда болған аммиакты ағзада байланыстыратын бірнеше жолы бар:

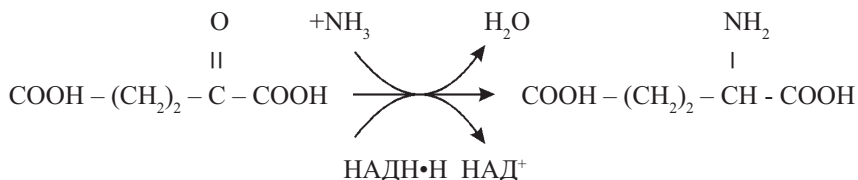
1. Ағзада түзілген аммиактың 90%-ы мочевина (зәр) түрінде ағзадан шығарылады. Мочевина бауырда синтезделеді, ағзаның басқа мүшелерінде синтезделген аммиак глутаминмен (глутамин қышқылының амиді, глн) байланысқан түрде бауырға жеткізіледі.



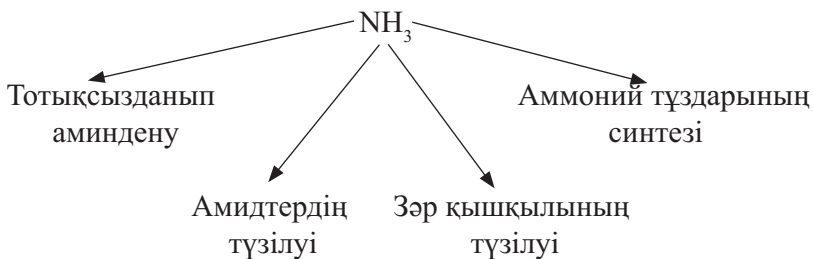
Глутамин биосинтезі глутаминсинтетаза ферментімен катализденеді, ал реакцияға қажет энергияны АТФ береді. Глутамин аммиактың бауырға, бүйрекке, ішекке тасымалданатын залалсыздандырылған түрі.

2. Аммиакты залалсыздандырылып байланыстырудың тағы бір жолы: ол аспарагинсинтетаза ферменті катализдейтін аспарагин синтезі. Аспарагиннің атқаратын қызметі глутамин функциясына ұқсас келеді.

3. Аммиакты байланыстырып, залалсыздандыратын жолдың тағы біреуі -  $\alpha$ -кетоглутараттың тотықсызданып, аминдену реакциясы. Реакцияны глутаматдегидрогеназа ферменті катализдейді. (Коферменті НАДН немесе НАДФН).



Қорытып айтқанда, аммиактың залалсыздандыру жолдарын төмендегідей белгілеуге болады:



Мочевина синтезі. Бауырдағы мочевина синтезі И. П. Павлов және М. В. Ненцкийдің тәжірибелері арқылы анықталған. Синтез бірнеше фермент қатысымен тұйық цикл түрінде бірнеше этапта жүреді. Әр реакцияның өзінің ферменті бар (28-сурет).

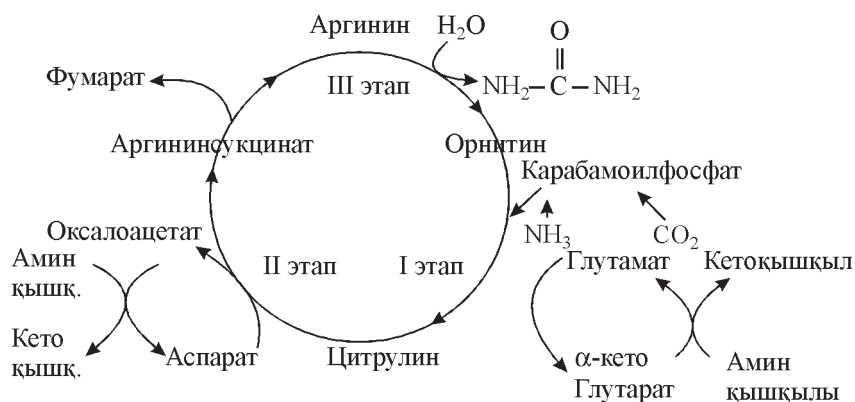


Мочевина түзілу этаптары:

- цитрулиннен амин қышқылының синтезі (екі реакция)
- аргининнен амин қышқылының синтезі (екі реакция)
- мочевианың түзілуі (бір реакция)

Орнитин цикліне қатысатын ферменттер, бауыр жасушаларының митохондриясында орналасқан, ал дезаминделуді жүргізетін ферменттер барлық ұлпалардың жасушаларының цитоплазмасында орналасады.

Аммиак алмасуының соңғы заттары бүйрек арқылы шығарылып отырады, дені сау адамда тәулігіне 25-30 г мочевиана бөлініп отырады.



28-сурет. Мочевина синтезінің орнитин циклі

## 8.4. Генетикалық код

Ген дегеніміз – ағзаның қандай да бір белгісін анықтайтын, тұқымқуалау затының бірлігі.

Химиялық тұрғыдан қарастыратын болсақ, ген дегеніміз - өзара байланысқан нуклеотидтердің ұзын тізбегінен құралған ДНҚ бөлігі.

Әр ген бір белоктың синтезі үшін жауапты. Гендер белоктың түзілуін айқындай отырып, ағзадағы бүкіл химиялық реакцияны басқарады, ағзаның қасиеттерін жарыққа шығарады.

Белгілі бір геннің хромосомадағы орналасатын жері локус деп аталады. Бір ағзаның хромосомаларындағы барлық гендердің жиынтығы геном деп аталады, демек геном дегеніміз - белгілі бір

ағзаның генетикалық қасиеттерінің бәрін өзінде сақтаған барлық ДНҚ молекуласы.

Белгілі бір белоктың құрылымын, оның полипептидтік тізбектегі амин қышқылдарының өзара байланысып орналасуын нуклеин қышқылдары (ДНҚ) басқарады.

ДНҚ молекуласында генетикалық мәлімет орналасқан. Аденилдік, гуанилдік, тимидилдік және цитидилдік нуклеотидтердің ДНҚ құрамындағы белгілі тәртіппен орналасу реті генетикалық мәлімет жазылған тіл болып табылады. Тұқымқуалайтын мәліметтің мұндай жазуын генетикалық код деп те атайды.

Генетикалық код дегеніміз – тіл, сол тілде гендер қандай белокты қанша мөлшерде синтездеуі қажет екенін жасушаға хабарлайды.

Генетикалық мәліметтің қазіргі заманғы теориясы бойынша: м-РНҚ ядро ішіндегі ДНҚ-да синтезделеді де, оның белгілі бір бөлігінде азоттық негіздердің өзіне ғана тән, комплементарлық орналасуын көшіріп алады. Бұл тұқымқуалайтын информацияның кодына сәйкес. Осыдан кейін м-РНҚ цитоплазмаға өтеді де, белок синтездейтін комплекске қосылады. Мұнда м-РНҚ бойындағы амин қышқылдарынан өзіне сәйкес белоктар синтезделеді. Тұқымқуалайтын информацияның осылайша бағытталған қозғалысы молекулалық биологияның өзекті догмасы болып табылады. Оны ұсынған Дж. Уотсон мен Ф. Крик.

Трансляция кезінде мРНҚ нуклеотидтерінде әр амин қышқылының қалай белгіленгенін білу қажет.

мРНҚ-да А,Г,У,Ц атты 4 нуклеотид, ал белокта 20 амин қышқылы бар. Бұл ұғымнан код бір нуклеотидтен болуы мүмкін емес екендігі белгілі болып тұр, себебі мұндай жағдайда тек 4 амин қышқылы ғана кодталады. Екі нуклеотидтен құралған код та жарамайды, себебі синглетті кодта да, дуплетті кодта да барлық 20 амин қышқылы үйлесімді тіркес болып құрала алмайды.

М. Ниренберг әріптестерімен 20 амин қышқылының бәрін кодтау үшін триплетті код болу керек екенін анықтады. Әрбір амин қышқылын кодтау үшін белгілі ретпен орналасқан үш нуклеотид қажет, оны триплет немесе кодон деп атайды, әр кодон арасында ашық аймақ жоқ, информация (мәлімет) үтірсіз, нүктесіз бір тұтас жазылады.

4 нуклеотид триплетпен кодталғанда  $4^3 = 64$  үйлесімді тіркес береді, бұл барлық амин қышқылдарына жеткілікті. Эксперименттік жолмен УАА, УАГ және УГА деген кодондар мағынасыз екендігі дәлелденді, олар полипептидтік тізбек синтезінің аяқталу белгісі қызметін атқарады. Оларды терминалды кодондар деп атайды, сонда 20 амин қышқылын кодтайтын 61 триплет болады (32-кесте).

### Генетикалық код

32-кесте

Азотты негіздер	Триплеттер			
<b>U</b>	UUU Фен	UCU Сер	UAU Тир	UGU Цис
	UUC Фен	UCC Сер	UAC Тир	UGC Цис
	UUA Лей	UCA Сер	UAA*	UGA*
	UUG Лей	UCG Сер	UAG*	UGG Три
<b>C</b>	CUU Лей	CCU Про	CAU Гис	CGU Арг
	CUC Лей	CCC Про	CAC Гис	CGC Арг
	CUA Лей	CCA Про	CAA Глн	CGA Арг
	CUG Лей	CCG Про	CAG Глн	CGG Арг
<b>A</b>	AUU Иле	ACU Тре	AAU Асн	AGU Сер
	AUC Иле	ACC Тре	AAC Асн	AGC Сер
	AUA Иле	ACA Тре	AAA Лиз	AGA Арг
	AUG Мет	ACG Тре	AAG Лиз	AGG Арг
<b>G</b>	GUU Вал	GCU Ала	GAU Асп	GGU Гли
	GUC Вал	GCC Ала	GAC Асп	GGC Гли
	GUA Вал	GCA Ала	GAA Глу	GGA Гли
	GUG Вал	GCG Ала	GAG Глу	GGG Гли

\*-терминация кодондары

Генетикалық кодтың негізгі қасиеттері:

- генетикалық код триплетті болады, яғни бір амин қышқылын көрші үш нуклеотидтен құралған топ белгілейді (триплет, кодон).

- Генетикалық кодтың арнайы талғамдылық қасиеті жоғары, триплет бір амин қышқылын ғана кодтайды.

- Бір амин қышқылын бірнеше триплет кодтауы мүмкін.

- Генетикалық код әмбебап, ол барлық ағзалар мен вирус үшін біреу ғана. Бұл жағдай жер бетіндегі тірі ағзалардың шыққан тегі бір екенін көрсетеді.

- Кодондар бірін-бірі бүркемейді, нуклеотидтер қатар-қатар

бір бағытта триплеттен кейін екінші триплет үздіксіз кезектесіп орналасады.

- АУГ - белсенді триплет, белоктардың полипептидті тізбегінің синтезі осы кодоннан басталады.

- УАА, УАГ, УГА – кодондары соңғы, шектеуші триплеттер, олардың біреуімен полипептид синтезі аяқталады.

## 8.5. Белоктардың биосинтезі

Белоктардың синтезделуі негізінен екі кезеңнен тұрады:

1. Ядролық кезең немесе транскрипция. Мұнда ДНҚ қос тізбегінің біреуінің комплементарлы көшірмесі болып табылатын м-РНҚ синтезі жүреді. Осы жолмен синтезделген м-РНҚ әрі қарай синтезделетін белоктің негізі болып табылады.

2. Цитоплазмалық кезең, яғни трансляция. Цитоплазмада 4 әріптік генетикалық информацияның триплеттік кодтың көмегімен 20 әріптік амин қышқылдарынан тұратын белоктің тізбегіне айналу процесі жүреді. Сонымен бірге, онда белоктардың үшінші, төртінші реттік құрылысының кеңістікте орын алуы және олардың жасуша метаболизміне тікелей қатынасуына мүмкіндік туады.



Белок синтезі жүретін ортада мыналар болуы тиіс:

1. Рибосомалар. Белоктардың синтезі рибосомада жүреді. Рибосома – нуклеопротеидтер, құрамында 60% рибосомалық РНҚ мен 40% түрлі белоктар болады;

2. Белоктардың синтезі үшін қажет энергия АТФ және ГТФ арқылы қамтамасыз етіледі, айта кету керек, бір пептидтік байланыс тузілу үшін 4 макроэргтік қосылыс қажет;

3. мРНҚ;

4. 20-ға жуық амин қышқылдары;

5. 20-дан астам аминок-ацил - т-РНҚ – синтетаза ферменті;
6. 20-ға жуық аминок-ацил т-РНҚ;
7. Магний, кальций, калий және аммоний иондары;
8. Барлығы 200-ге жуық макромолекулалар, белоктік факторлар және инициация, элонгация, терминация, трансляция ферменттері қажет.

Трансляция - цитоплазмада жүретін кезең. Бұл кезеңде тек 4 әріптік нуклеотидтік тілдің 20 әріптік амин қышқылының тіліне аударылуы ғана жүріп қоймайды, сонымен қатар, амин қышқылдарының белоктік тізбектегі өз орнын табу мәселесі де шешіледі.

Трансляцияның өзі шамамен 5 кезеңнен тұрады деуге болады.

Трансляцияның I кезеңі: амин қышқылдарының активтелуі. Бұл кезеңге қажетті заттар: амин қышқылдары, АТФ,  $Mg^{2+}$ , тРНҚ, аминок-ацил-тРНҚ - синтетаза ферменті.

Бұл кезең жиырмадан астам аминок-ацил-тРНҚ-синтетаза ферментінің қатысуымен өтеді. Бұлар айрықша талғамдылық көрсететін ферменттер, атап айтқанда, осы ферменттің көмегімен амин қышқылы өзіне сәйкес тРНҚ таныса, тРНҚ өзіне тән амин қышқылдарын таба алады. Сондықтан бұл ферментті “адаптор” деп те атайды.

Белоктің синтезделу процесі амин қышқылдарының активтенуінен басталады, олардың активтенуі АТФ энергиясының есебінен және магний иондарының қатысуымен жүреді (29-сурет).

Амиоациладенилат аминок-ацил–тРНҚ синтетаза ферментімен комплекс түрінде бола тұрып, тРНҚ-ның екінші активті орталығымен байланысады, нәтижесінде аминок-ацил-тРНҚ мен пирофосфат түзіледі де фермент бос күйінде бөлінеді.

Амиоацил–тРНҚ – синтетаза ферментінің екі орталығы болады. Ферменттің бір орталығы тиісті амин қышқылын «таниды», екіншісі тРНҚ-ны «таниды», осы тРНҚ-ға сол амин қышқылы ғана ковалентті байланысып жалғасуы тиіс. Бұдан кейін тРНҚ амин қышқылын белок синтездейтін комплекске көшіреді.





суббірлігі 21 белоктан және тізбекті 1600 нуклеотид болатын бір р-РНҚ-нан тұрса, үлкен суббірлік 34 белоктан, 3200 және 120 нуклеотидтік тізбектерінен тұратын екі р-РНҚ-дан құралады.

Эукариоттарда кіші 40S суббірлік 33 түрлі белоктан, ал үлкен 60S суббірлік 50 жуық белоктардан тұрады.

Осы жоғарыда түзілген комплекстердің нәтижесінде рибосоманың үлкен суббірлігінде екі орталық пайда болады. Оларды: пептидилді және аминокцилді орталықтар деп атайды.

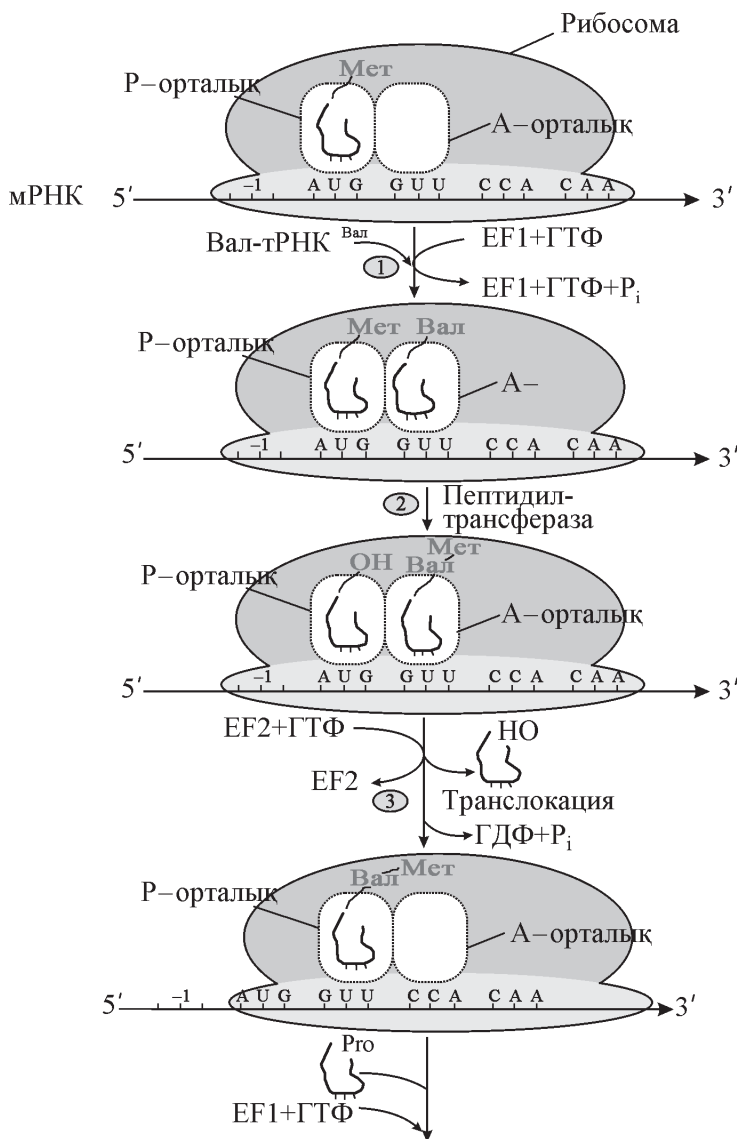
Пептидилді орталықта синтезделетін пептид тізбегі орналасса, аминокцилді орталықта осы пептидтік тізбектің өсуіне қатысатын аминокцил-т-РНҚ орналасады. Кез келген белоктің синтезі прокариоттарда N - формилметиониннен, эукариоттарда метиониннен басталады. Метиониннің активтелуі де басқа амин қышқылдарының активтелуі сияқты ГТФ пен т-РНҚ-ның және метионил - т-РНҚ-синтетаза ферментінің қатысуымен жүреді.

Трансляцияның үшінші кезеңі: элонгация деген атпен белгілі. Бұл кезеңге қажетті заттар: екінші кезеңде түзілген активті рибосома; мРНҚ-дағы кодондарға сәйкес келетін аминокцил - тРНҚ;  $Mg^{2+}$ ; белоктік факторлар; ГТФ; пептидилтрансфераза, транслоказа ферменттері.

Бұл кезеңде амин қышқылдарының біртіндеп бірінен кейін бірінің пептидтік байланыс арқылы қосылуы нәтижесінде полипептидтік тізбектің өсуі байқалады. Рибосоманың мРНҚ-ның бойымен бір кодонға жылжуы үшін аминокцил тРНҚ-ның кодонына сәйкес келіп, комплементарлы түрде байланысуы үшін ГТФ-тың гидролизі кезінде бөлінген энергия жұмсалады. Бұл кезеңді 30-суреттен көруге болады:

3) Транслоказа ферментінің әсер етуімен рибосома мРНҚ-ның бойымен

$5^1 \rightarrow 3^1$  бағытында бір кодонға жылжиды, нәтижесінде пептидил тРНҚ аминокцил орталықтан пептидилді орталыққа ауысады, ал аминокцилді орталықта мРНҚ келесі кодоны келіп орналасады. Түзілген дипептид пептидилдік центрде болады да, аминокцилдік центр келесі аминокцил-тРНҚ-ның байланысуы үшін бос қалады. Міне, осылай пептидтік тізбек өсе береді, элонгацияның пептидилтрансфераза және транслоказа ферменттерінің атқаратын



**30-сурет.** Белок синтезінің элонгация этапы

жұмыстары қайталанып, мРНК-да жазылынып алынған белоктың молекуласындағы амин қышқылдары өзінің орындарын табады. Бір пептидтік байланыс түзу үшін 3 молекула ГТФ және 1 молекула АТФ-тың гидролизденгендегі энергиясы жұмсалады.

Белоктардың синтезі тірі ағзадағы энергияны көп қажет ететін процесс болғанымен, өте жылдам жүреді. 400 амин қышқылдарынан тұратын белок 20 секундта синтезделіп болады.

Белоктардың синтезі бір рибосомада өтуі мүмкін немесе бір уақытта бірнеше рибосомада (полисомада) жүруі мүмкін. Полисома - бір мРНК бойында бола алатын рибосомалар тобы (80-ге жуық рибосома). Мұндай бір мРНК-ның бойындағы информацияны бір уақытта бірнеше рибосоманың көмегімен белок синтезіне қолдану синтездің тез және тиімді өтуіне мүмкіндік тудырады.

Бактерияларда транскрипция және трансляция бірімен-бірі ілесіп жүреді, яғни ДНҚ-на тәуелді РНҚ-полимераза мРНК синтезін жүргізіп жатқан кезде, м-РНҚ-ның бір шетінде белок синтезі де басталып жатады.

Бактериялардың екінші бір ерекшелігі - мРНК-ның тіршілік ету уақыты бірнеше минут қана, сонан соң олар тез нуклеаза ферментінің әсерімен ыдырап кетеді.

Трансляцияның төртінші кезеңі – Терминация, яғни синтездің бітуі, аяқталу кезеңі, оған керекті заттар:

1. АТФ;
2. Белок синтезінің біткенін білдіруші мРНК-дағы кодондар;
3. Полипептидтің рибосомадан босап шығуына қажет белоктық факторлар.

мРНК-да соңғы амин қышқылын көрсететін кодон біткен соң, мағынасыз, мәнсіз кодондар басталады. Олардың саны үшеу: УАА, УАГ, УГА. Міне осы кодондардың басталуы, полипептидтің синтезінің біткенін хабарлайды. Сонан соң, синтезді бітіруші факторлар ( $F_1$ ,  $F_2$ ) өздерінің әрекетін бастайды.

Бұл факторлар:

- 1) полипептидтің соңғы тРНҚ-дан гидролиздік жолмен ыдырап шығуын және тРНҚ-ның босауын;
- 2) соңғы тРНҚ-ның пептидилдік бөлімнің “бос” күйінде бөлінуін;
- 3) рибосоманың 30 S және 50 S суббірліктерге диссоциациялануын қамтамасыз етеді.

Трансляцияның 5-ші кезеңі - кеңістіктегі полипептидтік тізбектің орналасуы және процессинг. Бұл кезеңде полипептид өзінің кеңістіктегі екінші - , үшінші - реттік құрылысын түзіп,

биологиялық активті түріне көшеді. Сонымен қатар, бұл кезеңде бірінші амин қышқылы метиониннен және кейбір керек емес амин қышқылдарынан ажырап, кейбір амин қышқылдарының қалдықтары өзіне фосфат, - метил - , карбоксил - , ацетил топтарын қосып алуы мүмкін. Ал кейде белоктар өзіне олигосахаридтер мен коферменттерді қосып, өзінің биологиялық қызметін атқаруға дайын болады.

Белоктардың синтезі көптеген антибиотиктер әсерінен тежеуге ұшырауы мүмкін. Кейбір микроағзалар үшін қорғаныш антибиотиктер, басқа ағзалар үшін өте улы болып табылады. Мысалы: пурамицин - элонгация кезеңінде әсер етсе, тетрациклин аминокцил - тРНҚ-ның рибосомадағы аминокцилдік центрімен байланысуына кедергі жасайды; стрептомицин - рибосоманың кіші суббірлігімен қосылып, оның қызметін нашарлатады; дифтерия токсині - элонгация факторын тежейді; левомецетин - пептидилтрансфераза ферментінің активтілігін нашарлатады; эритромицин - үлкен суббірлікпен қосылып, транслоказа ферментінің жұмысын тежейді.

### *1. «Тізбекті» тапсырманы орындаңыз:*

1.1. Ағзада аммиакты залалсыздандыру процесінің негізгі реакциясы:

- А) глутаматты трансминделуі
- Ә) карбамоилфосфаттың синтезделуі
- Б) глутаматтың тотыға дезаминделуі
- В) глутамин синтезі
- Г) гистидиннің молекула ішілік дезаминделуі

1.2. Осы реакцияны катализдейтін фермент:

- А) глутаматдегидрогеназа
- Ә) глутаматсинтетаза
- Б) аланинаминотрансфераза
- В) карбамоилфосфатсинтетаза
- Г) гистидаза

1.3. Бұл фермент қызметіне қажет:

- А) НАД<sup>+</sup>
- Ә) пиридоксальфосфат
- Б) АТФ

- В) ФАД
- Г) ФМН

### *Тест тапсырмалары*

**1. Трансляция процестері мына макроэргиялық қосылыстар қатысында жүреді:**

- А) УТФ
- Ә) ЦТФ
- Б) ГТФ
- В) ГТФ
- Г) АТФ

**2. Кез келген белокты биосинтездегенде, бастаушы аа – т – РНҚ-ның қызметін атқарады:**

- А) ала – тРНҚ
- Ә) мет – тРНҚ
- Б) фен – тРНҚ
- В) глин – тРНҚ
- Г) глу – тРНҚ

**3. Элонгация этапында а-орталыққа қосылады:**

- А) асп - тРНҚ<sub>асп</sub>
- Ә) мет - тРНҚ<sub>мет</sub>
- Б) кез келген аминоксил - тРНҚ
- В) аа – тРНҚ-ның бірде-біреуі қосылмайды
- Г) Ко-А

**4. Аминоксил орталықта т – РНҚ-мен байланысқан аминокышқыл:**

- А) ала
- Ә) про
- Б) глу
- В) мет
- Г) гли

**5. Интерферон – бұл (дұрыс емес жауапты тап).**

- А) белоктік табиғаты бар зат
- Ә) рРНҚ-ны ыдырататын рРНҚ-азаны белсендіреді
- Б) белок синтезін тоқтатады
- В) ағзаның метаболиттік процестеріне үлкен әсері бар
- Г) вирустық инфекцияға қарсы синтезделеді

**6. Трансаминдену – бұл тасымалдау:**

- А)  $\alpha$ -амин қышқылын  $\alpha$ -кетокышқылына
- Ә)  $\alpha$ -амин қышқылын  $\alpha$ -гидроксикышқылына
- Б) аминді  $\alpha$ -кетокышқылына
- В) аминді  $\alpha$ -гидроксикышқылына
- Г) имин тобын  $\alpha$ -кетокышқылына

**7. Қандай фермент әсерімен рибосома м-РНҚ-ның бойымен жылжиды:**

- А) полимераза I
- Ә) полимераза III
- Б) пептидаза
- В) транслоказа
- Г) синтетаза

**8. Амин қышқылдары декарбоксилденіп түзетін қосылыс:**

- А) аммиак
- Ә) амин
- Б) азот
- В)  $H_2O$
- Г) несеп қышқылы

**9. Амин қышқылдарының трансаминдену реакциясын катализдейтін фермент:**

- А) дегидрогеназа ( $НАД^+$ )
- Ә) дегидрогеназа ( $НАД \cdot 2H$ )
- Б) трансаминаза
- В) оксидаза
- Г) киназа

**10. Эукариоттарда белок синтезін бастайтын амин қышқылы:**

- А) аланин
- Ә) метионин
- Б) формилметионин
- В) глутамин
- Г) тирозин

**11. Прокариоттарда белок синтезін бастайтын амин қышқылы:**

- А) аланин
- Ә) метионин
- Б) формилметионин
- В) глутамин
- Г) тирозин

**12. Амин қышқылдардан молекулаішілік дезаминдеу нәтижесінде пайда болады:**

- А) қаныққан қышқылдар
- Ә) қанықпаған қышқылдар
- Б) гидроксикышқылдар
- В) кетоқышқылдар
- Г) цитрат

**13. Шаперондар:**

- А) жаңа синтезделген белоктарды бірігіп кетуден сақтайды
- Ә) белоктың ІІІ реттік құрылымын жасақтауға қатысады
- Б) дисульфидті байланыстың пайда болуын катализдейді
- В) амин қышқылдарының синтезіне қатысады
- Г) глобулярлы белоктар

## IX. КӨМІРСУЛАРДЫҢ АЛМАСУЫ

### 9.1. Көмірсулардың жалпы сипаттамасы

Көмірсулар химиялық табиғаты бойынша альдегидті және кетонды көп атомды спирттер болып табылады. Олардың элементтік құрамын  $C_n H_{2n} O_n$  формуласымен белгілейді.

Құрамына, құрылысына, қасиеттеріне қарай көмірсуларды үш топқа бөлуге болады:

1. Моносахаридтер және олардың туындылары: пентозалар (рибоза, дезоксирибоза), гексозалар (глюкоза және фруктоза), гептозалар (седогеп-тулоза), глюкоурон қышқылы, галактурон қышқылы т.б.

2. Олигосахаридтер - құрамында 2,3,4,5 ... 10 моносахаридтер болатын көмірсулар тобы. Дисахаридтер, трисахаридтер (мальтоза, сахароза, лактоза) т.б. Қасиетіне қарай тотықсыздандыратын дисахаридтер және тотықсыздандырмайтын дисахаридтер деп бөлінеді.

3. Полисахаридтер. Моносахаридтердің қалдығы 10-нан жоғары болады. Полисахаридтердің екі тобы белгілі: а) гомополисахаридтер: крахмал, гликоген. б) гетерополисахаридтер: гетерогликандар, гиалурон қышқылы, хондроитинсульфат, кератансульфаттар, гепарин.

*Моносахаридтер: құрылысы, номенклатурасы.* Моносахаридтерді жіктеудің бірнеше принциптері бар, ол:

- молекула құрамындағы көміртек атомдары санына қарай: триоза, тетроза, пентоза, гексоза, гептоза және т.б;

- карбонил тобының сипатына қарай: альдозалар, кетозалар;

- карбонилді және гидроксилді топтар басқа функционалдық топтардың табиғатына қарай:

а) бейтарап қанттар, бұлардың құрамында тек карбонилді және гидроксилді топтар ғана болады;

б) аминді қанттар, бұлардың құрамында гидроксотоптың орнында амин тобы орналасады.

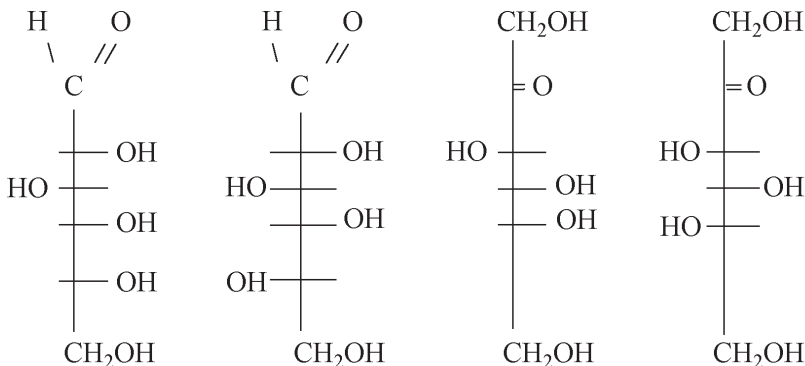
в) қышқылды қанттар, мұндай моносахаридтер құрамында карбонил, гидроксил топтарынан басқа карбоксил тобы кездеседі.



Көмірсулар номенклатурасының негізін моносахаридтердің тривиалды атаулары құрайды: ксилоза, рибоза, глюкоза, фруктоза т.б. Кетозалар атына

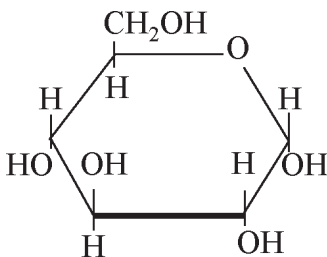
– улоза деген жалғау қосылады: мысалы, кетоза  $C_5$  – пентулоза.

Барлық моносахаридтерге оптикалық изомерия тән, яғни олардың D және L түрлері болады.



D(+)  
D(-)  
L(-)  
L(+)

Моносахаридтердің молекулаларын бейнелеу үшін Хеуорс формулаларын (перспективтік) пайдалануға болады.



*Олигосахаридтерді екі топқа бөледі:*

- тотықсызданбайтын;
- тотықсызданатын.

Олигосахаридтер ішінде табиғатта көп таралғаны: дисахаридтер (мальтоза, сахароза, целлобиоза т.б.).

Табиғаттағы көмірсулар көбінесе полисахаридтер түрінде кездеседі (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин т.б.).

*Полисахаридтер* ішінде крахмал мен гликоген ағзада қор

ретінде жиналады, өсімдік жасушаларында – крахмал, жануарлар жасушасында – гликоген.

Көмірсулардың атқаратын қызметтері қандай?

1. Көмірсулардың энергетикалық қызметін көбінесе қор түрінде болатын крахмал мен гликоген атқарады. Ағзаға қажетті энергияның 70%-ын қамтамасыз етеді, 1 г көмірсу ыдырағанда ~ 16,9 кДж энергия бөлінеді.

2. Тіректік қызмет. Өсімдіктерде целлюлоза, адам сүйегінде хондроитинсульфат тіректік қызмет атқарады, белоктармен, липидтермен қосылып, барлық биомембраналар құрамына кіреді.

3. Қорғаныштық қызмет. Қышқылдық гетерополисахаридтер: мысалы, гиалурон қышқылы, кератосульфат (көздің мүйіздік қабатында т.б.) биологиялық майлағыш зат ретінде қолданылады. Синовиалды сұйықтық қан тамырларында, асқорыту жолдарында, өңеште, қолқада, буындарда қорғаныштық қызмет атқарады.

4. Гидроосмостық және ионды реттеушілік қызмет. Мысалы, гиалурон қышқылы гидрофилді молекула, ол жасушааралық су молекулаларын және катиондарды байланыстырып, жасушааралық осмостық қысымды реттеп отырады.

5. Кофакторлық қызмет. Кейбір гетерополисахаридтер кофакторлық қызмет атқарады, Мысалы, гепарин белокпен байланысып, активті полисахаридті белок комплексін түзіп, қанды ұюдан сақтауға қатысады, қандағы майлардың ыдырауын күшейтіп, олардың қандағы мөлшерін азайтуға да ықпалын тигізеді.

6. Белок, нуклеин қышқылдары, липидтер синтезіне қажетті көміртек көзі болып табылады.

## **9.2. Көмірсулардың қорытылуы және сіңірілуі**

Көмірсулардың адам ағзасындағы алмасуы негізінен төменде көрсетілген кезеңдерден тұрады:

1. Асқорыту жолдарындағы аспен түскен полисахаридтер мен ди-сахаридтердің моносахаридтерге дейін ыдырауы және осы моносахарид күйінде ішектен қанға сіңірілуі.

2. Бауырда және басқа ұлпаларда гликогеннің синтезделуі және ыдырауы.

3. Жасушаға қанмен түскен глюкозаның оттегінің қатысуымен және оның қатысуынсыз әрі қарай ыдырауы.

4. Глюконеогенез, яғни көмірсулардың заттардың алмасуы кезінде пайда болған көмірсутек емес заттардан түзілуі. Мысалы, глицериннен, сүт қышқылынан, амин қышқылдарынан пирожүзім қышқылынан т.б. заттардан глюкозаның түзілуі.

Көмірсулардың ыдырауы екі түрлі реакция негізінде жүреді: гидролиз және фосфоролыз.

Крахмалдың немесе гликогеннің ыдырауы ауыз қуысындағы сілекейдің әсерінен басталады. Сілекейде  $\alpha$ -амилаза ферменті болады. Ол бір полипептидтік тізбектен тұрады. рН 6,8,  $\text{Ca}^{2+}$  ионы кофактор рөлін атқарады, ал хлор иондары ферменттің активтілігін арттырады. Осы  $\alpha$ -амилазаның әсерінен крахмал ауыз қуысында декстриндерге ыдырайды. Сонан соң сілекеймен араласқан қоректік заттар өңеш арқылы асқазанға түседі. Асқазанда сілекейдің  $\alpha$ -амилазасы өз әсерін тоқтатады, себебі асқазан сөлінің рН -1,5 - 2,5. Әрі қарай он екі елі ішекке түсіп, ұйқы безінің  $\alpha$ -амилазасының әсерімен ыдырайды. Мұнан басқа ұйқы бездерінен бөлінетін сөлде амило-1,6- гликозидаза, олиго-1,6-гликозидаза ферменттері болады. Бұл ферменттер амилопектин мен гликогеннің 1→6 гликозидтік байланыстарын үзуге қатысады. Осы процестердің нәтижесінде түзілген мальтоза  $\alpha$ -гликозидаза ферментінің әсерімен тез глюкозаның екі молекуласын түзеді.

Амилаза (сілекей  $\alpha$ -амилазасы және панкреатиттік  $\alpha$ -амилаза) гликозидаза ферменттері, бұлар гликозидтік байланыстарды гидролиздейді.

Амилаза немесе глюкоамилаза ферментінің  $\alpha$ ,  $\beta$  және  $\gamma$  деген түрлері кездеседі.

$\gamma$ -амилаза крахмал молекуласындағы 1,4-байланысының гидролизін тездетеді. Реакция молекуланың тотықсызданбайтын шетінен басталып, глюкозаны біртіндеп бөліп отырады.  $\gamma$ -амилаза 1959 ж. Е. Розенфельд еңбектерінің нәтижесінде ашылды.

$\beta$ -амилаза крахмал молекуласындағы 1,4-байланысының гидролизін біртіндеп мальтозаны бөлу арқылы катализдейді.

$\alpha$ -амилаза крахмал молекуласындағы 1,4 байланысының ретсіз үзілуін катализдейді.  $\alpha$ -амилаза молекуланың ішкі гликозидтік байланыстарына шабуыл жасап, полисахаридті олигосахаридтерге дейін ыдыратады.

Амило–1,6–глюкозидаза полисахаридтер молекуласындағы 1,6 глюкозидтік байланыстардың гидролизін тездетеді, реакция нәтижесінде олигосахаридтер пайда болады.

Табиғи полисахарид целлюлозаның гидролизін – целлюлаза, хитин гидролизін – хитиназа, гиалурон қышқылының гидролизін – гиалуронидаза ферменттері катализдейді.

Ішектердегі бөлінетін сөлдерде мальтазамен қатар сахараза, лактаза ферменттері болады. Олардың қатысуымен олигосахаридтер моносахаридтерге ыдырайды.

мальтоза  $\xrightarrow{\text{мальтаза}}$  2 глюкоза,

сахароза  $\xrightarrow{\text{сахараза}}$  глюкоза + фруктоза,

лактоза  $\xrightarrow{\text{лактаза}}$  глюкоза + галактоза.

Сонымен, көмірсулардың қорытылуы нәтижесінде глюкоза, фруктоза, галактоза сияқты моносахаридтер түзіліп, ішек қабырғасы арқылы қанға түседі. Олардың 90%-ға жуығы бауырға, ал қалғаны лимфаға және венаға келіп түседі. Бауырға келіп түскен глюкозаның біразы қан жүйелері арқылы басқа мүшелер мен ұлпаларға тарайды да, біразы бауырда қор ретінде қалады. Сонымен, жасушаға келіп түскен глюкозаның әрі қарайғы тағдыры қандай? Негізінен глюкоза әрі қарай, аэробты жолмен ыдырауға түседі. Оның ыдырауын 3 кезеңге бөлуге болады:

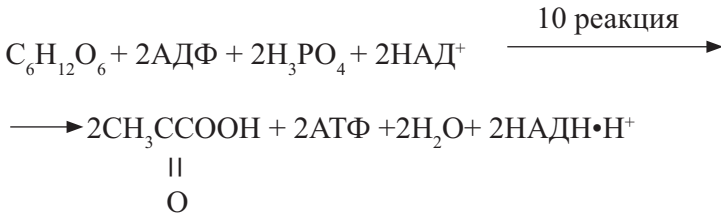
1. Глюкозаның пирожүзім қышқылына дейін ыдырауы.
2. Пирожүзім қышқылының тотығып, декарбоксилденуі және ацетил- КоА күйінде лимон қышқылдарының цикліне қатысуы.
3. Митохондриядағы электрондарды тасымалдау тізбегі.

### **9.2.1. Глюкозаның пирожүзім қышқылына дейін ыдырауы**

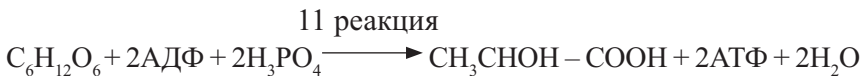
Глюкозаның аэробты немесе анаэробты жағдайда ферменттер қатысында екі молекула пируватқа (аэробты жағдайда) немесе екі молекула лактатқа (анаэробты жағдайда) дейін ыдырауын

гликолиз дейді. Гликолиз ферменттер қатысында жүретін 10 реакциядан тұрады. Бірақ жалпы реакцияны төмендегідей жазып көрсетуге болады:

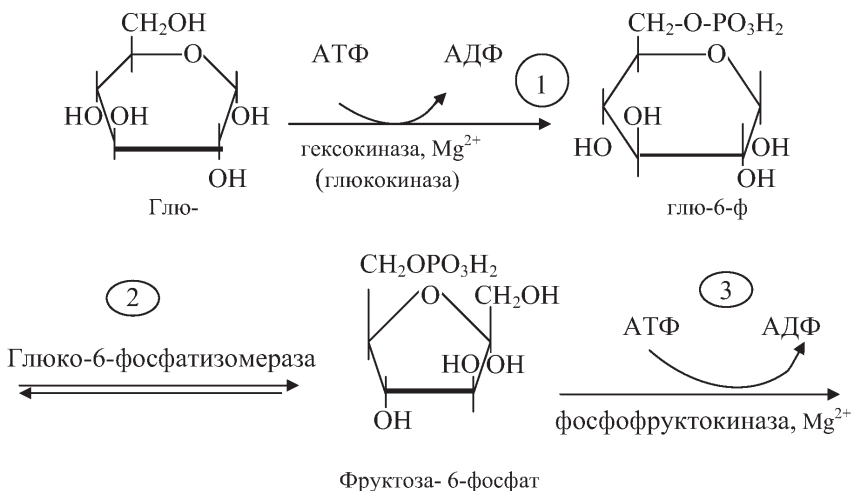
а) аэробты жағдайда

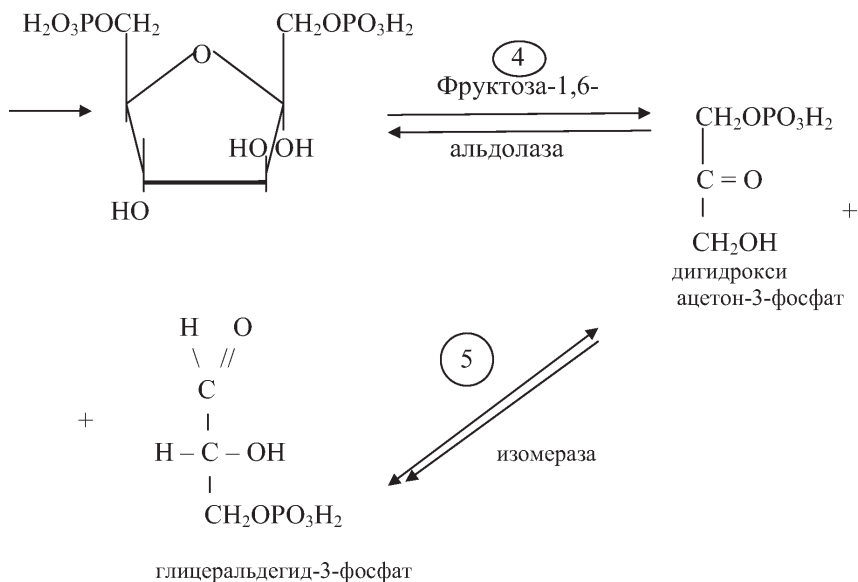


б) анаэробты жағдайда



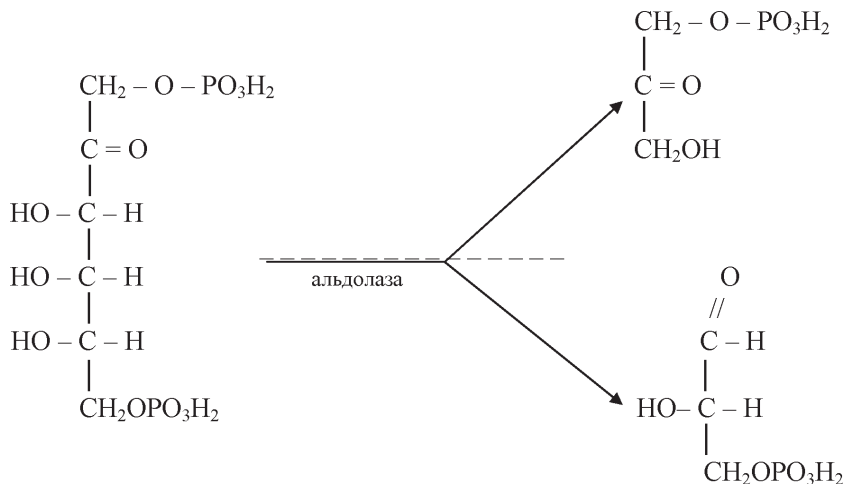
Глюкоза екі жолмен ыдырауы мүмкін. Бірінші жол: глюкоза молекуласы көміртектің үш атомынан тұратын 2 молекулаға ыдырайды. Мұндай ыдырау түрін дихотомикалық ыдырау деп атайды. Глюкоза молекуласы бір көміртек атомын жойып, пентозаға айналуын апотомикалық ыдырау дейді (31-сурет).





31-сурет. Глюкозаның дихотомикалық ыдырау жолы

Бұл 5 реакцияны фруктоза-1,6-дифосфаттың ашық құрылымдық формуласынан оңай түсінуге болады:

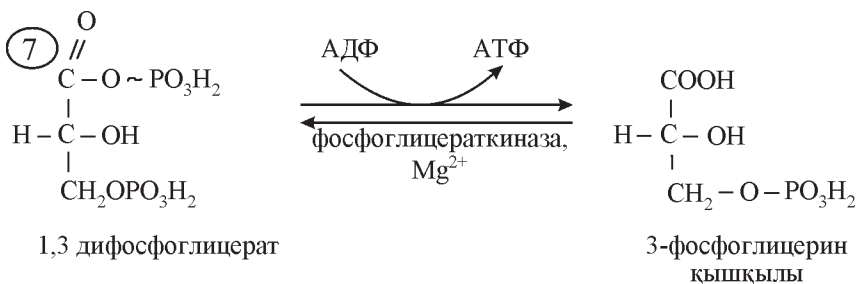
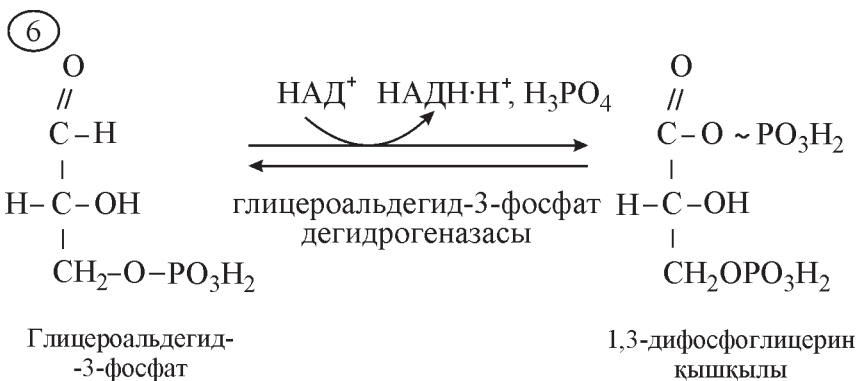


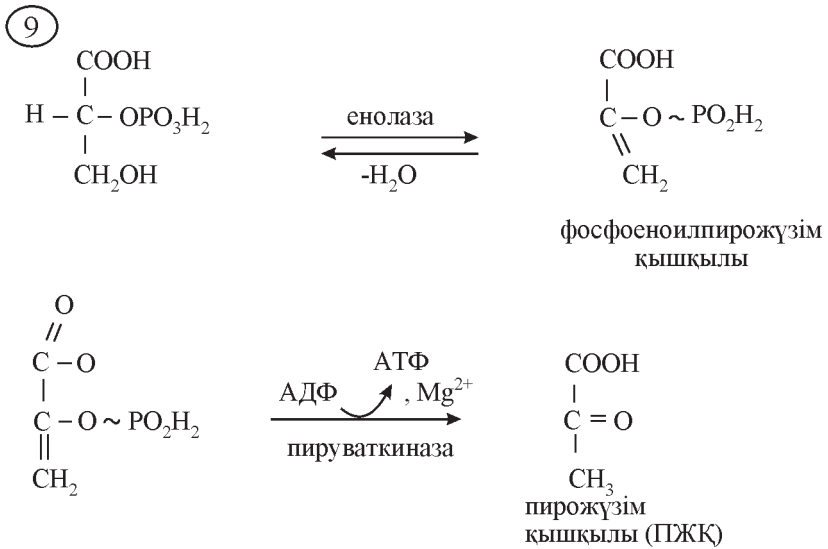
Глюкозаның пирожүзім қышқылына дейін ыдырауының өзін 2 сатыға бөлуге болады (32-сурет):

1. Глюкозаның глицeroальдегидфосфатқа дейін ыдырауы. Бұл сатыда глюкоза АТФ көмегімен белсендіріліп (1, 2, 3, 4, 5 реакциялар), биологиялық тотығуға қажет субстрат түзеді.

2. Глицeroальдегидфосфаттың пирожүзім қышқылына дейін ыдырауы, бұл саты АТФ генерациясы деп аталады.

Глюкоза ыдырауының 2-ші кезеңі АТФ-тың генерациясымен тығыз байланысты. Альдегид тобының потенциалды энергиясы фосфороліз реакциясының арқасында 1,3-дифосфоглицераттың макроэргиялық байланысында жинақталады.



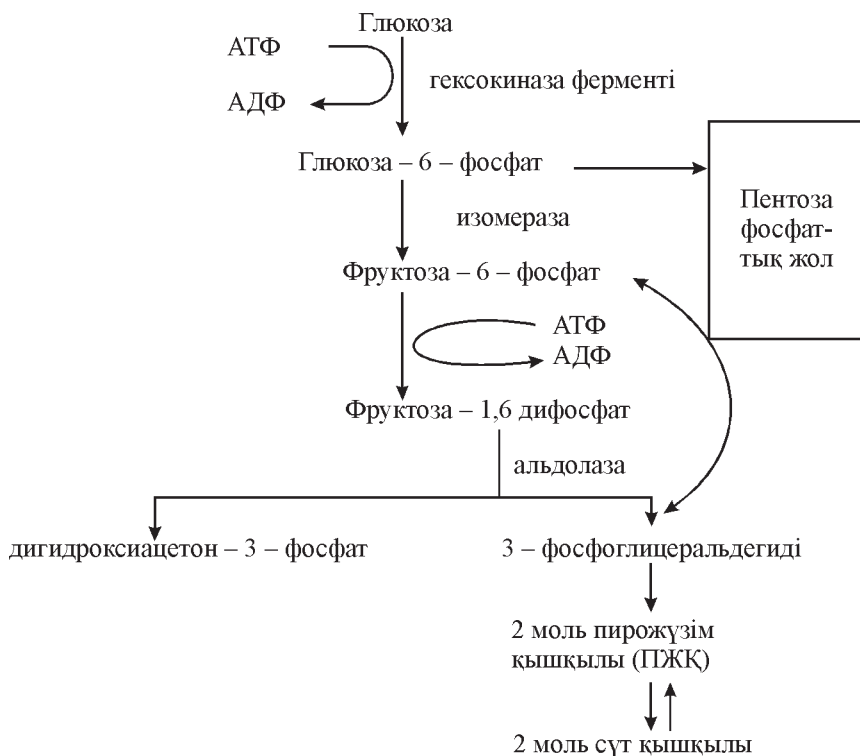


**32-сурет.** Глицероальдегидфосфаттың пирожүзім қышқылына дейін ыдырауы

6-шы реакция кезінде глицеральдегидфосфаттың дегидрленуі жүреді, сутек атомының акцепторы НАД<sup>+</sup> болады, реакцияға Н<sub>3</sub>Р<sub>4</sub> қатысуымен, реакция нәтижесінде 1,3-дифосфоглицерин қышқылы, құрамында макроэргтік байланысы бар зат түзіледі. 7-ші реакция кезінде 1,3-дифосфоглицерин қышқылдарындағы бір фосфор қышқылының қалдығы АДФ-тан АТФ-тың субстраттық фосфорилдену жолымен синтезделуіне жұмсалады. 9-шы реакция кезінде дегидратация реакциясы нәтижесінде макроэргтік қосылыс фосфоеноилпирожүзім қышқылы түзіліп, келесі реакция тағы да субстратты фосфорилдеу жолмен АДФ-тан АТФ-тың түзілуіне мүмкіндік береді. Сонымен, бұл реакциялардың нәтижесінде пирожүзім қышқылының енолдық түрі түзіліп, кейін ферменттің қатысуынсыз пирожүзім қышқылының кето түріне айналады. Түзілген ПЖҚ әрі қарай тотығып, декорбоксилденіп, ацетил-КоА-ға, ал ацетил-КоА одан әрі лимон қышқылдарының циклі арқылы СО<sub>2</sub> және суға айналады.

Енді жоғарыда айтылған осы өзгерістерді схема түрінде қарастырайық (33-сурет):





33-сурет. Гликолиз реакциялары

### Гликолиз ферменттері

33-кесте

Реакция номері	Фермент	Коферменті	Активатор	Ингибитор
1	Гексокиназа	$Mg^{2+}$	АДФ, $H_3PO_4$	Глюкоза-6-фосфат Фосфоеноилпируват
2	Глюкоза-6-фосфат-изомераза	$Mg^{2+}$		
3	Фосфофруктокиназа	$Mg^{2+}$	АДФ, АМФ, $H_3PO_4$ , $K^+$	АТФ, цитрат, НАДН
4	Альдолаза		$Zn^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Co^{2+}$	Цистеин
5	Триозофосфат-изомераза	$Mg^{2+}$		

6	Глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа	НАД <sup>+</sup>	Арсенат	Mg <sup>2+</sup> , иодацетат
7	Фосфоглицераткиназа	Mg <sup>2+</sup>		
8	Фосфоглицератмутаза	Mg <sup>2+</sup>		
9	Енолаза	Mg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>		Ca <sup>2+</sup>
10	Пируваткиназа	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> , АТФ, ацетилКоА, НАДН
11	Лактатдегидрогеназа (анаэробты гликолиз)	НАД <sup>+</sup>		

Сонымен, глюкоза аэробты жолмен ыдырағанда, АТФ-тың неше молекуласы түзілетіндігін есептеп шығарайық.

Глюкоза оттегінің қатысуымен ыдыраған кезде АТФ синтезінің бірнеше жолы бар екендігін білеміз:

- 6 моль АТФ субстратты фосфорилдену нәтижесінде: яғни 7-ші, 10-шы және цитратты кезеңде екеуі синтезделеді.

- 30 моль АТФ дегидрлену реакциясы кезінде, НАД<sup>+</sup> акцептор рөлін атқарғанда түзіледі.

- 4 моль АТФ убихинон акцептор рөлін атқарған кезде түзіледі.

Сонымен, глюкозаның 1 моль ыдырағанда АТФ-тың 40 молекуласы түзіледі. Реакцияның басында 2 моль АТФ жұмсалғандықтан, оның таза шығымы 38 моль болады. Бұл АТФ синтезіне жұмсалатын энергияның ең жоғарғы мөлшері, ал іс жүзінде 38 моль АТФ-тың орнына 25 моль ғана АТФ түзіледі.

Глюкозаны ПЖҚ-на дейін ыдырататын 10 фермент цитозольде орналасқан, ал қалғандары митохондрийде орналасады. Міне, осы 10 реакцияның ішінде НАДН·Н<sup>+</sup> түзілуін қамтамасыз ететін - 3-фосфоглицеральдегидтің дегидрогеназасы қатысатын реакция. Бұл реакция нәтижесінде түзілген НАДН·Н<sup>+</sup> сутек атомдарын тыныс алу тізбегіне өз бетімен жеткізе алмайды (себебі: митохондрийдің мембранасы НАДН·Н<sup>+</sup> өткізбейді) (13-кесте). Сондықтан осы протондар мен электрондардың митохондрийге өтуі арнаулы ілмектік механизмдер арқылы жүргізіледі. Бұл механизмдер бойынша НАДН·Н<sup>+</sup> цитозольдегі кейбір заттарды

тотықсыздандырады, ал бұл заттар митохондрийге өтіп, ондағы НАД<sup>+</sup> -ты тотықсыздандырады, сонан соң өздері цитозольге қайтадан орала алады. Глюкозаның аэробты жолмен ыдырауы барлық мүшелер мен ұлпаларды АТФ-пен қамтамасыз етеді. Әсіресе, ми жасушалары глюкозаның аэробты жолмен ыдырауына тәуелді болады. Себебі тәулігіне 100 г глюкоза тек қана мидың жұмысына қажет екен.

### 9.2.2. Глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауы

Глюкозаның гликолиз жолымен ыдырауынан басқа, жасушаға қажетті заттар түзетін тағы басқа жолдары бар. Солардың бірі - пентозофосфаттық жолмен ыдырау. Глюкоза осы жолмен ыдырағанда 2 ерекше зат түзіледі, олар: НАДФН·Н<sup>+</sup>, рибоза-5-фосфат.

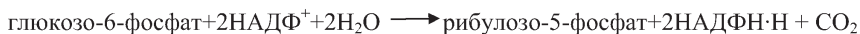
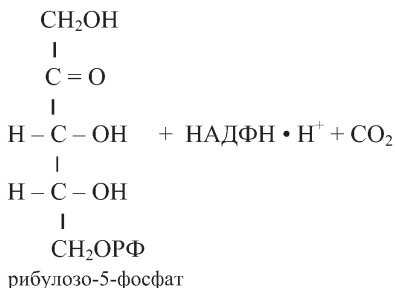
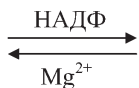
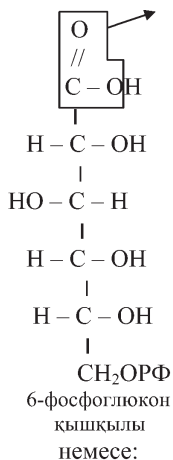
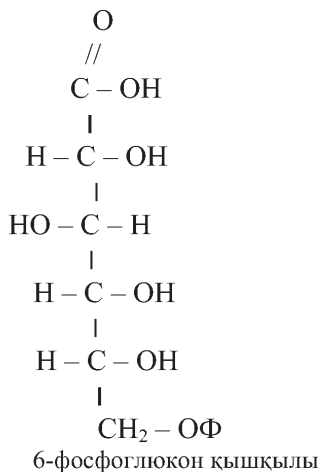
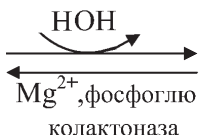
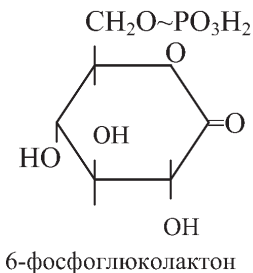
НАДФН·Н<sup>+</sup> - химиялық энергияның тасымалдаушысы болып табылады және де ол энергияны өзінің тотықсыздандырығыш қабілеті арқылы жеткізеді. НАДФН·Н<sup>+</sup>-тың бұл функциясы, әсіресе, стероидтардың және май қышқылдарының биосинтезі жүретін ұлпаларда, сүт бездерінде, бауырда, бүйрек үсті қабаттарында өте маңызды орын алады. Рибозо-5-фосфаттың түзілуі нуклеин қышқылдарының синтезі, көптеген коферменттердің түзілуі үшін маңызды орын алады. Глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауына қатысатын ферменттер цитозольде орналасқан.

Глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауының бірінші реакциясы глюкозо-6-фосфаттың 6-фосфоглюконолактонға дейін дегидрленуі. Бұл реакцияның ферменті глюкоза-6-фосфат-дегидрогеназа.

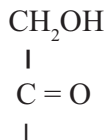
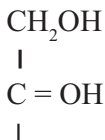
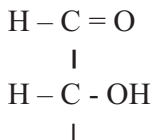


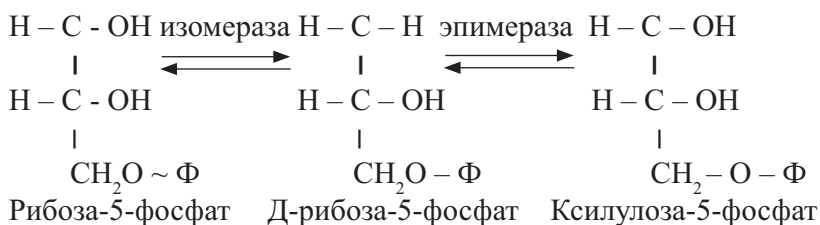
2) Екінші реакция - 6-фосфоглюконолактонның гидролизденуі. Бұл реакцияның ферменті - лактоназа.

1) Үшінші реакция - 6-фосфоглюкон қышқылының декарбоксилденуі. Бұл реакцияның ферменті - 6-фосфоглюконат-дегидрогеназа. Глюкозо-6-фосфаттың тотығуы осы реакциямен бітеді.

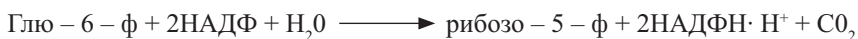


Төртінші-бесінші реакциялар - рибулозо-5-фосфаттың изомераза ферменттерінің әсерімен рибозо-5-фосфатқа айналуы немесе эпимераза ферментінің әсерінен ксилулоза-5-фосфаттың пайда болуы.





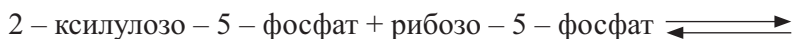
Осы реакциялар нәтижесінде түзілген D-рибозо-5-фосфат рибонуклеотидтер мен дезоксирибонуклеотидтердің биосинтезіне өте қажет зат болып табылады. Кейбір жасушаларда глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауы осымен аяқталады. Бұл процестің жалпы теңдеуін төмендегідей түрде көрсетуге болады:



Алтыншы реакция транскетолаза ферментінің қатысында төртінші және бесінші реакция өнімдерінің арасында жүреді. Транскетолаза ферментінің кофакторы – тиаминпирофосфат (ТПФ) және екі валентті металдардың иондары. Реакция нәтижесінде седогептулозо-7-фосфат және глицеральдегид-3-фосфат түзіледі.

7-ші реакция: тағы да транскетолаза ферментінің және тағы да бір ксилулозо-5-фосфат молекуласының қатысуымен жүріп, бұл реакцияның нәтижесінде фруктозо-6-фосфат пен 3-фосфоглицерин альдегиді түзіледі.

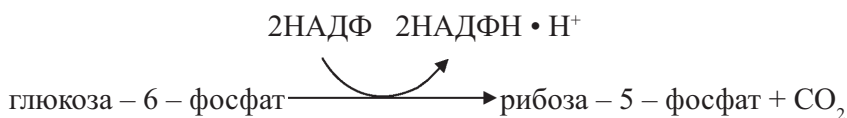
Осы екінші кезеңнің жалпы теңдеуін жазсақ:



Сонымен, НАДФН·Н<sup>+</sup> көп қажет болғанда НАДФН·Н<sup>+</sup>-пен қатар түзілетін рибозо-5-фосфат, гликолиздің аралық заттары фруктозо 6-фосфатпен глицеральдегид-3-фосфатқа айналады. Жасушадағы глюкоза-6-фосфаттың тағдыры НАДФН·Н<sup>+</sup>-тың, рибозо-5-фосфаттың, АТФ-тың қажеттілігіне тәуелді болады. Бұл әртүрлі жағдайда болуы мүмкін.

I жағдай: Жасушада рибозо-5-фосфаттың қажеттілігі НАДФН·Н<sup>+</sup>-тың қажеттілігіне қарағанда, әлдеқайда басым. Мұндай жағдайда глюкоза-6-фосфаттың біраз мөлшері гликолиз жолымен фруктозо-6-фосфатқа және глицеральдегид-3-фосфатқа айналады. Сонан соң фруктозо-6-фосфаттың 2 молекуласымен глицеральдегид-3-фосфаттың бір молекуласы трансальдолаза және транскетолаза ферменттерінің қатысуымен рибозо-5-фосфаттың үш молекуласын түзеді.

II жағдай: НАДФН·Н<sup>+</sup> пен рибозо-5-фосфаттың жасушада қажеттілігі бірдей болуы мүмкін. Бұл кезде глюкоза-6-фосфаттың бір молекуласынан рибозо-5-фосфаттың бір молекуласы және НАДФН·Н<sup>+</sup> екі молекуласы түзілетін глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауының бірінші кезеңі басымырақ жүреді.



III жағдай: НАДФН·Н<sup>+</sup>-тың жасушаға қажеттілігі рибозо-5-фосфатқа қарағанда әлдеқайда басым. Бұл жағдайда үш түрлі реакцияның белсенділігі байқалады.

- Пентозофосфаттық жолдың бірінші тотығу кезеңі, бұл кезеңде екі НАДФН·Н<sup>+</sup> және бір рибозо-5-фосфат түзіледі.

- Рибозо-5-фосфаттың фруктозо-6-фосфат пен глицеральдегид-3-фосфатқа айналдыратын транскетолазалық және трансальдолазалық реакциялар.

- Фруктозо-6-фосфатпен глицеральдегид-3-фосфаттың глюкоза-6-фосфатқа айналуын жүргізетін реакциялар.

Глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауы кезінде басқа синтездік реакцияларға қажетті НАДФН·Н<sup>+</sup> және рибозо-5-фосфат сияқты заттар түзіліп, бұл процестің екі жақты, яғни амфиболиттік рөлін байқатады.

1. Осы жолмен түзілген кейбір заттардың гликолизге қатысу нәтижесінде энергия түзіліп, бұл жолдың энергетикалық рөлін сипаттайды.

2. НАДФН·Н<sup>+</sup> және рибозо-5-фосфат басқа заттардың синтезіне қатысып, бұл жолдың синтездік рөлін көрсетеді:

- улы заттар мен дәрі-дәрмектерді залалсыздандыруға қатысады;

- май қышқылдарының синтезі мен қор заты және құрылымдық майлардың синтезіне қатысады;

- холестерин, өт қышқылдары, стероидты гормондардың, D витаминінің синтезіне қажет;

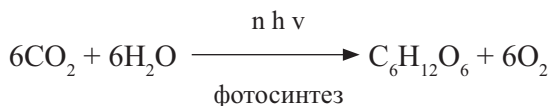
- аммиакты залалсыздандыру реакцияларына қажет.

Рибозо-5-фосфат гистидиннің, нуклеозидтердің, нуклеотидтердің, нуклеотидтік коферменттердің, ДНҚ және РНҚ синтезіне, олигонуклеотидтердің синтезіне түседі.

### 9.3. Көмірсулар анаболизмі. Фотосинтез

Жер планетасында энергияның алғашқы қайнар көзі – күн. Жер бетіне түсетін күн сәулесінің диапозоны 400 нм-ден 700 нм аралығы.

Жасыл өсімдіктер, балдырлар, цианобактериялар су мен көмір қышқыл газынан, күннің қуатының арқасында көмірсулар түзеді. Ол процесс фотосинтез деп аталады.



Фотосинтез мәтіні:

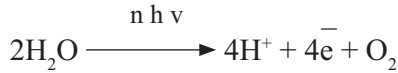
1. Энергиясы төмен көміртек қосылысының тотыққан түрі күн сәулесінің квант энергиясының әсерінен жоғары энергиялы көміртектің тотықсызданған қосылысына айналады. Мұндай қосылыстарды адам мен жануарлар (гетеротрофты ағзалар) көміртек және энергия көзі ретінде пайдаланады.

2. Оттек молекуласы түзіледі, бұл процесс ауадағы бос оттектің жалғыз көзі.

Фотосинтездің екі фазасы болады: жарықта жүретін фаза және қараңғыда жүретін фаза.

Жарықта жүретін фаза үш процестен тұрады:

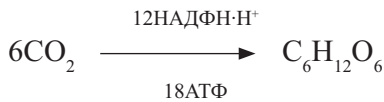
а) күн сәулесінің квант энергиясының әсерінен су молекуласының ыдырауы:



ә) түзілген электрондар энергиясы өте жоғары, ол энергия АДФ-тың фосфорилденіп АТФ-ке айналу реакциясына жұмсалады.

б) электрондар энергиясының бір жартысы НАДФ<sup>+</sup>-ты тотықсыздандыру реакциясына жұмсалады.

Қараңғыда жүретін процесс көмір қышқыл газының (CO<sub>2</sub>) көмірсуларға айналуы:



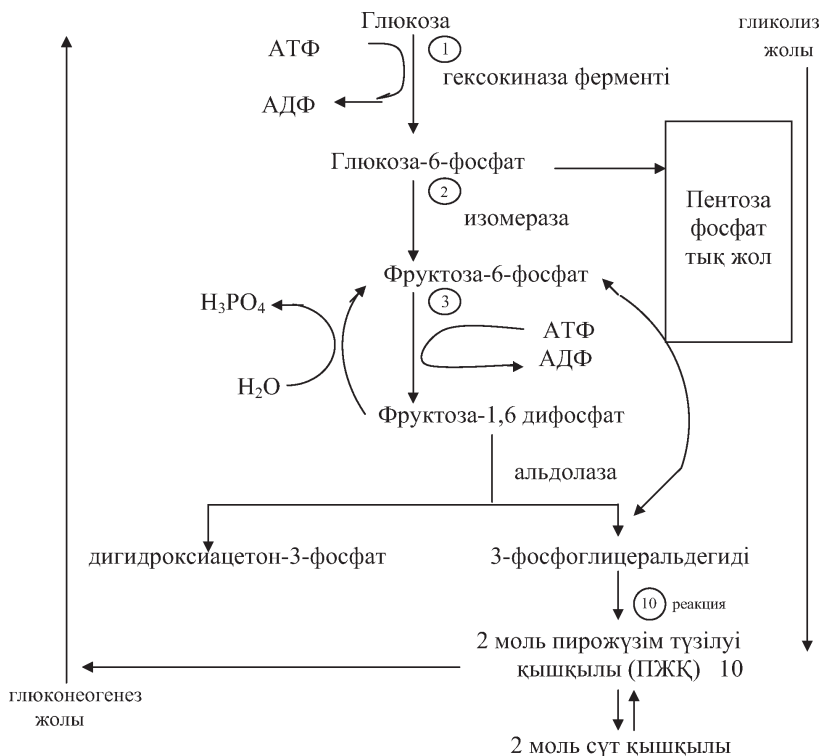
Демек НАДФН және АТФ жарықта жүретін реакциялар нәтижесінде пайда болады да қараңғыдағы фазада CO<sub>2</sub>-ден глюкозаны синтездеуге жұмсалады.

*Глюкоза биосинтезі.* Жасыл өсімдіктер әлемінде глюкоза фотосинтез процесі кезінде көміртек диоксидінің тотықсыздануы нәтижесінде түзіледі. Жануарлар ағзасында глюкоза синтезі үздіксіз жүреді. Синтезге қажетті заттар: 1) пируват немесе лактат; 2) кейбір амин қышқылдары; 3) катаболизм процесі кезінде пируватқа айналатын кез келген қосылыс.

Глюкозаның көмірсуларға жатпайтын заттардан синтезделуі глюконеогенез деп аталады. Глюкоза катаболизмінің негізінде екі пируват молекуласы түзіледі, осы пируваттан глюкозаның түзілуі глюконеогенездің басты жолы болып табылады (34-сурет).

Демек глюконеогенез – кері бағытта жүретін гликолиз. Бірақ гликолиздің (1), (3), (10) реакциялары қайтымсыз, сондықтан глюконеогенез кезінде бұл реакциялар орнына басқа реакциялар жүреді, оларды катализдейтін ферменттері де басқа: пируват-карбоксилаза, фосфоеноилпируваткарбокси - киназа, фруктозо-1,6-дифосфатаза және глюкозо-6-фосфатаза. Аталған 4 фермент бауырда орналасады, гликолиз процесіне қатыспайды, глюконеогенез реакцияларын ғана катализдейді. Сондықтан глюко-

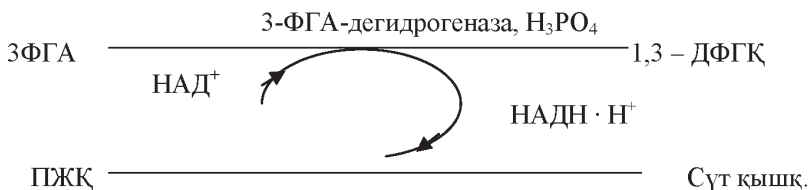


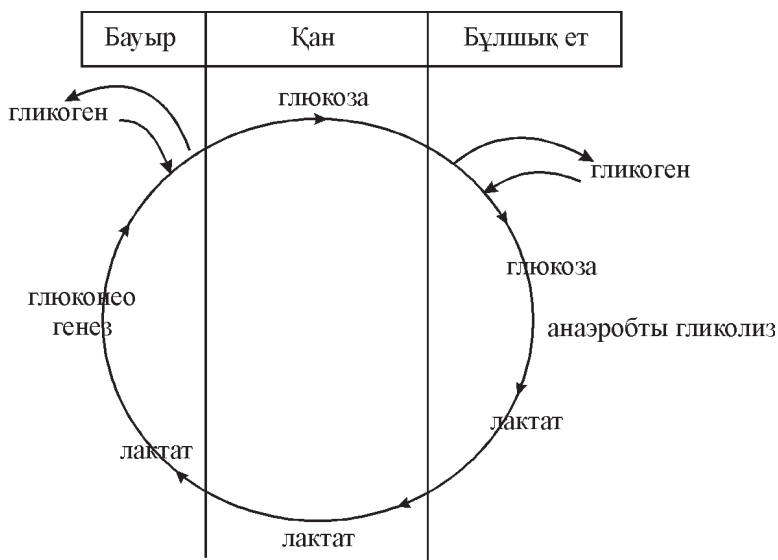


34-сурет. Гликолиз реакциялары

неогенез негізінен бауырда өтеді, аз мөлшерде ғана бүйрек үсті бездерінің миы қабатында жүреді.

Жоғарыда айтқандай глюконеогенез-глюкозаның көмірсуларға жатпайтын заттардан синтезделуі. Осындай заттардың бірі - сүт қышқылы. Ауыр дене еңбегінен кейін бұлшық еттерде жиналған сүт қышқылының одан әрі тағдыры қандай деген сұраққа енді жауап беруге болады. Сүт қышқылын қайтадан қолданудың бірден-бір жолы лактатдегидрогеназа ферментінің әсерінен оны қайтадан ПЖҚ-ға айналдыру, бұл процесс бауырда жүреді (35-сурет).





35-сурет.

Осыны Кори циклі немесе глюкоза-сүтқышқылдық цикл деп атайды. Осындай жолмен түзілген ПЖҚ-ның 20%-ы ацетил-КоА түрінде үш карбон қышқылдары цикліне жұмсалады, 80%-ы қайтадан глюкозаға айналады. Глюконеогенез негізінен глюकोлиз жүрген жолдармен жүреді, тек бағыты оған қарама-қарсы болады.

#### 9.4. Гликогеннің синтезделуі мен ыдырауы

Гликоген ( $(C_6H_{10}O_5)_n$ )-полисахаридтердің глюкозаға оңай айналатын қор ретінде жинақталған түрі. Гликогеннің молекуласының өте бұтақталып келуі ферменттердің әсер етуіне қолайлы жағдай жасайды, яғни бұтақталу неғұрлым көп болса, соғұрлым глюкоза оңай бөлініп шығады. Міне, сондықтан барлық молекуладағы глюкозаның 8-10% бір уақытта бөлініп шыға алады. Бұлшық еттің жұмысы кезінде АТФ-тың қажеттілігі 100-ден 1000 есеге (1 минут ішінде) артады. Сондықтан гликогеннің бұтақты құрылысы өте ыңғайлы болады. Бұлшық еттегі гликогеннің концентрациясы 1%-дық ерітіндіге тең болса, бауырда 5%-дық ерітіндіге тең, дегенмен бұлшық еттің жалпы массасы, бауырдың жалпы массасына қарағанда әлдеқайда көп болғандықтан, ондағы



3. Пайда болған глюкоза-1-фосфат гликоген синтезіне қатысады, бірақ алдын ала ол УДФ-мен реакцияласады да, УДФ-глюкоза түзеді, катализдейтін фермент глюкоза-1-фосфатуридинтрансфераза (УДФГ-пирофосфорилазаның екінші аты). Бұл реакцияны ашқан аргентин биохимигі Л. Лелуар Нобель сыйлығын алды.

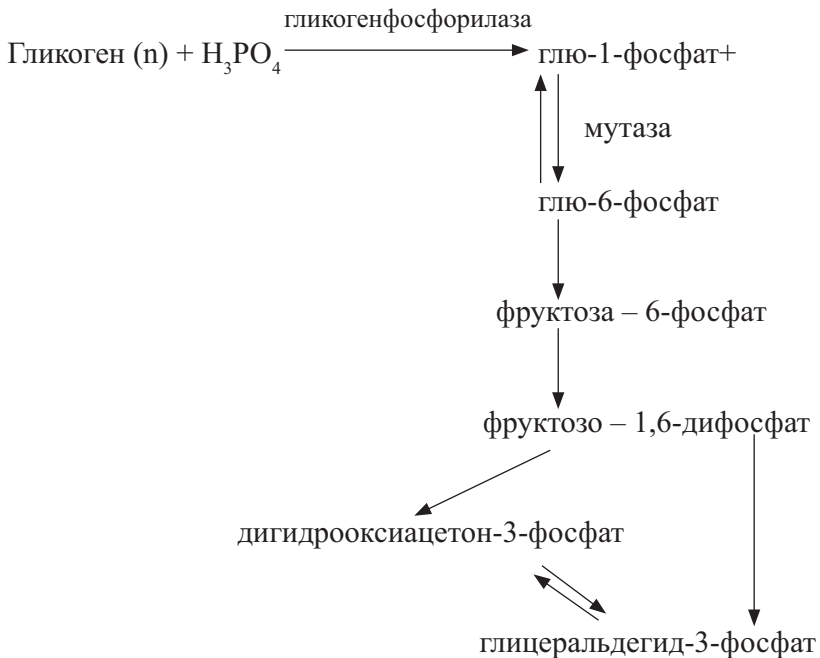
4. Гликогеннің түзілуі. УДФ-глюкозадан глюкоза қалдығы гликоген молекуласына ауысады. Катализдейтін фермент гликогенсинтаза.

Өсімдіктерде крахмал синтезінде глюкозил тобының доноры УДФ емес, АДФ-D-глюкоза болады.

**Гликогеннің ыдырауы.** Гликолиз гликогеннен басталса, процесс гликогенолиз деп аталады.

Глюкозаның қандағы концентрациясының сәл болса да төмендеуі немесе бұлшықеттердің активті жұмыс істеуі бауырдағы гликогеннің ыдырауына себеп болады. Гликогеннің ыдырауына қатысатын бірінші және ең маңызды фермент гликогенфосфоорилаза.

Гликогеннің ыдырау реакцияларының схемасын төмендегідей етіп көрсетуге болады:



## ***I. «Тізбекті» тестті орындаңыз:***

1.1. Аэробты гликолизде субстратты фосфорилдеу реакциясын катализдейтін фермент:

- А) глюкокиназа
- Ә) фосфофруктокиназа
- Б) фосфотриизомераза
- В) пируваткиназа
- Г) изомераза

1.2. Бұл фермент мына реакцияға қатысады:

- А) пируват ↔ лактат
- Ә) фосфоенолпируват → пируват
- Б) α-фосфоглицерат ↔ фосфоенолпируват
- В) пируват → ацетил-КоА
- Г) лактат-ацетил-КоА

1.3. Осы реакцияның өнімі төменде көрсетілген ферменттің субстраты болады:

- А) лактатдегидрогеназа
- Ә) пируватдегидрогеназды ферменттер жиынтығы
- Б) пируваткиназа
- В) альдолаза
- Г) гликокиназа

1.4. Реакция нәтижесінде түзіледі:

- А) лактат
- Ә) оксалоацетат
- Б) ацетилКоА
- В) глицеральдегидфосфат
- Г) пируват

1.5. Бұл затты пайдаланады:

- А) гликолизде
- Ә) гликоген синтезінде
- Б) глюкоза синтезінде
- В) үш карбон қышқылы циклінде (ҮКЦ)
- Г) глюконеогенезде

## ***II. «Тізбекті» тапсырманы орындаңыз:***

2.1. Ұзақ мерзімді аштықтан кейін қанда мына заттың концентрациясы өседі:

- А) глюкоза
- Ә) инсулин

- Б) глюкогон
- В) пируват
- Г) гликоген

2.2. Бауырда бұл зат аралық өнім арқылы әсер етеді:

- А) каталитикалық рецептор арқылы
- Ә) ядролық рецептор арқылы
- Б) мембраналық рецептор арқылы
- В)  $\alpha$ -рецептор арқылы
- Г)  $\beta$ -рецептор арқылы

2.3. Рецептормен әрекеттесуі нәтижесінде:

- А) протеинкиназа - С-ның активтілігі төмендейді
- Ә) протеинкиназа - А-ның активтілігі өседі
- Б) фосфолипазаның активтілігі артады
- В) протеинкиназа - А-ның қызметі тежеледі
- Г) фосфолипазаның активтілігі тежеледі

2.4. Бұл фермент активтілігінің өзгеруі:

- А) субстратты фосфорилдеу реакциясын тездетеді
- Ә) бифункционалды ферменттің фосфорилдену реакция жылдамдығын өсіреді
- Б) 2,6-фруктозо-бифосфаттың дефосфорилдену реакциясын тездетеді
- В) фруктозо-6-фосфаттың түзілуін катализдейді
- Г) фруктозо-6-фосфаттың түзілуін тежейді

2.5. Реакция нәтижесінде:

- А) пируваткиназа активтелінеді
- Ә) глюкокиназаның активтілігі өседі
- Б) бифункционалды фермент киназалық активтік білдіреді
- В) бифункционалды фермент дефосфорилдеу реакциясын катализдейді
- Г) бифункционалды фермент қызметі тежеледі

2.6. Бұл процесс нәтижесінде мөлшері төмендейді:

- А) ацетил-КоА
- Ә) глюкозаның
- Б) фруктоза – 2,6-дифосфаттың
- В) фруктозо-1,6-дифосфаттың
- Г) гликогеннің

### *Тест тапсырмалары*

**1. Аэробты гликолиз кезінде түзілетін ПЖҚ-ның тағдыры:**

- А) лактатқа дейін тотықсызданады
- Ә) ағзадан бөлінеді
- Б) митохондрияға түсіп, тотыға декарбоксилденеді
- В) митохондрияға түсіп, лактатқа тотықсызданады
- Г) этил спиртке айналады

**2. Қуаттың (энергияның) ең көп мөлшері бөлінетін реакция:**

- А) гликолиз
- Ә) глюкозаның аэробты ыдырауы
- Б) креатинкиназды
- В) миокиназды
- Г) глюкозаның анаэробты ыдырауы

**3. Глюкоза пирожүзім қышқылына дейін тотыққанда түзілетін АТФ саны:**

- А) 12
- Ә) 6
- Б) 24
- В) 38
- Г) 16

**4. Фотосинтездің жарық сатысының жанама өнімі:**

- А)  $H_2O$
- Ә)  $CO_2$
- Б)  $O_2$
- В) АТФ
- Г)  $НАДФН \cdot H^+$

**5. Тыныс алу процесінің фотосинтезден ерекшелігі :**

- А) тыныс алу процесінде органикалық зат ыдырап, ондағы энергия босап шығады.
- Ә) органикалық зат түзіліп, онда энергия қоры жиналады.
- Б) тыныс алу процесінде органикалық зат ыдырамайды да, энергия шықпайды.
- В) органикалық зат түзілмейді де, энергия қоры жиналмайды.
- Г) тыныс алу процесінің фотосинтезден ерекшелігі жоқ.

**6. Глюкозаның бір молекуласы синтезделу үшін фотосинтездің қараңғы кезеңінде жұмсалатын АТФ саны:**

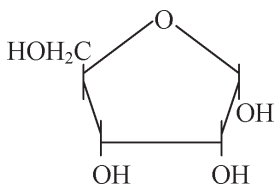
- А) 3

- Ә) 6
- Б) 12
- В) 18
- Г) 20

**7. Гетерополисахаридтер өкілдері:**

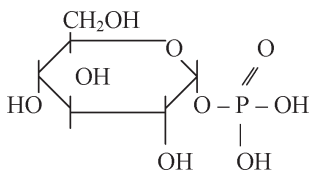
- А) гепарин
- Ә) арабиноза
- Б) сахароза
- В) гликоген
- Г) гиалурон қышқылы

**8. Көмірсудың атауы:**



- А)  $\alpha$  - рибофураноза
- Ә)  $\beta$  - рибофураноза
- Б)  $\alpha$  - фруктофураноза
- В)  $\beta$  - галактопираноза
- Г)  $\alpha$  - глюкопираноза

**9. Көмірсудың атауы:**



- А)  $\alpha$ -фруктозо-6-фосфат
- Ә)  $\alpha$ -фруктозо-1-фосфат
- Б)  $\alpha$ -глюкозо-6-фосфат
- В)  $\alpha$ -глюкозо-1-фосфат
- Г)  $\alpha$ -глюкозо-5-фосфат

**10. Гликолиз процесі кезінде АТФ төмендегі заттар түзілу реакцияларында жұмсалады:**

- А) фруктоза-6-фосфат
- Ә) глюкоза -6-фосфат



- Б) фруктоза-1,6-дифосфат
- В) 3-фосфоглицеральдегид
- Г) 3-фосфоглицерат

**11. Сәйкестікті тап.**

**Фермент**

- 1) гексокиназа
- 2) гликогенфосфоорилаза
- 3) альдолаз

**катализдейтін реакция**

- А) фруктоза-1,6фосфаттың триозаға ыдырауы
- Ә) гликоген молекуласындағы  $\alpha$ -1,4-байланыстарының ыдырауы
- Б) глюкозаның фосфорилдену реакциясы

**12. Асқорыту жолында гликоген мен крахмалдың реакциясын катализдейтін фермент:**

- А)  $\beta$  – амилаза
- Ә)  $\alpha$  – амилаза
- Б)  $\alpha$  – амилаза, мальтаза
- В)  $\gamma$  – амилаза
- Г)  $\beta$  – амилаза, мальтаза

**13. Гликоген биосинтезін катализдейтін ферменттер:**

- А)  $\alpha$ -1,6-глюкозидаза
- Ә) гликогенфосфоорилаза
- Б) гликогенсинтетаза
- В) фосфоглюкомутаза
- Г) глюкозилтрансфераза

## Х. ЛИПИДТЕРДІҢ АЛМАСУЫ

### 10.1. Липидтер туралы жалпы түсінік

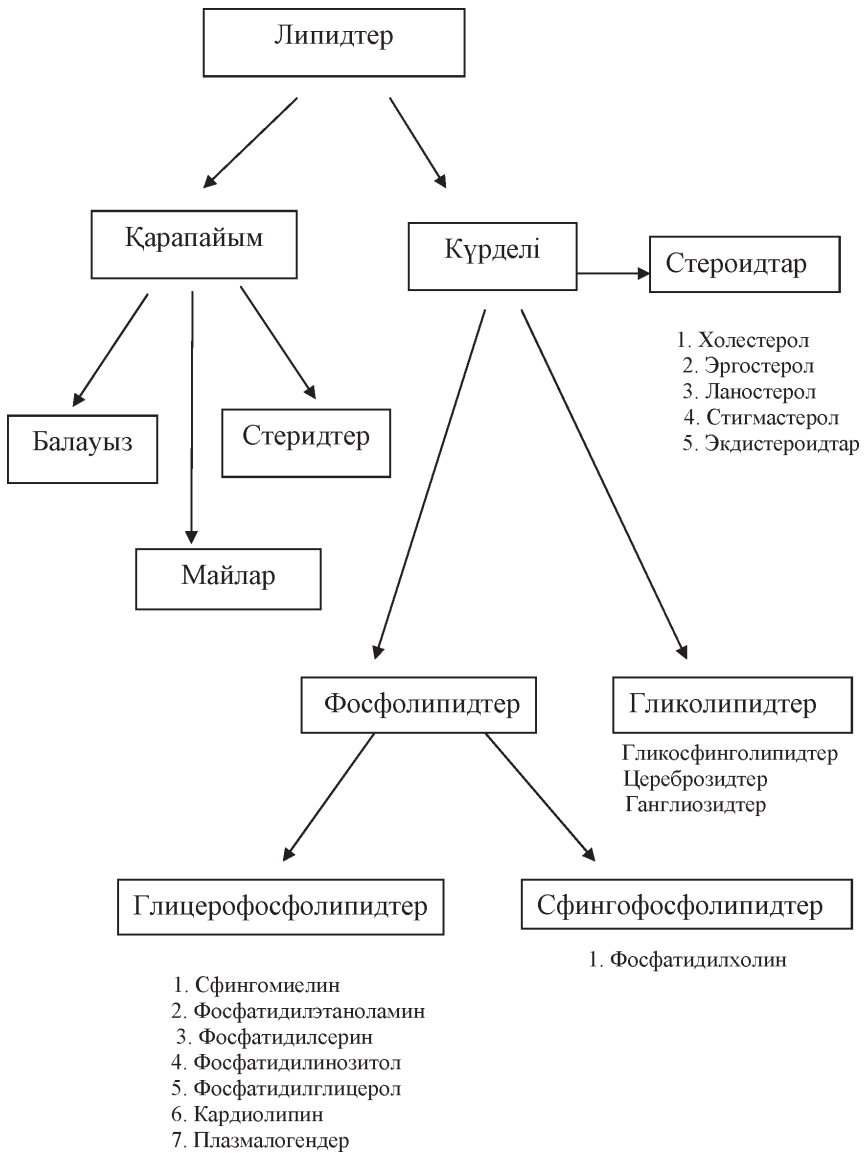
Химиялық табиғаты әртүрлі майлар және майларға ұқсас заттар липидтер деп аталады. Протоплазманың, вакуоляның, пластидтердің, ядро мен басқа да органеллалардың сыртқы бетін жауып тұратын мембраналар, сондай-ақ хлоропластар мен митохондриялардағы барлық пластина тәрізді құрылымдар екі компоненттен тұрады, оның біреуі липид болып табылады. Белоктар мен қосыла келе, липидтер күрделі белоктар – липопротеидтер түзеді. Липопротеидтердің осы комплексі жасуша мембранасын түзеді. Липид – гректің *Lipos* – май деген сөзінен шыққан. Липидтер барлық тірі жасушаларда кездеседі және тіршілікке орайлас бірнеше маңызды қызметтер атқарады:

1. құрылымдық (белокпен бірге мембрана құрамына кіріп, оның жартылай өткізгіштігін қамтамасыз етеді);
2. регуляторлық (кейбір гормондардың липидтік табиғаты болады);
3. қорғаныш (жылуды сақтайды, ішкі мүшелерді қорғайды, тері астындағы май созылғыштығын қамтамасыз етеді);
4. жануарлар ағзасы үшін су көзі;
5. энергия қорының бір түрі (1 г май тотыққанда 39 кДж немесе 9,5 ккал энергия бөлінеді) және тірі ағза үшін көміртегі атомдарын беруші.

Липидтер құрамына, құрылысына және ағзада атқаратын рөліне қарай жіктеледі (36-сурет):

Майлар көп немесе аз мөлшерде өсімдіктердің барлық жасушаларында дерлік түзіледі. Өсімдіктердің басым көпшілігі, атап айтқанда, жоғары сатыдағы өсімдіктер тұқымдастарының 88 пайызы тұқымына қор заты ретінде май жинайды. Майлар вегетативтік ағзаларда да түзіледі, бірақ ол мұнда аз болады.

Химиялық құрамы бойынша майлар глицерин мен үлкен молекулалы май қышқылдарының эфиірі болып табылады. Майлардың құрамынан:



36-сурет. Липидтердің жіктелуі

Пальмитин –  $(C_{16}) CH_3(CH_2)_{14} COOH$ ,

Стеарин –  $(C_{18}) CH_3(CH_2)_{16} COOH$ ,

Олеин –  $(C_{18}) CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ ,

Линол –  $(C_{18}) CH_3(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7-COON$ ,  
 Линолен –  $(C_{18}) CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH-(CH_2)_7COON$   
 Арахидон –  $(C_{20}) CH_3(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-$   
 $-CH_2-CH=CH-(CH_2)_3-COON$

қышқылдарын жиі кездестіруге болады. Майлардың құрамына кіретін май қышқылдарының жұп санды көміртек атомдары бар тармақталған тізбектер кездеседі. Тармақталған немесе тақ санды көміртек атомдары бар май қышқылдары өте сирек кездеседі. Сондай-ақ үш байланысты және радикалдары циклді құрылысты болып келетін май қышқылдары да сирек кездеседі.

Май қышқылдары қаныққан (пальмитин, стеарин) және қанықпаған (олеин, линол, линолен) май қышқылдары болып бөлінеді. Майлардың қасиеттері май қышқылдарының сапалық құрамына байланысты.

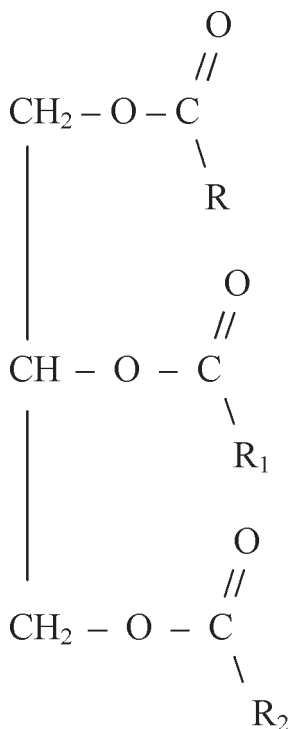
Қанықпаған май қышқылдары цис-изомер түрінде кездеседі, ал транс-изомерия түрі өте сирек. Қанықпаған май қышқылдары қалыпты температурада сұйық күйде болады. Линол, линолен, арахидон қышқылдары жануарлар мен адам ағзасында синтезделмейді, олар ағзаға тек тағам арқылы енеді, бұларды ауыстырылмайтын май қышқылдары деп атап, F витамин комплексі тобына біріктіреді.

Қарапайым липидтер. Бұлар негізінен екі компонентті заттардан, яғни жоғары май қышқылының күрделі эфирі – глицериннен және бір компонентті заттар: бос түріндегі жоғары қышқылдардан не полициклді спирттерден тұрады. Мұндай липидтерге майлар (триглицеридтер) – жоғарғы май қышқылдары мен үш атомды спирт глицериннің күрделі эфирлері жатады.

Қарапайым липидтер тобына негізінен кәдімгі майлар жатады, оларды бейтарап майлар немесе глицеридтер деп атайды. Бұл нейтралды майлар, олардың негізгі құрамы – глицериннің күрделі эфирі мен жоғары май қышқылдарынан тұрады. Липоидтар тобына жататын заттар адам, жануарлар мен өсімдіктер ағзасында, майлардың химиялық құрамына тәуелсіз болады.

Қарапайым липидтер өте ертеден белгілі зат, оны адам баласы құрылысы белгісіз бола тұрса да, ертеде-ақ әртүрлі қажеттілігіне қолдана білген. Мысалы, ас үшін, майлау, жарық үшін пайдаланған. Кейін XVIII және XIX ғасырларда оның құрылысы

ашыла басталды. 1828 жылы Шеврель деген оқымысты қарапайым липидтер гидролизденгенде глицериннен басқа да органикалық қышқылдардың қатарын беретінін ашып, ол қарапайым липидтердің құрамына кіретін маңызды қышқылдарының құрылысын зерттеп, оларға ат берді: стеарин, пальмитин, олеин. Бертін келе Бертло қарапайым липидтерді синтездеді. Бутлеров көмірсутектерді синтездеуде қандай жетістікке жетсе, оның еңбегі де дәл сондай болды. Қарапайым липидтердің жалпы формуласы:



Мұндағы R, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> – әртүрлі май қышқылдарының келіп жалғанатын радикалдарының орны.

Қарапайым липидтер суда ерімейді, органикалық еріткіштерде жақсы ериді. Қарапайым липидтер бір-бірінен иісі, түсі, қаттылығы жағынан әртүрлі болады, қарапайым липидтердің әртүрлілігі өсімдіктердің, жануарлардың түріне, тұқымдарына, қорек заттарына, өмір сүретін ортасына байланысты болады. Қарапайым липидтердің құрамына кіретін органикалық қышқылдардың

қаныққан-қанықпағанына байланысты қарапайым липидтер қатты және сұйық күйде кездеседі. Өсімдікте қарапайым липидтер түзілетін негізгі заттар – көмірсулар, олардың ішінде, глюкоза мен фруктоза. Кейбір микроағзалар пентозалардан қарапайым липидтерді синтездейді. Қарапайым липидтердің синтезі тұқым мен жемістің жетілген кезінде қарқынды жүреді. Ағзада қарапайым липидтердің мөлшері көбейгенде, көмірсулардың мөлшері азаяды. Жас жаңғақ жемісінде 3% май, 21% крахмал болады, ал жетілген жаңғақ жемісінде 62% май, 2,6% крахмал кездеседі.

Қарапайым липидтер молекуласындағы қышқылдарының санына байланысты моно-, ди- және триглицеридтер болып бөлінеді. Егер күрделі эфир глицериннің бір гидроксилдік тобынан құралса, ол – моноглицерид, құрамына май қышқылының екі молекуласы кірсе, диглицерид түзіледі, сол сияқты егер глицериннің үш гидроксилдік тобының үшеуі де этерленсе, онда триглицерид құралады. Табиғи майларда негізінен триглицеридтер ғана кездеседі.

Қарапайым липидтер немесе майлар екі топқа бөлінеді: балауыз және стеролдар мен стеридтер.

Балауыз дегеніміз - әдеттегі температурада қатты, май тәрізді зат. Бұл май қышқылдары мен үлкен молекулалы бір атомды спирттердің күрделі эфирлері. Балауыз өсімдіктердің жапырағын, сабағы мен жемістерін жұқа қабатпен жауып тұрады және қорғаныш қызметін атқарады. Балауыз су құстарына, жануарларға қажет, ол құстардың қауырсынына, жануарлардың терісіне су жұқпайтын қасиетті береді. Балауыз түрлері: ара балауызы, ланоллин, спермацет, карнаубы балауызы, монтанин балауызы т.б.

Стеридтер немесе бейтарап липидтер табиғатта көп таралған. Стеридтер жоғары май қышқылдар мен полициклдік спирттердің (стеролдар) күрделі эфирлері.

Стеридтер табиғатта кең тараған органикалық қосылыстар, олардың құрылысының негізі циклді көмірсутек – циклопентанпергидрофенантрен немесе стерин болып табылады.

Стеридтерге биологиялық маңызы зор бірнеше қосылыстар жатады:

- стероидтар немесе стериндер;

- Д тобының витаминдері;
- жыныс гормондары;
- бүйрек үсті бездерінің гормондары;
- өсімдік сапониндері мен алколоидтар;
- өт қышқылдары;
- кейбір улы заттар;

Стеридтердің құрамында  $X = -OH$ ,  $-OR^1$  және басқа да органикалық заттар кездеседі. Стеридтерге холестерин, жүрек гликозидтері, гормондар т.б. заттар жатады. Холестерин – бір атомды, қанықпаған циклді спирт, құрамында 27 көміртегі атомы бар. Адам ағзасында холестериннің 1/3 бөлімі бос күйінде болса, 2/3 эфир күйінде кездеседі.

Мал ағзасында холестерол және стеридтер (холестеридтер) таралған, сол сияқты 7-дегидрохолестерол кездеседі. Стеридтер құрамына көбінесе стеарин, пальмитин немесе олеин қышқылдары кіреді.

Холестерол - мал және адамдағы барлық стероидты гормондардың алғы заты. Бұдан өт қышқылдары түзіледі, ондай қышқылдар майлардың қорытылуына және ағзаға сіңуіне қатысады. Холестеролдың әлсіз амфипатиялық қасиеттері бар және ол жануарлар жасушасы мембранасының негізгі бөлігі. Мысалы, сүтқоректі жануарлар эритроциттеріндегі барлық липидтердің 40-60%-ы холестерол. Жүйке ұлпаларында, өт тастарында холестерол көп.

1. Жасуша биомембранасының аққыштығын, тұтқырлығын қамтамасыз ететін маңызды бір құрамды бөлігі.

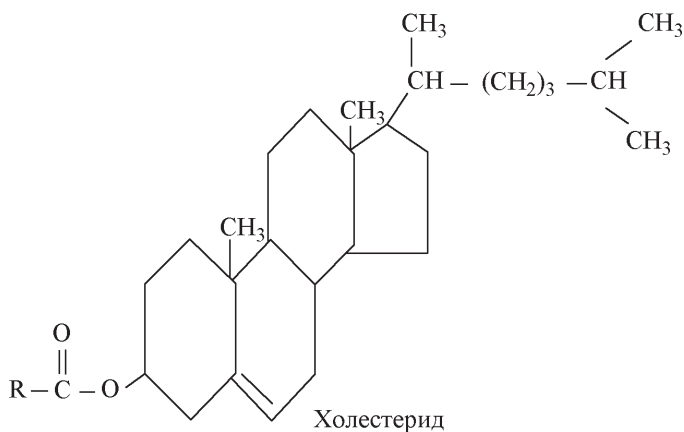
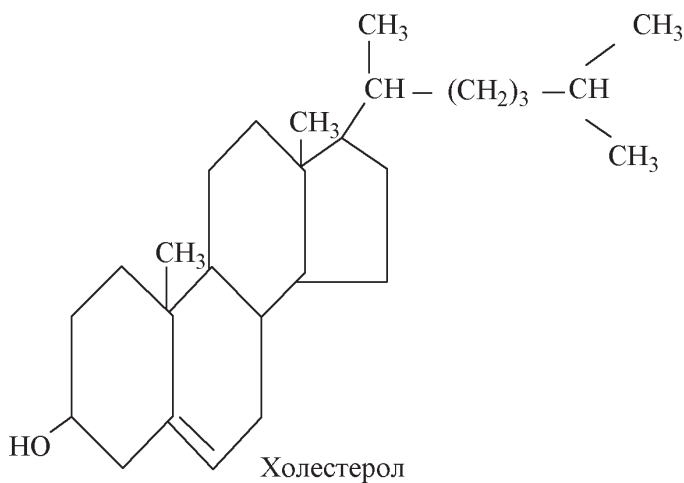
2. Көптеген гормондар, өт қышқылдары, Д витаминін құраушы витамин топтары осы холестериннен синтезделеді.

3. Атеросклероз және осы науқаспен тығыз байланысты инфаркт, инсульт сияқты жүрек аурулары да холестериннің адам ағзасындағы айналымымен, оның өзгеруімен тығыз байланысты.

Холестериннің ағзаға түсуі екі жолмен жүреді.

1. Экзогенді холестерин – тағаммен түседі (ет, икра, май, жұмыртқаның сары уызы).

2. Эндогенді холестерин – бауырда, аздаған мөлшерде теріде, ішекте синтезделеді.



Ағзада барлығы 150 г жуық холестерин болса, оның 10%-ы қанда, 90%-ы мембранада болады.

Адам қанында холестериннің мөлшері 130–250 мг % аралығында болады, ол адамның жасына байланысты.

Холестеролдың күрделі эфирлері холестеридтер деп аталады. Стеридтер липоидты қосылыстардың маңызды тобын құрайды. Стеридтердің фосфатидтерден айырмашылығы - олар май қышқылдары мен стериндердің күрделі эфирлері.

Стериндер – циклді спирттер циклопентанпергидрофенант-реннің туындысы.

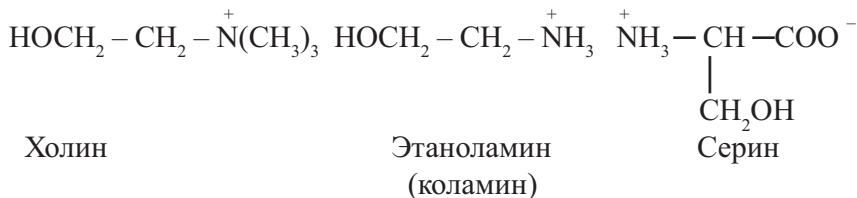
Стериндер жануарлар мен өсімдіктер әлемінде кеңінен



таралған. Стериндер бос түрде және май қышқылының күрделі эфиірі түрінде кездеседі. Сиыр майы, шошқа майындағы және адам эритроциттерінің құрамындағы стериндер бос күйінде кездеседі.

*Күрделі липидтер.* Күрделі липидтер фосфолипидтер, гликолипидтер болып бөлінеді, олар көп компонентті молекулалардан тұрады. Бұл компоненттер бір-бірімен түрлі химиялық типтегі байланыстармен қосылысады.

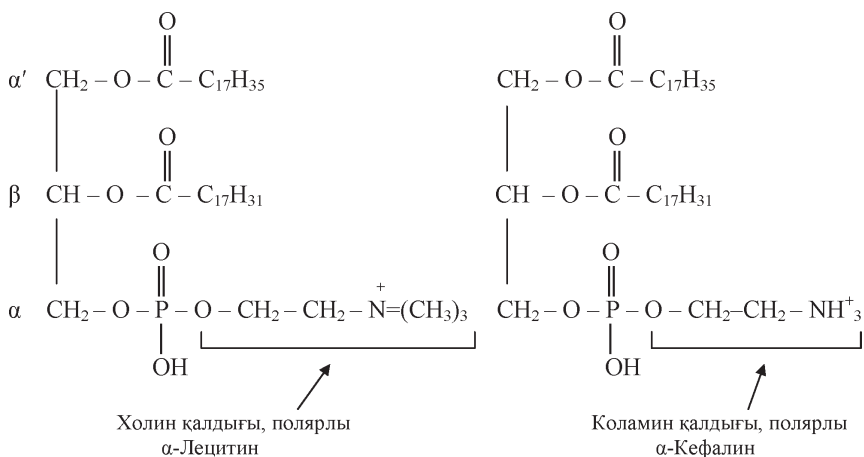
**Фосфолипидтер.** Күрделі липидтер ішінде, әсіресе, көп таралғаны - фосфолипидтер. Барлық фосфолипидтер құрамында фосфор қышқылы қалдығы болады. Олар майға жақын, глицериннің екі гидроксилдік тобы - май қышқылдары мен этерленген. Үшінші гидроксилдік топ фосфор қышқылының күрделі эфиірін түзеді, оған азоттық негіз қосылады. Фосфолипидтердің азоттық негіздеріне холин, этаноламин (коламин), серин жатады.



Фосфолипидтер құрамына кіретін азоттық негіздерге байланысты мынадай топтарға жіктеледі: фосфатидилхолин немесе лецитин (құрамында холин бар), фосфатидилэтанолламин немесе кефалин (құрамында этаноламин бар), фосфатидилсерин (құрамында серин бар). Бұлардың ішінде, әсіресе, маңыздылары және жиі кездесетіндері  $\alpha$ -лецитин мен  $\alpha$ -кефалин.

Фосфолипидтер құрамында әрқашан полиқанықпаған май қышқылдары болады. Жоғарыда формуласы келтірілген лецитин мен кефалин құрамында линол қышқылы бар.

Фосфолипидтер мен сфинголипидтер басқа липидтерден бір құрылымдық ерекшелігі бойынша ажыратылады. Олардың молекуласында әртүрлі екі топ бар: полярсыз гидрофобты «құйрық» және полярлы гидрофилді «бас». Лецитиннің полярлы «басы» холиннің қалдығы болады, кефалиндікі – коламин қалдығы, ал фосфатидилсериндікі – серин қалдығы.

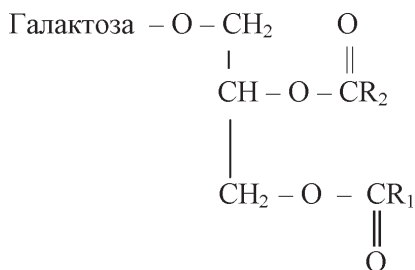


Серин қалдығы жоғарыда берілген. Фосфолипидтердің басқа қалдықтары – полярсыз гидрофобты «күйрық».

Екі түрлі табиғаты бар мұндай қосылыстар амфипатиялық немесе амфифильдік (гректің «екі жақты» және «сезім» деген сөздерінен шыққан) деп аталады.

Амфипатиялық қасиеттерінің арқасында фосфолипидтер жасуша мембранасының негізін құрайды. Фосфолипидтер денедегі барлық ұлпалардың және жасушалардың құрамына кіреді. Олар жүйке ұлпасының және мидың құрғақ массасының негізгі бөлігін құрайды. Фосфолипидтер жүрек, бауыр құрамында кездеседі. Белоктармен бірге фосфолипидтер жасуша мембранасын құрайды, жасушалардың жұмысы, тұтас ағза қызметі мембрананың зақымданбауына әсерін тигізеді.

**Гликолипидтер.** Гликолипидтер глицерин мен май қышқылының күрделі эфирі болып табылады. Бірақ фосфолипидтерге карағанда мұнда фосфор қышқылының қалдығы емес, белгілі



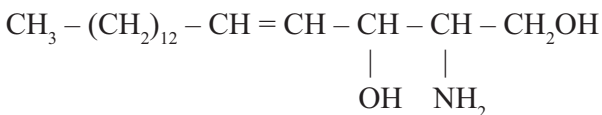
бір моносахарид болады. Моносахарид пен глицериннің арасында гликозидті байланыс бар.

Гликолипидтер өсімдіктердің жапырақтарында фосфолипидтерге қарағанда 5 есе көп болады. Олар, әсіресе, хлоропластарда көп кездеседі, гликолипидтер мұнда мембрана жүйесін құруға қатысады.

Гликолипидтердің тағы да бір туындысы – сульфолипидтерге бастама береді. Күкірт қышқылының қалдығы галактозаға қосылады. Соның нәтижесінде сульфолипидтер түзіледі. Сульфолипидтер тек қана өсімдіктер жасушасында кездеседі, ал жануарлар жасушасында сульфолипидтер болмайды. Сульфолипидтерге мидан бөлініп алынған цереброзидсульфат жатады.

**Сфинголипидтер.** Фосфолипидтермен бірге сфинголипидтер де жасуша мембранасының барлық түрінен табылған. Сфинголипидтердің фосфолипидтерден айырмасы – олардың құрамында глицерин болмайды. Сфинголипидтердің төрт тобы бар: 1) фосфосфинголипидтер; 2) цереброзидтер; 3) ганглиозидтер; 4) сульфолипидтер. Соңғы үшеуінің құрамында қант бар, олар гликолипидтер деп аталады. Барлық сфинголипидтердің негізінде сфингозин болады. Сфингозин қанықпаған аминоспирт.

Оның көміртегі тізбегі ұзын.



## 10.2. Майлардың физикалық қасиеттері

Майлардың физикалық және химиялық қасиеттері құрамындағы қышқылдарына байланысты. Мал майы 40-60% қаныққан май қышқылдарынан (негізінен, миристин, пальмитин және стеарин қышқылдары), 30-35% моноқанықпаған май қышқылдарынан тұрады. Мал майында полиқанықпаған май қышқылдары аз. Сондықтан мал майы үй температурасында қатып қалады. Жылқы майы мен қаз майында полиқанықпаған май қышқылдары көп. Сондықтан да олардың майы қатпайды.

Өсімдік майында қаныққан май қышқылдары аз (10-20%),

қанықпаған қышқылдар көп (80-90%). Қанықпаған қышқылдардың құрамы өсімдік түріне байланысты. Зәйтүн майының 79%-ы олеин қышқылынан; күнбағыс майының 75%-ы линол қышқылынан тұрады. Өсімдік майлары сұйық күйінде болады.

Триглицеридтердің иісі жоқ, бірақ төменгі молекулалы май қышқылдары (май қышқылы мен капрон қышқылы) бар триглицеридтер дәмі жағымды келеді. Бұл жағдай сүт майының және сары майдың өздеріне тән жағымды дәміне байланысты. Жоғары молекулалы май қышқылдарында иіс жоқ. Ал өзінің құрамындағы С атом тізбегінің қысқаруына байланысты жағымсыз иіс пайда бола бастайды, ондай иіс тізбегінің ұзындығы  $C_4-C_6$  болатын қышқылдарға тән.

Майлардың қасиетін сипаттау үшін бірнеше константалар немесе майлар саны қолданылады: қышқылдық саны, сабындану саны және йод саны.

Қышқылдық саны дегеніміз – 1 г майда болатын бос май қышқылдарын нейтралдау үшін жұмсалатын калий гидроксидінің массасы (мг).

Сабындану саны бұл 1 г майды гидролиздеу және барлық май қышқылдарын нейтралдау үшін жұмсалатын калий гидроксидінің массасы (мг).

Йод саны дегеніміз - 100 г маймен әрекеттесетін йодтың массасы (г). Реакция қос байланыстар бойында жүретін болғандықтан, йод саны май қышқылдарының қаншалықты қанықпағандығын анықтайды.

Майлар ұзақ уақыт ашық ауада тұрса, үлкен өзгерістерге ұшырайды. Мысалы, өсімдік майлары қанықпаған май қышқылдарына бай, олар тез тотығады. Тотығу кезінде майлардың гидролизі жүреді де, бос май қышқылдары жиналып, бұзыла бастайды, ақыры ұшқыш май қышқылдарына, альдегидтер мен кетондарға ыдырайды, бұлардың иісі, дәмі нашар болады. Майлар әртүрлі еріткіштерде түрліше ериді. Мысалы, спирт, бензин, эфир, ацетон, хлороформда ериді, ал суда араластыру арқылы май тамшыларына ажыратуға болады. Онда эмульсия түзіледі. Эмульсияның тұрақты не тұрақсыз болуы сол сұйықтықтың беттік керілуін төмендететін заттарға байланысты, яғни тұрақты

эмульсия алу үшін, ол сұйыққа үшінші бір зат – эмульгатор қосу керек. Ол екі фазаны да өзіне оңай адсорбциялауы тиіс. Эмульгаторлар беттік керілісті төмендететін – беттік активті заттар. Бұған: сода, сабын ерітіндісі, өт қышқылдары және т.б. заттар жатады. Қарапайым липидтер көмірсулар және белоктар сияқты ағзадағы зат алмасу процесіне қатысады.

Майдың азық-түлік ретіндегі бағалылығы оның балку температурасына байланысты. Майдың балку температурасы мал денесі температурасына жақындаған сайын, май жақсы эмульсияланады, асқазанда жақсы қорытылып, ағзаға оңай сіңеді.

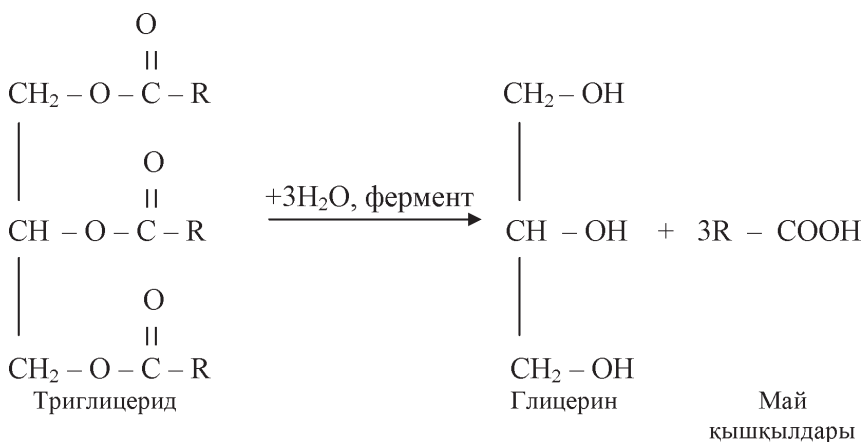
Әртүрлі майлардың балку температурасы мынадай мөлшерде ауытқиды: (°C есебімен) (Қ. С. Сағатов бойынша).

Сиыр сүтінің майы	28-42	Сиыр майы	42-50
Қой сүтінің майы	29-36	Шошқа майы	34-48
Ешкі сүтінің майы	27-39	Кокос майы	20-28
Адам сүтінің майы	32	Пальма майы	27-42

Триглицеридтер химиялық тұрғыдан бейтарап, инертті келеді. Оларға мынадай реакциялар тән (35-сурет).

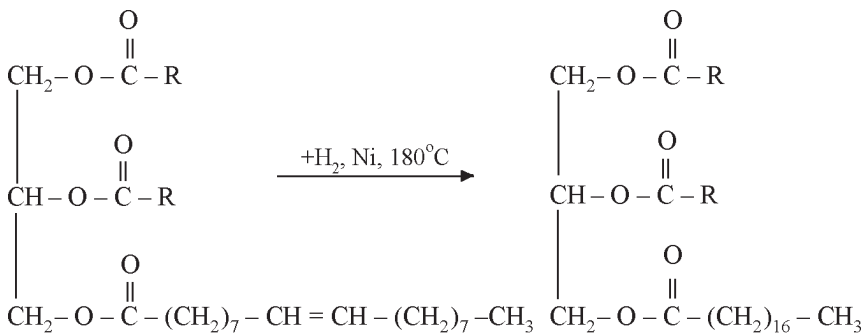
1. Гидролиз реакциясы. Бұл реакция, әсіресе, майларға тән нәрсе. Тірі ағзада гидролиз реакциясы катализатор (фермент) әсерімен жүреді, ал ағзадан тыс жерде сілті катализатор қызметін атқарады және қыздыруды қажет етеді.

Егер майдың гидролизденуі сілтінің әсер етуімен жүретін



болса, ондай реакцияны сабындану деп атайды. Бұл кезде май қышқылдарының тұзы түзіледі, ондай тұздар сабын деп аталады. Сабын дегеніміз – май қышқылдары натрий тұздарының қоспасы. Мысалы:  $C_{17}H_{35}COONa$ ,  $C_{15}H_{31}COONa$  тұздарға жатады. Май қышқылдарының калий тұздары сұйық болады, олар медициналық сабын деп аталады. Кальций тұздарының жуып тазартатын сабындық қасиеті нашар.

2. Гидрогендеу реакциясы. Әдетте мұндай реакция сұйық майдан қатты май алу мақсатымен іске асырылады. Маргарин өндірісінде гидрогендеу реакциясы саломас алу үшін қолданылады. Мұндағы катализатор – никель немесе платина.



Триглицерид, мұнда олеин қышқылының қалдығы бар.

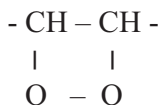
Қаныққан триглицерид

3. Гидроасқын тотықтардың түзілу реакциясы. Бұл реакция ферменттердің қатынасынсыз өтеді. Липидтердің қос байланысы бар май қышқылдарын күшті тотықтырғыштар тотықтырады.

4. Майлардың асқын тотығып ашуы, бұзылуы. Триглицеридтердің құрамына кіретін май қышқылы гидролиз кезінде оңай бөлініп шығады. Ол қышқылдың жағымсыз дәмі, сасық иісі бар, сүт майын және сары майды бүлдіретін осы қышқыл.



Қанықпаған қышқыл  
молекуласының фрагменті



Асқын оксид

Триглицеридтерді ұзақ сақтау кезінде және қанықпаған қышқылдар тотығуының жағымсыз кезінде оттегінің әсерінен гидроасқын тотықтар ғана түзіліп қоймайды, сонымен қатар, мынадай құрылымды асқын тотықтар да түзіледі:

Асқын оксидтердің ары қарай тағы тотығуы мүмкін, бұл кезде – C – C – арасындағы коваленттік байланыс үзіледі де, альдегидтер, кетондар, төмен молекулалы карбон қышқылдары сияқты қосылыстар түзеді. Тотығудың мұндай өнімдері азық-түлік өнімдерінің сапасын нашарлатады, майды ашытып бүлдіреді.

5. Майдың кебуі. Өсімдік майлары, әсіресе, зығыр майы қыздыру кезінде қоюланады да, бара-бара қатайып, түссіз жарғақ секілденіп қалады. Бұл қанықпаған қышқылдардың полимерленуіне, сөйтіп полимер түзілуге және оттегін қосып алуға байланысты мәселе. Соның нәтижесінде  $O_2$  есебінен майдың массасы ұлғаяды. Осындай жолмен олифа майлы бояулар, лактар, политура алынады.

### 10.3. Майлардың қорытылуы және сіңірілуі

Ауыз қуысында майларды қорытатын ферменттер болмайды. Сондықтан майлардың қорытылуы асқазан жолдарында, негізінен ащы ішекте жүреді. Асқазанда қорытылатын майлар жоғарғы дисперсті күйде болуы қажет, оған негізінен сүт құрамындағы майларды жатқызуға болады. Асқазан сөліндегі липаза рН-тың 5,0 – 6,0 мәнінде, яғни қышқылдық ортада жұмыс істей алады. Емшектегі балалардың асқазан сөлінің рН-5 тең, сондықтан оларда ананың сүтінде болатын май асқазан сөліндегі липазамен қорытыла бастайды. Панкреатит сөлімен келіп түсетін панкреатиттік липаза майларға әсер ету үшін, олар алдымен өте ұсақ бөлшектерге, яғни эмульсияға айналуы қажет. Ол үшін қажетті, бірінші фактор - реакциялардың нәтижесінде бөлінген  $CO_2$ .

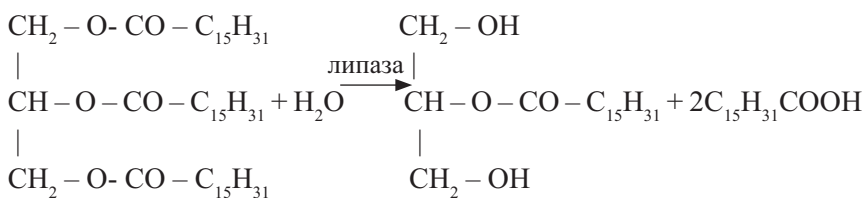
Эмульсия түзуге қатысатын ең күшті фактор өт қышқылдарының тұздары, әсіресе, натрий тұздары. Өт қышқылдары өттің құрамында болады. Олар майлардың ұсақ бөлшектеріне адсорбцияланып, олардың бір-бірімен бірігіп, ірі бөлшектер түзуіне кедергі жасайды. Өт қышқылдары май мен судың арасындағы

тартылыс күшін азайтып, ірі бөлшектердің майда бөлшектерге айналуына мүмкіндік береді. Липазаның майлармен жанасу беткей өседі. Өт қышқылдарының қатарына холь, дезоксихоль, литохоль, хенодезоксихоль қышқылдары жатады.

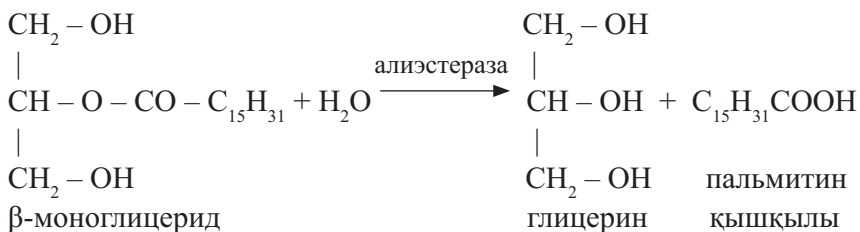
Майлардың алмасуы 2 фазада жүреді.

Майлар алмасуының бірінші фазасы: майлардың гидролизденуі және глицерол мен жоғары май қышқылдарының пайда болуы.

Реакцияны катализдейтін фермент липаза. Майлар гидролизі (липолизі) сатылап жүреді, бірінші ретте сыртқы эфирлі екі  $\alpha$ -байланыстары үзіледі.



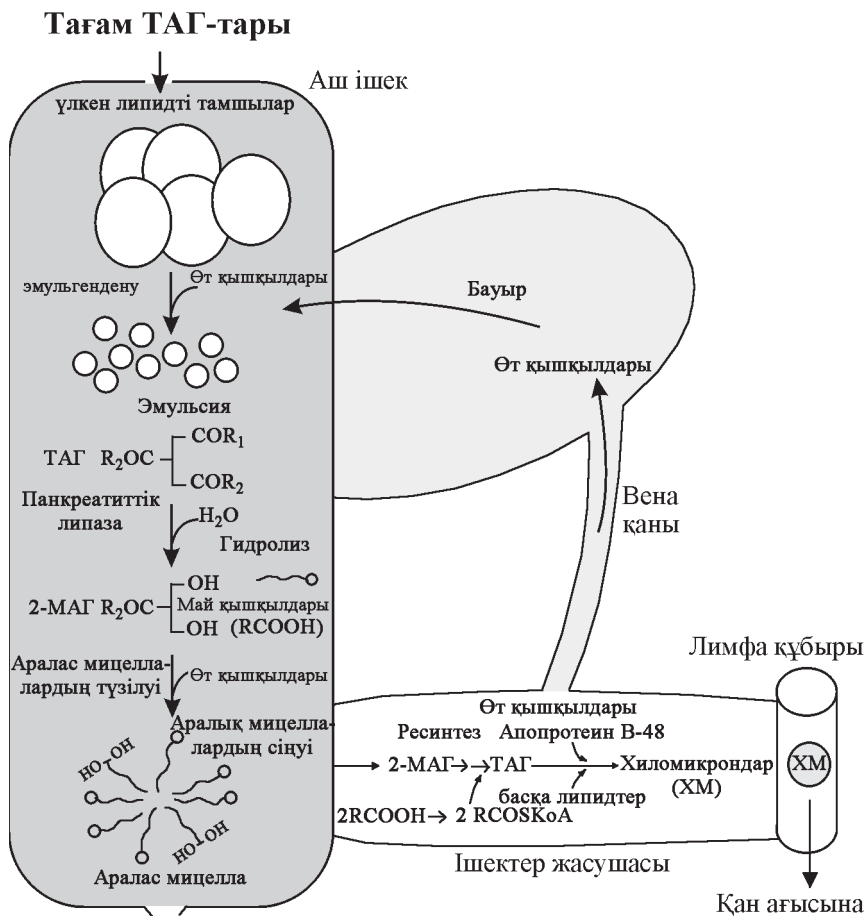
Гидролиздің екінші фазасында: түзілген  $\beta$ -моноглицерид бауырдың алиэстераза ферментінің әсерінен әрі қарай гидролизденіп, глицерол мен май қышқылын түзеді.



Липаза ферменттері құрылысы және атқаратын қызметіне қарай екі түрлі болуы мүмкін: қарапайым липаза және липопротеинлипаза. Қарапайым липаза бос триглицеридтерді, ал липопротеинлипазалар белоктармен байланысқан липидтерді катализдейді. Липаза ферментінің қызметін активтендіретін - адреналин, норадреналин және глюкагон гормондары. Бұлар аденилатциклаза ферментінің қызметін активтендіреді. Аденилат-

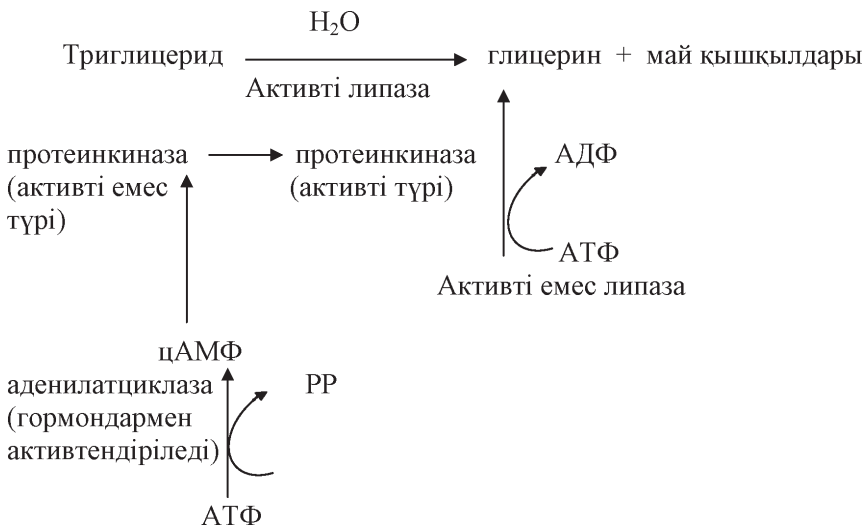


циклаза циклді АМФ (цАМФ) АТФ-тың түзілуін катализдейтін фермент. Кейбір гормондар керісінше липолиз процесін тежейді (инсулин, қалқанша бездің гормоны, т.б.) (37- сурет).



**37-сурет.** Триацилглицеридтердің қорытылып, сіңірілуі

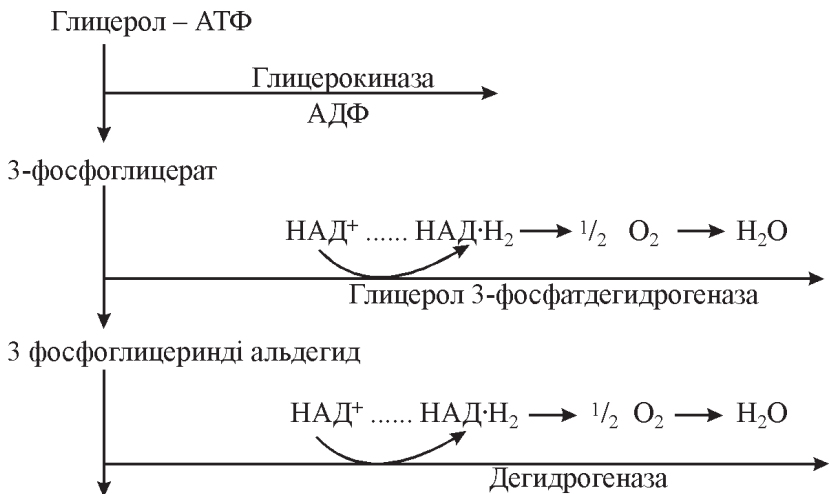
Тамақ құрамында ағзаға түскен майлар тез сіңіріліп, май ұлпаларында қор ретінде жиналады. Триглицеридтердің биологиялық жартылай ыдырау мерзімі әртүрлі ұлпаларда түрліше болады. Мысалы, бауырда 2 күн, май ұлпаларында, мида 8 күн, т.б. Бұл мерзім ішінде триглицеридтер төмендегі схемада көрсетілгендей өзгерістерге ұшырайды:

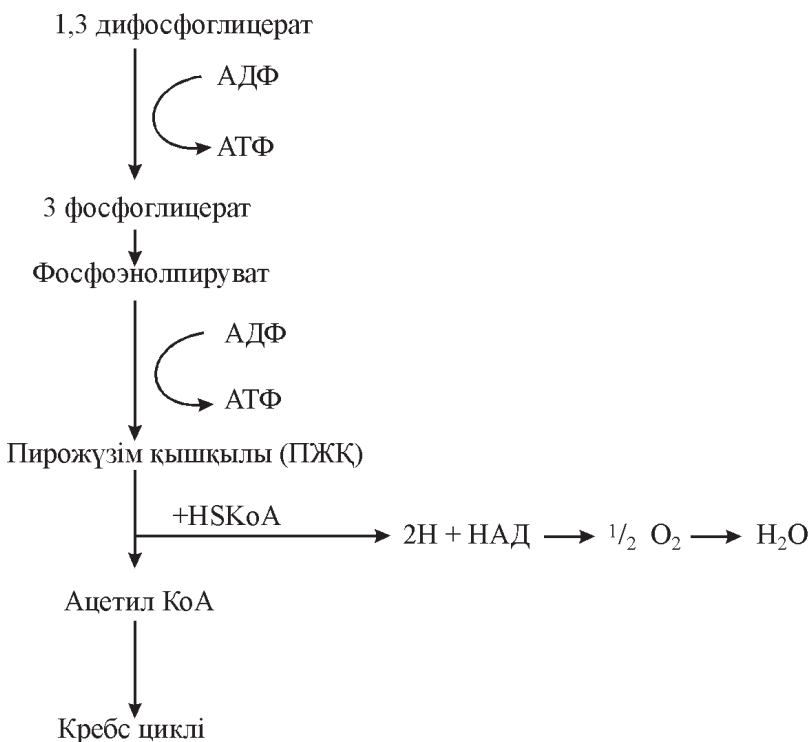


### 10.4. Глицериннің алмасуы

Глицериннің алмасуы оның АТФ-тың қуат әсерінен фосфорлануынан басталып, фосфоглицератқа айналуы (38-сурет).

3-фосфоглицеринді альдегид түзілгеннен кейінгі глицериннің ыдырау жолы көмірсулардың тотығуымен бірдей жүреді (гликолиз немесе глюконеогенез). Бір молекула глицерин толық тотыққанда, жаңадан 22 молекула АТФ пайда болады.





38-сурет. Глицериннің алмасуы

## 10.5. Жоғары май қышқылдарының тотығуы

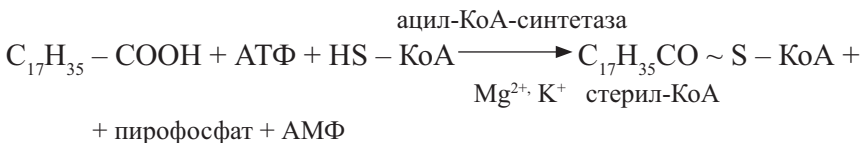
Жоғары май қышқылдарының тотығуы туралы негізгі түсініктер 1904 ж. Кнооп тәжірибесінен кейін белгілі бола бастады. Кнооп тәжірибесінің нәтижелері кейін Ф. Линен, Д. Грин, С. Очоа, Г. Ларди және А. Ленинджер лабораторияларында дәлелденді.

Кнооптың тәжірибелеріне сүйене отырып, май қышқылдары құрамынан екі көміртегі атомының бөлінетіндігін және тотығу  $\beta$ -орнында орналасқан көміртегі атомында жүретіндігі анықталды. Сондықтан да май қышқылдарының тотығуын  $\beta$ -тотығуы деп атайды. Бұл өте күрделі процесс, митохондрий және эндоплазмалық тордың мембраналарында жүреді. Қазіргі кезде процестің АТФ және көптеген ферменттердің қатысуымен жүретіндігі белгілі.

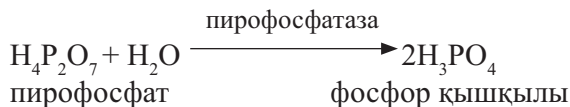
Тотығу көп сатыда жүреді. Бірінші сатыда макроэргиялық

байланысы бар коэнзима-мен (КоА) қосылып, май қышқылдары активті (белсенді) күйге айналады. Реакция нәтижесінде ацилкоэнзима (ацил-КоА) пайда болады. Процесс арнайы ерекшелігі бар (арнайылық) лигазалардың (ацил-КоА-синтетаза) үш түрімен катализденеді:

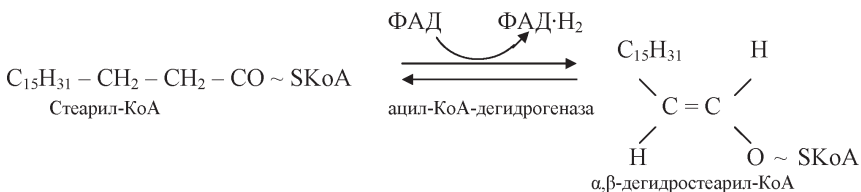
Ферменттер эндоплазмалық тордың және митохондрий мембраналарында жинақталады. Ацил – КоА-синтетаза ферменттері бірнеше суббірліктен тұратын мультимерлер.



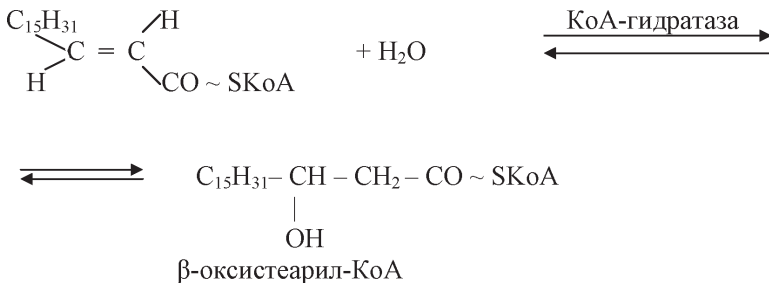
Реакцияда пайда болған пирофосфат пирофосфатаза ферментінің әсерінен  $\text{H}_3\text{PO}_4$  дейін ыдырайды, бұл реакцияның тек оңға жүруіне себеп болады.



Екінші фазада, ацил-КоА ацил-КоА-дегидрогеназа ферментінің қатысында тотығады:



Үшінші фазада қос байланыс бойында гидролиз жүреді. Реакция гидролазалармен катализденеді:





$$[ 5\text{АТФ} \cdot (\frac{n}{2} - 1) + 12 \text{АТФ} \frac{n}{2} ] - 1 \text{АТФ}$$

Мұнда  $(\frac{n}{2} - 1)$  -  $\beta$ -тотығу циклінің қайталану саны,

$\frac{n}{2}$  - ацетил КоА-ның түзілген молекулалар саны,

1АТФ – май қышқылдарын активтендіру үшін жұмсалады.

Демек пальмитин қышқылының 1 молекуласы тотыққанда:

$$[5\text{АТФ} \cdot 7 + 12\text{АТФ} \cdot 8] - 1\text{АТФ} = 130 \text{АТФ}$$

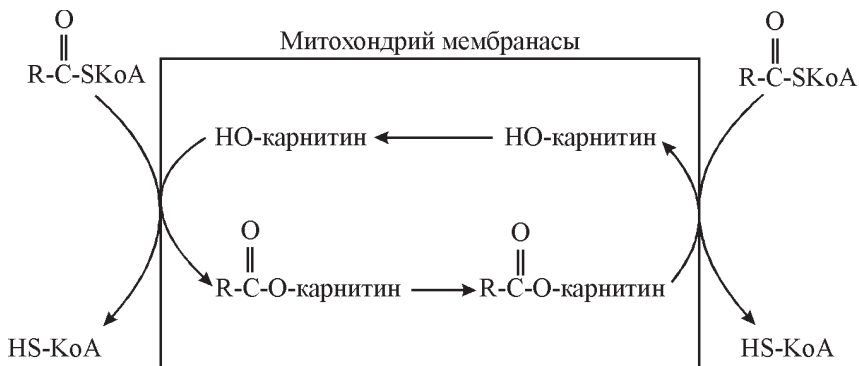
Пальмитин қышқылы тотыққанда бөлінетін энергия мөлшері 9791кДж/моль екенін ескерсек, АТФ молекуласының фосфаттық байланысында қор ретінде жинақталатын энергия мөлшері 3965 кДж құрайды, бұл энергияның 40% шамасы.

## 10.6. Май қышқылдары синтезі

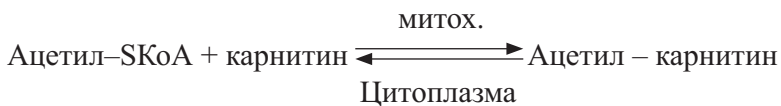
Май қышқылдарының синтезі басталуы үшін ацетил-Коа қажет. Ацетил-КоА митохондрий матриксінде көбінесе пируваттың декарбоксилдене тотығуы нәтижесінде пайда болады. Май қышқылдар синтезінің бірнеше ерекшеліктері бар. Ол:

1. синтез цитоплазмадағы эндоплазмалық торда жүреді;
2. синтезге ацетил-КоА-дан түзілетін малонил-КоА жұмсалады;
3. ацетил-КоА-синтез тек синтездік реакциялардың басталуына ғана қажет, яғни «ұйытқысы» болып табылады (затравка);
4. май қышқылдарының синтезіндегі аралық заттарды тотықсыздандыру үшін глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауы кезінде түзілетін НАДФН · Н<sup>+</sup> жұмсалады;
5. май қышқылдарының синтезін жүргізетін ферменттерді бір мультиферменттік комплекске біріктіреді, оны жоғары май қышқылдарының синтетазасы деп атайды;
6. малонил-КоА май қышқылдар синтезіне қатысады. Малонил – КоА синтезі екі кезеңнен тұрады:
  - 1) карнитиннің және ацетил-КоА карнитин-трансфераза фер-

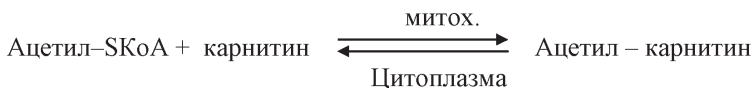
ментінің көмегімен митохондрийден цитоплазмаға өтуі ацил-карнитинді механизмі деп аталады (39-сурет).



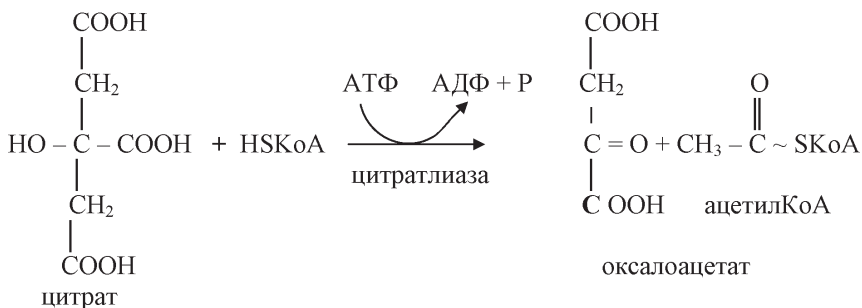
**39-сурет.** Ацетил-КоА транспортының карнитинді механизмі



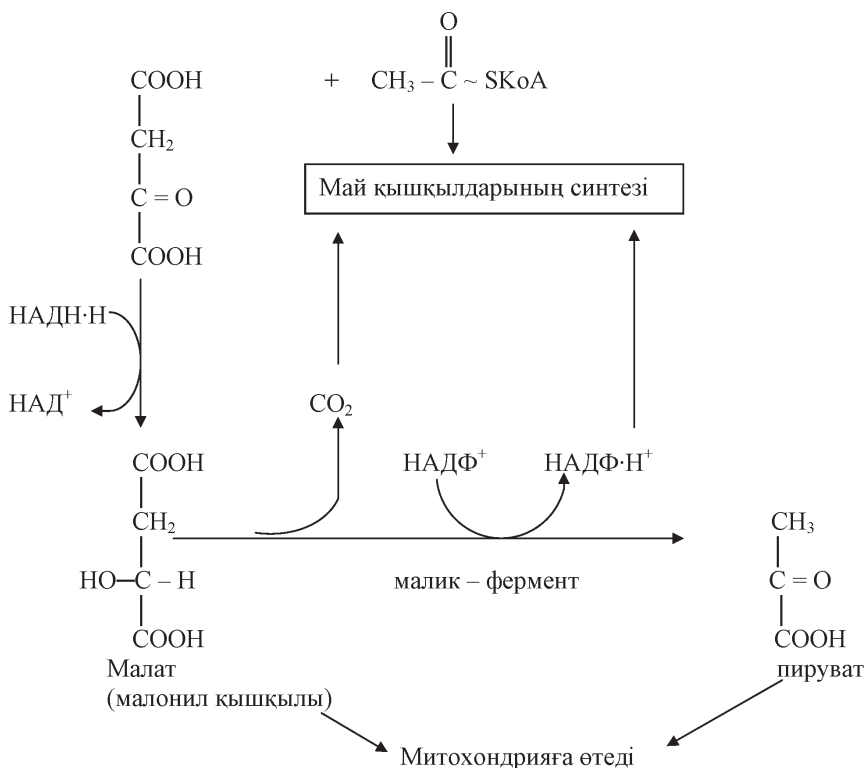
2) цитрат-транспорттық жүйе, бұл:



2) цитрат-транспорттық жүйе, бұл:



Реакция іс жүзінде қайтымсыз. Ацетил-SKoa май қышқылдарының синтезіне төмендегідей жолмен түседі (40-сурет).



**40-сурет.** Ацетил-КоА май қышқылдарының синтезіне қатысуы

Малат митохондрияда оксалоацетатқа дейін тотығады. Тотықсызданған НАДФН, ацетилКоА және  $\text{CO}_2$  май қышқылдарының синтезіне қатысады.

Май қышқылдары синтезіне қатысатын барлық ферменттер бірігіп, май қышқылдарының синтетазасы атты мультиферментті комплекс түзеді.

Жануарлар ұлпаларының синтетазасы - екі ұқсас мономерлерден тұратын димер.

Ферменттің әр мономерінің алты активті орталығы және ацил-тасымалдаушы белогі (АТБ) болады. Ацил-тасымалдаушы белок (АТБ) құрамында фосфорилденген пантотен қышқылы (витамин  $\text{B}_3$ ) және диэтиламин коваленттік байланыс арқылы АТБ полипептидтік тізбегіндегі амин қышқылының  $\text{HS}$ -қалдығымен байланысқан. Сондықтан ацил-тасымалдаушы белокты  $\text{HS} - \text{АТБ}$



деп белгілейді. Синтетаза ферменттік жүйесінде HS – АТБ ацил радикалдарын бір ферменттен екінші ферментке көшіру қызметін атқарады.

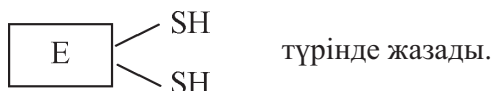
Синтетаза ферменттік комплекс димер түрінде ғана болады. Мысалға, пальмитатсинтетаза ферменттік комплексінде ферменттердің атқаратын қызметі әртүрлі.

Синтетаза комплексінің ферменттері:

- ацил – АТБ – трансфераза
- малонил – АТБ – трансфераза
- $\beta$  – кетоацил – АТБ – синтетаза
- $\beta$  – кетоацил – АТБ – редуктаза
- $\beta$  – гидроксид – АТБ – дегидратаза
- еноил – АТБ – редуктаза

Цитоплазмада май қышқылы синтезінде бастапқы рөлді пальмитин қышқылының синтезі атқарады.  $(\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH})$ , себебі кейінгі тізбектің өсуі немесе кемуі митохондрияда өтеді. Тізбектің өсуі пальмитин қышқылы тізбегіне көміртек атомдарының қосылуы, ал кемуі  $\beta$ -тотығу нәтижесінде жүреді.

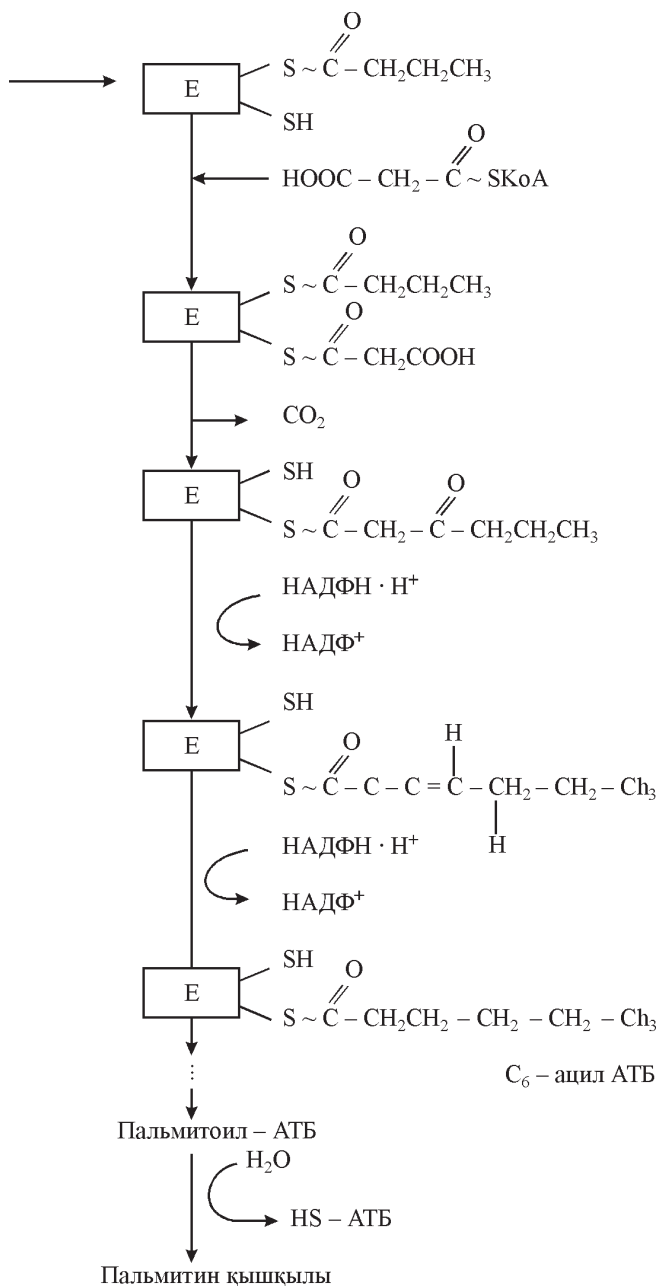
Май қышқылдарының синтезі эндоплазмалық торда элонгаза ферменттері қатысында жүреді. Синтетаза комплексі димер түрінде ғана активті болып келеді, оны қысқартып



Май қышқылы синтезі төмендегідей биохимиялық реакциялардың көмегімен жүреді (41-сурет):

1. Ацетил-КоА-ның құрамындағы ацетил тобын пальмитатсинтетаза ферментімен байланыстыру:



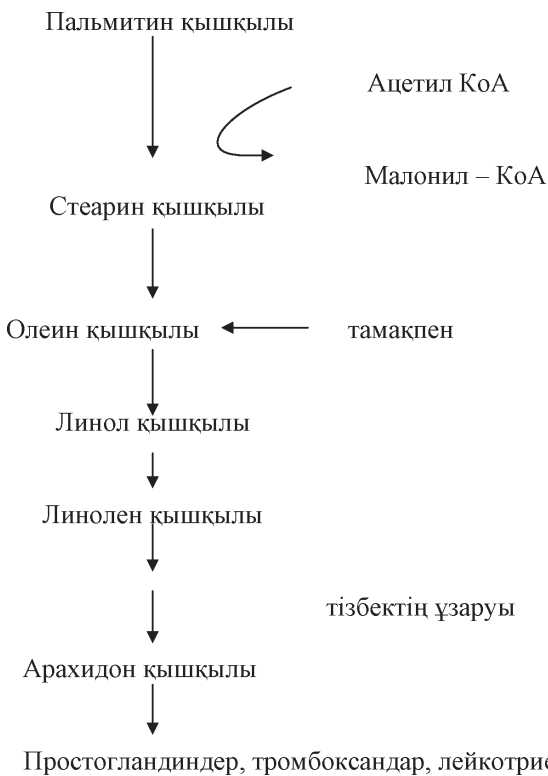
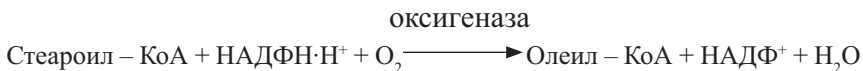


**41-сурет.** Пальмитин қышқылының биосинтезі  
(АТБ – ацил тасымалдаушы белок)

Түзілген пальмитин қышқылынан әрі қарай көміртектік тізбектің ұзаруы нәтижесінде басқа жоғары май қышқылдары түзілуі мүмкін. Микросомаларда:



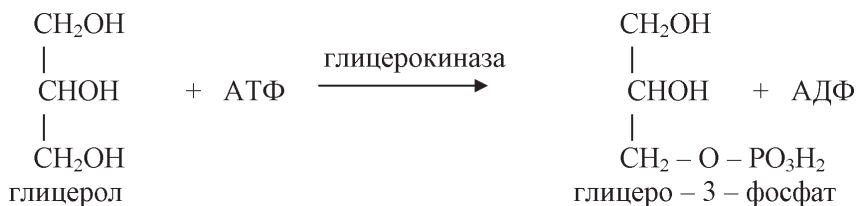
Реакция теңдеуі:



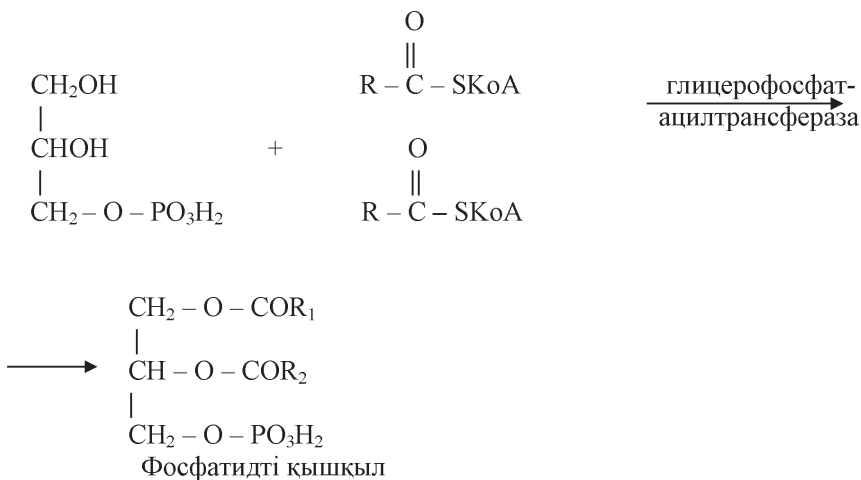
## 10.7. Триглицеридтер синтезі

Триглицеридтер синтезі ұлпаларда май қорының жиналуы үшін қажет. Бұл процесс үшін глицерол және стеарин, пальмитин, олеин сияқты май қышқылдары қажет. Синтез цитоплазмада, эндоплазмалық торда жүреді.

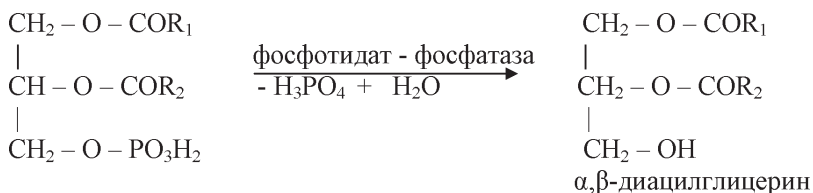
Синтез глицерол мен АТФ-тың әрекеттесуінен басталады.



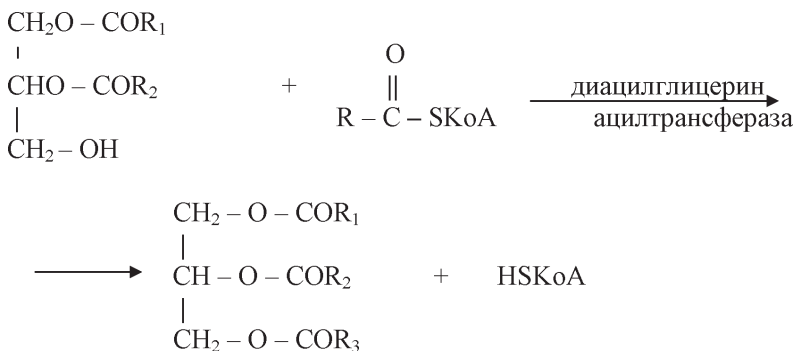
Келесі сатыда глицерол-3-фосфат трансацилдеу реакциясына түсіп фосфатидті қышқыл түзеді:



Фосфатидті қышқыл әрі қарай фосфотидат-фосфатаза әсерінен  $\alpha$ ,  $\beta$ -диацилглицерин түзеді.



Соңғы фазада  $\alpha$ ,  $\beta$  диацилглицеролдың соңғы бос тұрған – OH тобы ацилденеді. Катализді диацилглицерол-ацилтрансфераза жүргізеді.



### 10.8. А-ацетилкоферменттің түзілуі және биологиялық маңызы

Сірке қышқылының активті түрі – А-ацетилкоферменті көмірсулар, липидтер және ішінара белоктар метоболизмінің өзекті тізбегі.

А - ацетилкоферменті әртүрлі органикалық заттардың көміртегі қаңқасы ыдыраған кезде түзіледі, сонымен қатар, сол заттар синтезі үшін құрылыс бірлігі болады. Жануарлар және адам ағзасына барған барлық қоректік заттар А - ацетилкоферментіне айналады, бұдан кейін басқа заттарға айналып өзгереді.

Ацетил-КоА-ның бай көзіне май қышқылдары жатады. Мысалы, стеарин қышқылы (С18)  $\beta$  – тотығу процесі нәтижесінде 9 молекула ацетил ~ КоА береді. Глюкозаның бір молекуласы екі молекула, ал глицерин бір молекула ацетил ~ КоА береді. Көптеген амин қышқылдары (аланин, серин, цистеин, лейцин, валин, тирозин, фенилаланин және басқалары) тотығу арқылы А - ацетилкоферментіне айналады.

Ацетил ~ КоА-ның биологиялық маңызы мынадай: біріншіден, жасуша митохондриясында лимон қышқылының циклі бойынша  $\text{CO}_2$  мен  $\text{H}_2\text{O}$  дейін тотығады да, энергия бөліп шығарады. Бұл кезде бөлініп шығатын энергияның шамамен 40%-ы АТФ молекулаларында жиналады. Екіншіден, ол көптеген маңызды

биологиялық заттардың синтезі үшін түйінді затқа жатады. Ацетил-КоА-дан мынадай заттар синтезделеді:

- 1) май қышқылдары (май қышқылдары жасушаларда май, фосфолипидтер түзілу үшін жұмсалады);
- 2) глицериннің активті түрі 3-фосфоглицерин (ол липидтер синтезінің құрамдас бөлігі);
- 3) ауыстырылатын амин қышқылдары;
- 4) стеролдар, мысалы, холестерол, одан жыныстық, стероид гормондары, өт қышқылдары түзіледі;
- 5) ацетилхолин (ол жүйке қозуының медиаторы - делдалы);
- 6) мукополисахаридтер, ацетилгексоаминдер, олар гликопротеидтердің құрамына кіреді, гликопротеидтер жануарлардың және адамның, қан тобын анықтау үшін қажетті зат.

### *Тест тапсырмалары*

**1. Глицерин толық тотыққанда түзілетін  $2\text{НАД}\times\text{H}_2$  келесі жолмен тотығады:**

- А) ПЖҚ лактатқа дейін тотықтыру арқылы
- Ә) ФП тотықсыздану арқылы
- Б) глицерофосфатты механизмі арқылы
- В) БТ тізбегі арқылы
- Г) ацетосірке қышқылын тотықсыздандыру арқылы

**2. Майлардың қанықпау дәрежесін анықтайтын химиялық көрсеткіш:**

- А) йод саны
- Ә) хлор саны
- Б) сабындау саны
- В) эфирлік сан
- Г) бром саны

**3. Жоғары энергиялық фосфаттарға жатпайды:**

- А) АТФ
- Ә) АДФ
- Б) фосфоенолпируват
- В) пирофосфат
- Г) АМФ

**4. Глицерофосфолипидтер биосинтезі жүреді:**

- А) митохондрийде
- Ә) эндоплазмалық ретикулумда
- Б) Гольджи аппаратында
- В) цитозолда
- Г) лизосомада

**5. Хиломикрон дегеніміз не?**

- А) қандағы май тамшылары
- Ә) холестерин
- Б) қанның сары суы
- В) липопротеидтер
- Г) нуклеопротеид

**6. Бір молекула глицерин тотыққанда жаңадан пайда болатын АТФ молекулаларының саны:**

- А) 12
- Ә) 22
- Б) 38
- В) 14
- Г) 8

**7. Холестерин көбінесе қайда кездеседі?**

- А) цитоплазматикалық мембрана құрамында
- Ә) ядролық мембранада
- Б) митохондрийдің ішкі мембранасында
- В) лизосома мембранасында
- Г) эндоплазмалық ретикулумда

**8. Триглицеридтер молекуласындағы күрделі эфирлік байланысы бойынша ферментативті гидролиз мына фермент қатысында жүреді:**

- А) фосфолипаза
- Ә) эстераза
- Б) алилэстераза
- В) липаза
- Г) ацетилхолинэстераза

**9. Жоғары май қышқылдары катаболизмінің негізгі жолы.**

- А) тотықсыздану
- Ә)  $\omega$ -тотығу
- Б)  $\alpha$ -тотығу
- В)  $\beta$ -тотығу
- Г) декарбоксилдену

10. Пальмитин қышқылы толық тотыққанда түзілетін АТФ саны.

- А) 96
- Ә) 105
- Б) 147
- В) 130
- Г) 131

11. Пальмитин қышқылының формуласы.

- А)  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
- Ә)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
- Б)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- В)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
- Г)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$

12. Витамин В<sub>2</sub> β-тотығу процесінің қандай ферментінің құрамында болады:

- А) ацил-КоА-дегидрогеназа
- Ә) β-ацил-оксиацил – КоА - дегидрогеназа
- Б) лактатдегидрогеназа
- В) этаколдегидрогеназа
- Г) ацетилхолинэстераза

13. Майдың қолдануға жарамды екенін не анықтайды?

- А) иодты саны
- Ә) эфирлі саны
- Б) қышқылдық саны
- В) сабындану саны
- Г) хлорлы саны

14. Триацилглицеридтер ыдырағанда түзілген глицерин тағдыры:

- А) тотығады
- Ә) тотықсызданады
- Б) метил тобын қосып алады
- В) фосфорлы топтарды қосып алады
- Г) ацилденеді

15. Кетонды денелерге жатады:

- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| А) $\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ | Ә) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ | Б) $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{HC} - \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array}$ | В) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{HC} - \text{OH} \\ \diagup \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ | Г) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$ |
|---|---|---|---|---|



**16. Өт қышқылдарының қатысында жүретін процесс:**

- А) глицериннің сіңірілуі
- Ә) моносахаридтер сіңірілуі
- Б) липидтер эмульгельденеді
- В) липопротеинлипаза активтеніледі
- Г) жоғары май қышқылдары сіңіріледі

**17. 3-фосфоглицеринді альдегид тотыққанда бірге жүретін процесс:**

- А) АТФ жұмсалады
- Ә) АТФ синтезделеді
- Б) НАДН · Н<sup>+</sup> тотығады
- В) НАДН · Н<sup>+</sup> тотықсызданады
- Г) ГТФ синтезделеді

## XI. ГОРМОНДАР

Денде жүйкеден басқа, сонымен қатар, жалпы тәннің қызметін дұрыс жүргізіп отыратын, биологиялық әрекетшіл заттар жасап шығаратын арнаулы мүшелер – бездер де бар.

Бездердің екі түрі белгілі. Олардың біреуінің өзегі бар, сол арқылы заттар дененің, мүшелердің қуысына немесе терінің бетіне бөлініп шығады. Олар сыртқы секреция безі немесе эндогендік бездер деп аталады. Жас, тер, сілекей, қарын бездері және т.б. сыртқы секреция бездері болып табылады.

Арнаулы өзектері жоқ және ағып өтетін қанға заттар бөліп шығаратын бездер ішкі секреция безі деп аталады. Гректің «endo» -ішкі, «gino» - шығару, бөлу деген сөзінен шыққан. Жыныс бездері, ұйқы безі, мидың қосымша безі, бүйрек бездері, қалқан безі және басқа бездер ішкі секреция бездеріне жатады. Олар өздерінің шығаратын уытын (секрециясын) белгілі бір орынға шығармай, бірден жалпы қан саласына құйып, сол арқылы бүкіл денеге таратып отырады. Мұндай бездердің ғылым тілінде ішкі секреция бездері деп аталуы сондықтан.

Осы бездердің ішінде түзілетін биологиялық әрекетшіл заттарды **гормон** деп атайды.

Гормондар деп биологиялық әрекетшіл заттарды, ағзадағы метаболизм, зат алмасу сарынын үдететін, өсу, көбею қарқынын, сол сияқты алуан түрлі т.б. маңызды функцияларды реттеушілерді айтады. Олар ағза қызметін күшейтеді, қоздырады немесе әлсіретеді, тежейді. Бұл заттар жасушалардың, ұлпалардың, ағзалардың, ағза жүйесінің әрекетін басқарады. Ішкі секреция бездерінің барлығы өзара үйлесімді жұмыс істейді. Гормондар әртүрлі биологиялық механизмдердің химиялық қатысындағы үйлесімділігін (гормониясын) сақтап қалуға арналған. Гректің «hormao» - қозу, қоздыру, әсерлену, жаңалану мағынасындағы сөзінен шыққан. Оны ғылыми ұғым ретінде 1904 жылы У. Бэйлисс пен Э. Стерлинг енгізген.

Эндокрин бездерінің құрылымы мен қызметін, одан бөлініп шығатын секреттерді және зат алмасуда гормондардың реттегіш

механизмдерін зерттейтін биохимияның тарауын эндокринология деп атайды. Эндокринологияның негізін салушы - француз ғалымы Броун-Секар.

Ішкі секреция бездерінің жұмысы жүйке жүйесімен тығыз байланысты және ағза жасушаларында болатын күрделі химиялық процестерге көп әсер етеді. Мысалы, гормондар ферменттердің синтезіне әсер етеді, ал мұның өзі жасушадағы химиялық реакцияларды тез реттеудің өте сенімді жолы болып саналады. Гормондар жүйке жүйесінің жұмысына дем беріп, тежей де алады.

Гормон әсерін іске асыру үшін өзінің нысана-жасушасын білуі тиіс. Нысана-жасушасының мембранасы да бұл гормонға аса сезімтал келеді. Гормондарды танитын жасуша компоненті рецептор (лат. receptor) – қабылдаушы деп аталады. Рецепторлар плазмалық мембрана немесе жасуша ішінде орналасқан және олармен байланысқан.

Рецепторлар – гормондарды байланыстыра алатын белоктар. Рецепторлардың өзіндік ерекшелігі болады. Мәселен, гормон молекулалары тиісті рецепторлармен (белоктармен) «құлыпқа дәл келген кілт» сияқты сәйкес үйлесе алуы керек. Осындай өзара әрекеттесу нәтижесінде ғана гормондар биохимиялық процестерге әсер етеді, оларды тездетеді немесе тежейді. Гормонның тіршілігі ұзақ емес, әдетте ол бір сағаттан кем.

## 11.1. Гормондардың жіктелуі

Химиялық табиғатына қарай гормондар төрт топқа бөлінеді:

1. Белоктік немесе пептидтік гормондар (инсулин, гипофиз, гипоталамус, қалқанша маңындағы без гормондары);
2. Тироксин, адреналин, норадреналин, т.с.с амин қышқылдарының туындысы болып келетін гормондар;
3. Стероидтық: жыныс бездерінің гормоны, бүйрек безі гормоны, т.б.;
4. Жергілікті әсер ететін гормондар (гормон тәрізді заттар): полиқаньқпаған май қышқылдарының туындысы – простагландиндер.

Гормондардың түзілетін орындарына байланысты жіктелуі өте кең таралып кеткен жіктелу болғандықтан, оның жеке

өкілдерінің зат алмасудағы қызметіне сол тұрғыдан тоқтап өтеміз.

*Қалқанша безінің гормондары.* Қалқанша безінің атауы гректің «тиреос» - қалқан, «идос» - ұқсас деген сөзінен шыққан.

Сүтқоректі жануарлардың қалқанша безі мойынның ортасына таман, көмейдің алдыңғы қабырғасын құрайтын үлкен қалқанша тәрізді шеміршектің үстінде жатады, аты да содан пайда болған. Микроскоппен қарағанда қалқанша бездің эпителий тінінен түзілген толып жатқан кішкене көпіршіктерден құралғандығы көрінеді. Бұл көпіршіктер капиллярмен шырматылған. Қалқанша безі – ішкі секреция бездерінің өте маңыздыларының бірі, тіршілікке өте қажетті без. Зат алмасуына тигізетін әсері ұшан теңіз. Ағзадағы айналып отыратын барлық қан тәулік бойы бірнеше рет қалқанша безі арқылы өтеді де, оның бөліп шығарған секретін барлық ұлпаларға және ағзаларға жеткізеді.

Қалқанша без гормонының ең қасиетті бөлігі йод болады. Сондықтан ағзаға йод жеткіліксіз болса, қалқанша бездің көлемі ұлғаяды да, без иек астында құстың жемсауына ұқсап шор болып тұрады. Қалқанша бездің үлкеюіне байланысты бұл кесапатты халық арасында жемсау (зоб) деп атап кеткен. Эндемиялық ауру деудің себебі сол, ол үнемі белгілі бір жерлерде кездеседі.

Бұл жағдай біріншіден, біздің айналамыздағы ортада йод аз болғандықтан, ол қоректік заттармен бірге ағзаға аз мөлшерде қабылданады. Екіншіден, ағза йодты артық мөлшерде жұмсайды (гиперфункция). Үшіншіден, ағзада бар йодты қалқанша безі белгілі бір жағдайда толық пайдалана алмауы мүмкін (гипофункция). Осы аталғандардың бәрінде де қалқанша безінің гормон түзу мөлшері бұзылып, жемсау ауруы пайда болады. И. П. Павловтың ағза мен оны қоршаған орта тұтастығы туралы ілімі эндемиялық жемсаудың таралу себептерін дұрыс түсінуге жол ашты.

Қалқанша бездің негізгі, әсіресе, активті гормоны тироксин мен трийодтиронин. Ол гормондар бірнеше рет айналып өзгеру нәтижесінде тирозин амин қышқылынан түзіледі. Тиреоглобулин гидролизі кезінде тирозиннің йодтанған туындылары және басқа да амин қышқылдары босайды.

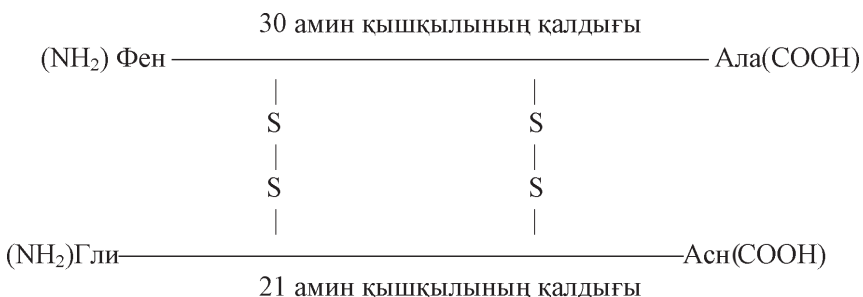
*Ұйқы безінің (панкреатиттік без) гормондары.* 1869 ж. Лангерганс ұйқы безінде ерекше аралшалар барын ашты, кейіннен ол аралшалар автордың есімімен аталады. Аралшаларда а және b

жасушалар типі бар. Олар бір-біріне қарама-қарсы екі түрлі гормон – инсулин және глюкагон бөліп шығарады.

Канадалық ғалымдар Бантинг пен Бест 1921 ж. жаңа туған бұзаудың ұйқы безінен инсулин (латынша «insula» - арал) гормонын алып, қант диабетін емдеуде жаңа дәуір ашты.

Бізде инсулин 1922 ж. Г. Л. Эйгорнның басшылығымен алынды. Ағылшын ғалымы Сэнджер 1955 ж. инсулиннің химиялық құрылысын анықтады.

Инсулин – белоктік гормон, оның молекулалық салмағы 6000. Адам және жануарлар инсулинінің молекуласы 51 амин қышқылының қалдығынан құралған, 5 полипептидтік тізбектен тұрады. Құрамында цистиннің екі қалдығынан тұратын дисульфидтік көпіршелері бар инсулин молекуласының нобайы төменде берілген:



Ұйқы безінің екі гормоны бар: инсулин мен глюкагон. Бұлар құбылыстардың барлығында ерекше қызмет атқарады. Инсулин қант деңгейін төмендетеді, ал глюкагон оған қарама-қарсы әсер етіп, қант деңгейін көтереді. Ағзада инсулин жоқ болса және жетіспесе, қан құрамындағы глюкоза мөлшері көбейеді (гипергликемия) және көп мөлшерде зәрмен бірге бөлініп шығады (глюкозурия). Глюкозамен бірге ағзадан су көп бөлінеді және сырқат адам сусамырлыққа, ашқарақтыққа ұшырайды. Глюкозаны жоғалту салдарынан қордағы зат – гликоген көп шығын болады. Майлар мен белоктар ыдырап бөлінеді. Бұл дертті қант диабеті деп атайды. Глюкозаны ағзаның жасушалары пайдалану нәтижесінде оның қандағы деңгейлі мөлшері қалыптан төмендесе, бауырдағы гликоген глюкозаға айналып қанға түседі, ұлпалардың тұрақты қоректенуі қамтамасыз етіледі.

*Гипофиз (ми қабаты гормондары).* Гипофиз (ми қосалқысы) - омыртқалы жануарлардағы ішкі секрецияның аса маңызды безі. Мидың астында орналасқан. Гипофиз - алдыңғы (аденогипофиз), ортаңғы (нақ аралық) және артқы (нейрогипофиз) үш бөліктен құралады. Алдыңғы және ортаңғы бөліктерін аденогипофиз деп, артқы бөлігін нейрогипофиз деп атайды. Гистологиялық құрылысы күрделі алдыңғы бөлімі негізінен хромофобты без жасушаларынан, ортаңғы бөлімі – базафильді жасушалардан, артқы бөлімі питуицидтер мен жүйке талшықтарынан тұрады. Жалпы алғанда, гипофиздің ортаңғы бөлімі адамда нашар дамыған және қызметі әлі күнге дейін айқындалған жоқ деуге де болады. Олардың әр бөлігі ерекше гормондар өндіреді. Молекулалары пептидтік құрылыспен сипатталады. Пептидтік гормондар белоктік қосылыстар болып саналады: олардың молекулалары ашық та, тұйық та (циклді) бола алатын пептид тізбекшелерінен құралады. Гипофиздің алдыңғы бөлігінің гормондары: соматотропин, тиреотропин, адренотропикотропин және үш түрлі гонадотропиндер.

*Гипофиздің артқы бөлігінің гормондары.* Гипофиздің артқы бөлігінің гормондары: окситоцин және вазопрессин.

Вазопрессин ағзада су-тұз алмасуын реттейді. Вазопрессин түзілу процесі бұзылған кезде адамда зәр көп бөлінеді, оның мөлшері тіпті тәулігіне 20 л шамасына дейін жетеді. Мұндай сырқатқа ұшырағандар суды көп ішеді, сусамыр болады.

Вазопрессин қан тамырлары саңылауларын тарылтады және қан қысымын көбейтеді.

Окситоцин химиялық табиғаты жағынан вазопрессинге ұқсайды. Окситоцин жылтыр бұлшық еттерді қатты жиырылтып, қысқартады.

Тууы қиындап, ұзап кеткен кезде окситоцин қолданылады.

*Жыныс бездерінің гормондары.* Жыныс жасушалары (аталық жасуша – сперматозоидтар, аналық жасуша – жұмыртқа жасушасы) жыныс бездерінде түзіледі. Аталық жыныс бездері – аталық бездер. Онда сперматозоидтар түзіледі. Сонымен қатар, аталық бездер ішкі секреция безінің қызметін де атқарады, яғни жыныс гормондарын жасап шығарады.

Тестестерон мен андростерон – еркек ағзаның нағыз жыныс гормондары. Бұлар ұрық безінің жасушаларында, ал шағын мөлшерде бүйрек үсті безінің қабығында және аналық безінде түзіліп шығады. Бұл екеуінің мейлінше активтісі тестестерон, ал андростеронның активтігі одан 10 есе кем.

Андроген (*andros* – еркек деген гректің сөзінен шыққан) еркектердің жыныс гормоны. Химиялық табиғаты бойынша стероидтық гормондар тобына жатады және холестеролдан түзіледі. Андрогендердің туындыларына андростерон, дегидроандростерон және тестостеронның жасанды түрі – метилтестостерон жатады. Осы гормондардың тигізетін әсерінен еркектің ағзасына тән бірқатар белгілер – қосалқы жыныстық белгілер (сақал-мұртының болуы, мықты қаңқа мен жақсы жетілген бұлшық еттің, жуан дауыстың болуы) қалыптасады. Себебі андрогендер белоктар синтезіне, әсіресе, бұлшық ет ұлпаларындағы белок түзілуіне дем береді, жас жануарлардың сүйек қаңқасының өсуін дамытады.

Аналық жыныс бездері – эстроген атты гормон бөледі. Эстрогендердің туындылары: эстрон және эстриол. Бұл гормондар қосымша бөліктерінің жетілуіне себеп болады (дауыс жіңішке болуы, сүйек жіңішке болуы т.б.). Прогестрон – төртінші жыныс гормоны.

*Бүйрек үсті безі қабығының гормондары.* Бүйрек үсті безінің қабығында үш түрлі гормон жасалып шығады: кортикостерон, кортизол және альдостерон. Үшеуі де кортикостероидтар деп аталады. Бұл гормондардың түзілуіне гипофиздің адренокортикотропин гормоны әсер етеді.

Кортикостерон мен кортизол глицерин және амин қышқылдары сияқты көмірсу емес заттардан глюкоза түзуге қатысады. Олар осылайша қан құрамындағы глюкоза мөлшерін тұрақты да қалыпты деңгейде ұстауға көмектеседі. Көмірсу емес заттардан глюкозаның түзілу процесін глюконеогенез деп атайды.

Альдостерон электролиттердің және судың алмасуын реттейді. Ол жетіспегенде қан құрамынан су көп бөліне бастайды да, қан қоюланады. Бүйрек үсті безі зақымданғанда адамда аддисон дерті пайда болады, денесі сарғайып, әлсіздікке ұшырайды.

## 11.2. Өсімдік гормондары

Өсімдіктерде болатын амин қышқылдары гормондар түзуге қатысады. Түрлі зерттеулерде триптофанның өзгерістерге ұшырауы барысында өсімдіктер ағзасында никотин қышқылы түзілуі мүмкін. Триптофанның химиялық жолмен никотин қышқылына айналуы жануарлар ағзасында дәлелденген.

Алғашқы рет өсімдіктің өсуіне қоректік қосылыстардан басқа физиологиялық белсенді заттардың қажеттілігі өсімдіктен бөлініп алынған тамыр ұшын қолдан дайындалған, стерилденген қоректік қоспада өсіру нәтижесінде анықталды.

## 11.3. Гормоноидтар

Гормоноидтар - әртүрлі мүшелер мен ұлпаларда түзіледі. Әсері өте қысқа мерзім ішінде өтеді. Гормондардың гормоноидтардан айырмашылығы: гормондар тек белгілі бір мүшеде түзіледі, гормоноидтар әртүрлі ағзалар мен ұлпаларда түзіледі.

Гормоноидтардың өкілдері: гастрин, секретин, нейрого르몬, гистамин, ацетилхолин, серотонин т.б.

Зат алмасуы заттар мен энергияның ағзада өзгеруінің заңды тәртібі болып келеді. Белоктар мен майлардың алмасуының үдемелілігі көмірсулардың алмасуымен қамтамасыз етіледі және керісінше. Азықта майлар жетіспегенде олардың ағзаға деген қажеттілігін өтеу үшін, белоктар мен көмірсулардың ыдырауы күшейе түседі және т.т. Сөйтіп ағза біртұтастықты қызмет етеді.

Зат алмасуының өзара байланыстары орталық жүйке жүйесі, ішкі секреция бездері арқылы реттеледі. Реттелу ферменттермен, гормондармен, цАМФ-пен және биохимиялық реакциялардың жалпы өнімдерімен іске асырылады. Әрбір ферменттік реакция белгілі бір метаболизм жолдарының бөлімін құрса, ал зат алмасуы сол барлық метаболизм жолдарының жиынтығы болып табылады. Көптеген метаболиттік жолдардың қиылысында тұрған «торапты» метаболитке пирожүзімқышқылы жатады. Кей жағдайда күрделі заттардың ыдырауы осымен аяқталса, ал екіншісінде одан түзілуі басталады. Әртүрлі алмасулардың өзара байланыстары Кребс циклінің реакциялары арқылы іске асады.



Сонымен, биохимияның ең түпкі (міндеті) мақсаты – тірі ағзалардың тіршілігін химия тілінде жазып шығу.

### *Тест тапсырмалары*

#### **1. Қалқанша безінің гормоны**

- А) тироксин
- Ә) инсулин
- Б) адреналин
- В) вазопрессин
- Г) окситоцин

#### **2. Ұйқы безінің гормоны:**

- А) тироксин
- Ә) инсулин
- Б) адреналин
- В) вазопрессин
- Г) окситоцин

#### **3. Инсулин қандай бездің сөлі?**

- А) қалқанша безінің
- Ә) ұйқы безінің
- Б) бүйрек үсті безінің
- В) жыныс бездерінің
- Г) гипофиз безінің

#### **4. Гипофиз гормондары:**

- А) окситоцин, вазопрессин
- Ә) инсулин, адреналин
- Б) норадреналин, тироксин
- В) эстрагендер, глюкогон
- Г) окситоцин, глюкогон

#### **5. Гормондарды танитын жасуша компоненті:**

- А) мембрана
- Ә) рецептор
- Б) акцептор
- В) жүйке жүйесі
- Г) субстрат

**6. Йод адам рационьнда жетіспесе, қалқанша бездері төмендегідей ауруға шалдығады:**

- А) анемия
- Ә) цинга
- Б) зоб
- В) рахит
- Г) пеллагра

**7. Биологиялық әрекетшіл заттарды, ағзадағы метаболизм, зат алмасу реакцияларын үдететін, өсу, көбею қарқынын, тағы басқа маңызды функцияларды реттеушілер:**

- А) гормондар
- Ә) эндокрин бездері
- Б) эритроциттер
- В) жүйке жүйесі
- Г) нуклеин қышқылдары

**8. Инсулин:**

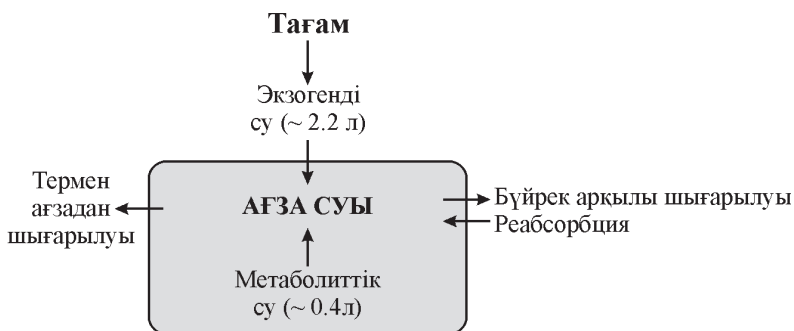
- А) бауырда синтезделеді
- Ә) қандағы глюкоза деңгейін төмендетеді
- Б) екі полипептидті тізбектен тұрады
- В) глюкозаның жүйке ұлпаларына ауысуын тездетеді
- Г) бүйректе синтезделеді

## ХІІ. СУ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫҚ АЛМАСУ

Биологиялық сұйықтықтар. Қан, зәр, лимфа, ішек-қарын сөлдері, жасуша және жасушааралық сұйықтықтар ағзаның ішкі ортасын құрайды. Бұлардың барлығына ортақ қасиет - олардың физикалық және химиялық қасиеттері мен құрамдарының тұрақты болуы. Бұл гомеостаз, яғни көрсеткіштердің тұрақтылығы деп аталады. Міне, осы гомеостаздың тұрақтылығына жасушалардың, мүшелердің және бүкіл ағзаның қызмет істеуі тәуелді болады.

Жоғарыда көрсетілген биологиялық сұйықтықтарда Са, Р, Na, К, Cl, Mg сияқты макроэлементтердің және Fe, Co, Mn, Zn сияқты микроэлементтердің иондары болады.

Ағзаға бұл заттар, әртүрлі мөлшерде, ферменттердің жұмыс істеуіне қажет кофакторлар есебінде, рН, осмотық қысым, бұлшық еттердің жұмысы, қанның түзілуі, гормондар, нервтік импульстерді жеткізу т.б. жұмыстар үшін қажет (42-сурет).



42-сурет. Ағзадағы судың балансы

Судың 10-12%-ын жоғалту ағзаның өліміне әкеп соқтырады.

### Судың атқаратын қызметі.

Судың маңызын айтып жеткізу өте қиын.

1.  $H_2O$  - өте тамаша, полярлы әмбебап еріткіш;
2.  $H_2O$  – еріген заттарды бір мүшеден екінші мүшеге жеткізуші негізгі құрал;
3.  $H_2O$  – биохимиялық реакциялардың активті құрамы (гидролиз, тотығу, гидратация, фотосинтез т.б.);

4.  $H_2O$  – ферменттердің модуляторы, яғни олардың конформациялық құрылысын өзгертіп, активтік центрін құруға қатысады;

5. мембранааралық байланысқа судың диполь моментінің әсер етуі арқасында мембраналардың қос қабатын құруға қатысады.

Ағзаның тіршілік етуі үшін су мен минералды тұздар да қажет.

**Судың алмасуы.** Тірі ағзада зат алмасуы кезінде жүретін алуан түрлі химиялық өзгерістер сулы ортада өтеді. Ересек адам денесінің 60-65%-ы су. Сүттің, сілекейдің, асқазан сөлінің құрамындағы су мөлшері 90-99%, қанда 80-85%, бұлшық етте 76%, бүйректе 46%.

Су - ағзада әмбебап еріткіш, сонымен қоса, көптеген химиялық реакциялар судың қатысуымен жүреді және ол арқылы жасушалар мен ұлпаларға қажетті заттар әкелініп, ағзадағы заттар алмасуының ақырғы өнімдері сыртқа шығарылады. Ағзада су үш түрде кездеседі.

1) бос күйінде – қанда, лимфада, сілекей, асқазан, ішек сөлдерінде, несеп, жұлын-ми сұйықтықтарында, т.б.;

2) байланысқан түрінде жоғары молекулалы заттар: полисахаридтердің, белоктардың, нуклеотидтердің сыртқы гидрат қабықшасының құрамына кіреді;

3) молекула ішіндегі су жасуша құрылымдары: ядро, митохондрия, рибосомалар, т.б. құрамында болады.

Ересек адамға тәулігіне бір килограмм салмағына 40 граммдай су қажет (егер орташа салмағы 70 кг болса, оған 2,5-2,8 л су қажет). Алайда оның мөлшері сыртқы ортаның температурасына, ішілген тағамның ерекшелігіне, жасаған жұмыстың қарқынына байланысты өзгеріп тұрады. Су ағзаға тәулігіне 1,5 л-дей тағамдар арқылы келеді. Сонымен қатар, тірі ағзаға заттар алмасуы кезінде де су пайда болады. Мысалы, 100 г май тотыққан кезде 107 мл су, 100 г белоктан – 41 мл, 100 г көмірсудан 55 мл су пайда болады.

Ағзадан су несеппен бүйрек арқылы тәулігіне 1,5-1,6 л-дей тері арқылы 0,5-0,6 л өкпемен 0,4 л-дей, нәжіспен 0,2 л-дей сыртқа шығады. Алайда оның мөлшері сыртқы ортаның жағ-

дайларының әсерінен өзгеріп тұрады. Әсіресе, ауыр дене жұмысын орындағанда термен және деммен бөлінетін судың мөлшері өседі, бүйрек арқылы бөлінетін судың мөлшері азаяды. Себебі бұл жағдайда су алмасуын реттеуге қатысатын вазопрессин гормоны көп мөлшерде пайда болады. Су алмасуын реттеуге гипоталамус гормоны вазопрессин, қалқан және бүйрек үсті бездерінің гормондары қатысады. Сонымен қатар, паратгормон, альдостерон гормондары да судың алмасуына әсер етеді.

## 12.1. Минералды заттардың алмасуы

Минералды заттар алмасуы дегеніміз – заттардың сыртқы ортадан ас қорыту жолдары арқылы ағзаға еніп, сіңуі, мүшелермен ұлпаларда жиналып, алмасуы, содан кейін қайта сыртқа шығарылуы.

Ағзадағы су алмасуы минералды тұздардың алмасуымен тығыз байланысты. Олардың биологиялық маңызы алуан түрлі. Минералды тұздар жасуша, ұлпалардың құрамына кіреді. Минералдық заттар ағзада бос және байланысқан күйінде болады. Мысалы, сүйектің, шеміршектің құрамында олар көмір, фосфор және т.б. қышқылдардың бейорганикалық тұздары түрінде кездеседі. Көптеген элементтер биоорганикалық қосылыстардың құрамына кіреді. Мысалы, темір - гемоглобиннің, миоглобиннің, каталазаның, трансфериннің құрамды бөлігі болса, ал фосфор - нуклеин қышқылдарының, көптеген белоктардың, фосфатидтердің, АТФ, АДФ және т.б. құрамына енеді. Күкірт - КоА-ның, глутатионның, амин қышқылдары – цистеин мен цистиннің молекуласына кірсе, йод қалқанша безінің гормонының құрамын құрайды.

Ағзада минералдық заттар маңызды қызмет атқарады. Бұл олардың ағзадағы зат алмасу процестеріндегі орындарын айқындай түсуде. Мысалы, сүйек ұлпасы, жасуша мембранасы құралады. Олар жасушадағы осмос құбылысы мен қысымын реттеуге қатысады. Фосфор және қышқылының натрий және калий тұздары буферлік қасиет көрсетуінің нәтижесінде жасушаларда, ұлпаларда қышқылдық-сілтілік тепе-теңдік тұрақталады, сутек иондарының концентрациясы өзгермейтін күйге келеді.

Жекелеген катиондар (Ca, Mn, Mg,Zn) ферменттердің активаторлары және ингибиторлары болып келеді. Кейбір металдар витаминдердің, гормондардың және т.б. органикалық қосылыстардың құрамына енеді. Мысалы:

**Кальций** сүйек ұлпасының құрамында 98%-ға дейін фосфор және көмір қышқылды қосылыс түрінде сүйекте, қанда, лимфада кездеседі. Ағзада кальцидің 1%-ға жуығы ион түрінде кездеседі. Кальцийге ми мен бездердің жүйке жасушалары бай келеді.

Кальций ағзада әртүрлі қызмет атқарады. Ол жарақаттанған жерде жарылған тромбоциттен бөлініп шыққан фермент тромбозиннің қызметін жетілдіріп, протромбиннің тромбинге айналуын жеделдетеді. Ал тромбин қан сарысуындағы фибриногенді фибринге өзгертеді, ақыры фибрин шөгіп ұйиды. Оның қанның ұюына, бұлшық еттердің жиырылуы мен босаңсуына, көмірсулардың анаэробты жолмен ыдырауын жүргізетін және креатинфосфатты ыдырататын ферменттердің белсенділігін үдетуге активатор ретінде маңызы зор.

Кальцидің ағзадағы алмасуы паратгормон және кальцитонинмен реттеледі.

**Натрий мен калий** ағзада хлорид, қос көмір қышқылы және фосфор қышқылы тұздары ретінде кездеседі. Бұл иондар сұйық ортаның осмотық қысым мөлшерін сақтауға қатысады. Ағзаға натрий негізінен ас тұзы арқылы енеді. Натрий алмасуы өте қарқынды жүреді. Мәселен, бір тәуліктің ішінде сүйек пен қанда 30-40% алмасады.

Калийдің асқорыту жолдарының барлық бөліктерінде сіңірілуі диффузия жолымен өтеді деген болжам бар. Іс жүзінде азықтағы калийдің барлық көлемі сіңіріледі, сөйтіп жалпы қанға араласып, бүкіл ағзаға тарайды.

Натрий мен калий ағзадан бүйрек арқылы шығарылады.

**Темір** ағзада органикалық емес және органикалық қосылыстар құрамында кездеседі, ол қандағы гемоглобин мен бұлшық еттердегі миоглобиннің құрамына кіреді.

Темір ағзадағы зат алмасу процестеріне маңызы зор, тотығу-тотықсыздану реакцияларына қатысады. Бұл реакцияларда темір жасушалар тіршілігіне әсері мол хроматиндер құрамына, гемоглобиннің гем құрамында қызмет атқарады.

Аскорыту барысында темір негізінен ащы ішекте сіңіріледі. Ағзада темірдің алмасуы гипоталамустың орталығымен реттеледі.

Темір азайғанда қанның қызыл түйіршіктері – эритроциттердің түзілуі әлсіреп, жасушалық метаболизмге қажетті оттегі жетіспейді. Бұл ауру, әсіресе, мыс жетіспесе, өрши түседі.

**Мыс** қанда, бауырда, мида, аз мөлшерде бұлшық еттерде болады. Ол тотықтырушы каталаза, цитохром, аскорбиноксидаза және лактаза ферменттерінің құрамына кіреді. Ол гемоглобинді түзуге қатысады.

Ағзадағы сұйық орталардың реакциясын бірқалыпты ұстап тұруда ондағы буфер жүйелерінің маңызы зор. Ағзаның сұйық ортасында кездесетін буфер жүйелерді түзуге әртүрлі минералды заттар: бикарбонаттар, фосфорлы тұздар, аммоний тұздары, органикалық қышқылдардың натрий немесе калий тұздары қатысады.

Адам денесіндегі минерал тұздарының жалпы мөлшері салмағының 3 пайызына тең. Тәулігіне адам ағзасына қажет минералды тұздардың мөлшері оның жасына, жынысына, сыртқы ортаның жағдайына, қозғалыс әрекетіне сәйкес өзгеріп тұрады. Ересек адамға тәулігіне орта есеппен 8 г -  $\text{Na}^+$ ; 3-5г -  $\text{K}^+$ ; 0,8 г -  $\text{Ca}^{2+}$ ; 0,5г -  $\text{Mg}^{2+}$ ; 13-15 г -  $\text{Fe}^{3+}$ ; 1,0 г - P; 4 г - Cl иондары қажет.

Ағзадағы тұздардың алмасуын реттеуге орталық жүйке жүйесімен қоса, бүйрек үсті, қалқанша бездері маңындағы бездердің гормондары қатысады.

**Мырыш** инсулин гормоны мен көптеген ферменттердің белсенділігін арттырып, өсіп жетілу, көбею процестеріне жан-жақты ықпал жасайды. Пролактин гормоны арқылы сүттілікке, фолликулин арқылы жыныстық қабілеттерге әсер етеді. Ағзадағы тыныс алу процесінің маңызды бөлшегі – көмірқышқыл газын шығаруды да құрамында мырышы бар карбоангидраза ферменті қамтамасыз етеді.

**Кобальттің** активтілігі оның  $\text{V}_{12}$  витаминінің құрамына енуіне байланысты. Оның құрамында 4,5% үш валентті кобальт болады. Кобальт гидролитикалық ферменттердің активтігін арттырып, нуклеин қышқылдары мен қанның түзілуін жылдамдатады. Оның тікелей әсерінен сүйек кемігінің қан түзетін қабілеті күшейіп, эритроциттер гемоглобиндерінде темір сіңімділігі артады.

**Марганец** – ағзаға өте қажет микроэлементтің бірі. Ол тотығу процестерін жылдамдатып, ұлпаның тыныс алуына, сүйек құрылысына, қан түзілуіне, ішкі секрецияға ықпалын тигізеді. Марганец оксиді фосфорлану реакцияларына қатысады.

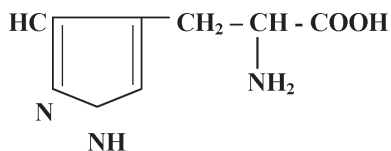
**Молибден** ксантинооксидаза ферменті құрамында пурин алмасуына қатысады. Ағзаға азықпен енген молибденнің 20-30%-ы сіңіріліледі. Молибденнің ағзаға сіңіріліп, ұлпаларға жиналуына сондай-ақ сыртқа шығуына мыс – молибден – бейорганикалық сульфат жинағы күрделі әсер етеді.

**Йод** қалқанша бездерінің гормондары құрамында ағзадағы белок, май, көмірсулар, минералды заттар және су алмасуына әсер етеді. Сыртқы ортадан азық, су құрамымен йод жеткілікті түсіп тұрған жағдайда ғана, тиреоидтық гормондардың физиологиялық активтігі артып, олар тыныс алу және басқа да ферменттер арқылы жасушадағы тотығу, тотықтыра фосфорландыру реакцияларына, белоктың түзілуіне дұрыс әсерін тигізеді.



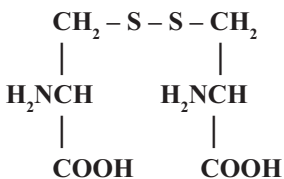
## ТЕСТ СҰРАҚТАРЫ

1. Амин қышқылының атауы.



- А) триптофан
- Ә) тирозин
- Б) гистидин
- В) пролин
- Г) метионин

2. Амин қышқылының атауы.



- А) цистеин
- Ә) серин
- Б) метионин
- В) цистин
- Г) аланин

3. Белок құрамына кірмейтін амин қышқылы:

- А) глутамин
- Ә) валин
- Б) аргинин
- В) β-аланин
- Г) серин

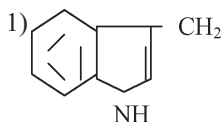
4. Белоктарда пептидтік байланыс көбінесе:

- А) цис-конфигурация түрінде болады
- Ә) транс-конфигурация түрінде болады
- Б) екі түрі де болмайды
- В) лигандамен байланысқан түрде болады
- Г) молекуланың қозғалу жылдамдығын төмендетеді

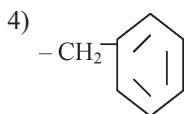
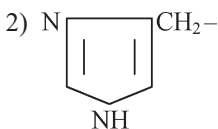
## 5. Сәйкестікті тап.

Амин қышқыл радикалдары

Амин қышқылы



- А) гистидин
- Ә) серин
- Б) фенилаланин
- В) лизин
- Г) триптофан



## 6. Сәйкестікті тап.

**α-спираль параметрі**      **сандық мәні**

- |  |            |
|--|------------|
| 1. спиральдің бір айналымында болатын амин қышқыл саны | А) 0,54 нм |
| 2. спираль диаметрі                                    | Ә) 3,6 нм  |
| 3. спираль қадамы                                      | Б) 1,5 нм  |
|  | В) 0,15 нм |

7. Белок молекуласындағы сутектік байланыс беріктігі неге тәуелді?

- А) амин қышқыл қалдықтарының параллельді орналасуына
- Ә) амин қышқыл қалдықтарының антипараллельді орналасуына
- Б) амин қышқыл қалдықтарының перпендикуляр орналасуына
- В) полипептид тізбегінің ұзындығына
- Г) полипептидтің молекулалық массасына

8. Олигомерлі белоктардың молекулалық массасы:

- А) 20 000

- Ә) 10 000
- Б) 4000
- В) 60 000
- Г) 80000

**9. Белоктардың гель-филтрация жылдамдығы неге тәуелді?**

- А) молекула зарядына
- Ә) молекула пішініне
- Б) молекулалық массасына
- В) белок ерігіштігіне
- Г) белок молекуласының ұзындығына

**10. Метионин мен триптофанның мөлшерлері көп кездеседі.**

- А) жануарлар альбуминінде
- Ә) өсімдік альбуминінде
- Б) жануарлар глобулинінде
- В) өсімдік глобулинінде
- Г) гистондарда

**11. Адам қанының плазма белогының 50%-ын не құрайды?**

- А)  $\alpha$ -глобулин
- Ә)  $\beta$ -глобулин
- Б)  $\gamma$ -глобулин
- В) альбумин
- Г) преальбумин

**12. Гем құрамында не болады?**

- А)  $Fe^{3+}$ -пен байланысқан төрт пиррол сақинасы
- Ә)  $Fe^{2+}$ -мен байланысқан порфин
- Б) протопорфин IX
- В) метин топтары және  $Fe^{2+}$ -мен байланысқан төрт пиррол сақинасы
- Г) метин топтары және  $Fe^{3+}$ -мен байланысқан төрт пиррол сақинасы

**13. Құрамында темір болатын белоктар.**

- А) церулоплазмин
- Ә) карбоангидраза
- Б) гемосидерин

- В) ферритин
- Г) пластоцианин

**14. Сәйкестікті тап.**

**металлопротеидтер**

**металл**

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| 1) карбоангидраза   | А) $Mo^{2+}$ |
| 2) ксантинооксидаза | Ә) $Cu^+$    |
| 3) тирозиназа       | Б) $Mg^{2+}$ |
| 4) АТФ-аза          | В) $Zn^{2+}$ |
| 5) каталаза         | Г) $Fe^{3+}$ |

**15. Биохимия пәніне анықтама беріңіз:**

А) ағзалардың химиялық құрамын және ағзаның тіршілік әрекеті барысында оның химиялық өзгеріске ұшырау процесін зерттейді.

Ә) құрамы әртүрлі заттар туралы ғылыми көзқарастарды қалыптастырады.

Б) эволюция барысында әртүрлі тіршілік процестерінің өзгеріске ұшырауын зерттейді.

В) тірі ағзаның тіршілік заңдылықтарын зерттейді.

Г) барлығы дұрыс

**16. Биогеңді элементтерге жататын топ:**

- А) С, О, Н, N
- Ә) Mg, Fe, Co, H
- Б) С, Na, Cl, N
- В) N, O, P, S
- Г) Pb, Ba, Au, Ag

**17. Белоктің биохимиялық құндылығы неге тәуелді?**

- А) алмасатын аминоқышқылдарына
- Ә) алмаспайтын аминоқышқылдарына
- Б) циклді аминоқышқылдарының болуында
- В) циклді аминоқышқылдарының болмауында
- Г) пептидтік байланысына

**18. Белоктардың қарапайым буыны:**

- А)  $\alpha$ -аминоқышқылдар

- Ә) циклді аминқышқылдар
- Б)  $\beta$ -амин қышқылдары
- В) аминдер
- Г) иминдер

**19. Күрделі белоктар – протеидтер тобына жатады:**

- А) альбуминдер
- Ә) глобулиндер
- Б) гистондар
- В) хромопротеидтер
- Г) проламин

**20. Ферменттер мен фермент емес катализаторлар арасындағы ұқсастық:**

- А) энергетикалық мүмкіндігі бар реакцияларды катализдеу
- Ә) реакцияға түсетін заттардың біреуімен реакцияласу
- Б) реакция бағытының өзгермеуі
- В) каталиттік реакцияның қайтымдылығы
- Г) реакция жылдамдығының температураға тура пропорционалдығы

**21. Тірі ағзада ферменттер белсенді болатын температура аралығы:**

- А) 10-20<sup>0</sup>С
- Ә) 20-30<sup>0</sup>С
- Б) 30-40<sup>0</sup>С
- В) 40-50<sup>0</sup>С
- Г) 100<sup>0</sup>С

**22. Ағзадағы аниондардың биологиялық функциясына жатпайды:**

- А) энергетикалық
- Ә) синтездік
- Б) осмос қысымын реттеу
- В) тірек қызметі
- Г) ферменттік қызметі

**23. Апоферментпен берік, коваленттік байланыс арқылы байланысқан кофакторлардың аталуы.**

- А) простетикалық топ

- Ә) апофермент
- Б) кофактор
- В) кофермент
- Г) профермент

**24. Тыныс алу ферменттері**

- А) цитохромдар жүйесі
- Ә) каталаза
- Б) пероксидаза
- В) амилаза
- Г) фосфорилаза

**25. Шар немесе эллипс тәрізді белоктар**

- А) фибрилярлы
- Ә) глобулярлы
- Б) гликопротеидтер
- В) липопротеидтер
- Г) нуклеопротеидтер

**26. Кофермент өкілдері:**

- А) пируват
- Ә) гем
- Б) тирозин
- В) НАД<sup>+</sup>
- Г) витамин В<sub>1</sub>

**27. Сәйкестікті тап.**

**ферменттер класы**

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

**ферменттер**

- А) трансферазалар
- Ә) лиазалар
- Б) оксидоредуктазалар
- В) лигазалар
- Г) гидролазалар
- Д) изомеразалар

**28. Органикалық қосылыстардың декарбоксилдеу реакциясын катализдейтін ферменттер класы:**

- А) изомераза

- Ә) лиаза
- Б) лигаза
- В) трансфераза
- Г) гидролаза

**29. Ағзадағы катиондардың биологиялық функциясына не жатпайды?**

- А) құрылымдық
- Ә) транспорттық
- Б) реттеушілік
- В) тірек қызметі
- Г) осмос қысымын реттеу

**30. Аскорбин қышқылы немесе витамин С-ның негізгі көзі:**

- А) ет тағамдары
- Ә) өсімдік тағамдары
- Б) сүт тағамдары
- В) су
- Г) жасанды өнім

**31. Суда еритін витаминдер:**

- А) «Д» витамині
- Ә) «Е» витамині
- Б) «В» витамині
- В) «А» витамині
- Г) «F» витамині

**32. Өт қышқылдары.**

- А) хол, дезоксихол, литохол
- Ә) холестерин, холан қышқылы
- Б) пальмитин қышқылы, стеарин қышқылы
- В) линолен қышқылы, олеин қышқылы
- Г) линолен қышқылы, хол

**33. Гетеротрофты ағзалар.**

А) Фотосинтез реакцияларында күн сәулесінің қуатын сіңіріп, қуатының қоры мол күрделі заттарды түзе алатын ағзалар

- Ә) күн сәулесінің қуатын тікелей пайдалана алмайтын ағзалар
- Б) бойында қуат қоры мол ағзалар
- В) қуаттың бір түрін жұмысқа айналдыра алатын ағзалар
- Г) жұмыс нәтижесінде пайда болатын қуатты сіңіре алатын ағзалар

**34. Антипелларлық витамин:**

- А) Е
- Ә) С
- Б) В<sub>2</sub>
- В) В<sub>12</sub>
- Г) В<sub>5</sub>

**35. Д витаминінің аты:**

- А) ретинол
- Ә) кальциферол
- Б) токоферол
- В) тиамин
- Г) рибофлавин

**36. Күрделі ферменттердің белоктік бөлігі не деп аталады?**

- А) апофермент
- Ә) кофермент
- Б) субстрат
- В) профермент
- Г) изофермент

**37. Пепсин ферменті қандай ортада белсенділік көрсетеді?**

- А) рН = 1,5 – 2,2
- Ә) рН = 2,0 – 5,0
- Б) рН = 3,7 – 5,0
- В) рН = 8,0 – 10,0
- Г) рН = 11-13

**38. Жасуша «аккумуляторы» деп аталатын органелла.**

- А) рибосома
- Ә) митохондрия
- Б) Гольджи аппараты



- В) хлоропласт
- Г) лизосомалар

**39. Анаэробты тотығу қалай жүреді?**

- А) оттегі қатысқанда жүреді
- Ә) оттегісіз өтеді
- Б) су қатысында өтеді
- В) катализатор қатысында жүреді
- Г) кез келген фермент қатысында жүреді

**40. Гидрофильдік топтары бар белоктарға тән қасиет қандай?**

- А) суда ерімейді
- Ә) суда ериді
- Б) нейтрал ортада ериді
- В) тұздарда ериді
- Г) қышқылдарда ериді

**41. Триптофанды анықтау үшін қолданылатын түсті реакциялардың бірі:**

- А) Фоль реакциясы
- Ә) Миллон реакциясы
- Б) Адамкевич реакциясы
- В) Биурет реакциясы
- Г) Ксантопротеин реакциясы

**42. Ағзада витаминдер көп мөлшерде жинақталғанда пайда болатын ауру түрі:**

- А) гипervитаминоз
- Ә) гиповитаминоз
- Б) авитаминоз
- В) пеллагра ауруы
- Г) бери-бери ауруы

**43. Миофибрил белоктары**

- А) альбумин, глобулин, коллаген
- Ә) миозин, актин, тропонин
- Б) тропонин, миоглобулин, тропомиозин

- В) липопротеидтер, нуклеопротеидтер
- Г) металлопротеидтер, гликопротеидтер

**44. Сүйек ұлпасының негізін құрайтын элементтер.**

- А) Са мен Р
- Ә) Na мен К
- Б) Са мен Cl
- В) Си мен N
- Г)  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$

**45. Гемоглобин:**

- А) темірді тасымалдайды
- Ә) қорғаныш рөлін атқарады
- Б) кан ұюына қатысады
- В) өкпеден ұлпаларға оттегін, ұлпалардан өкпеге  $CO_2$  жеткізеді
- Г) оттегінің тотығуына қатысады

**46. Субстрат дегеніміз не?**

- А) фермент
- Ә) металл ионы
- Б) кофермент
- В) реакцияға ұшырайтын заттар
- Г) белсенді орталық

**47. Көмірсулар алмасуының энергия жағынан тиімдісі.**

- А) глюкогенолиз
- Ә) тыныс алу
- Б) гликолиз
- В) глюконеогенез
- Г) пентозафосфатты жолмен ыдырауы

**48. Диссоциациялану кезінде апоферменттен жеңіл бөлінетін топтың аталуы.**

- А) простетикалық топ
- Ә) кофермент
- Б) кофактор
- В) профермент
- Г) изофермент

**49. Кобальт катионы  $Co^{2+}$  қандай витамин құрамында болады:**

- А) А
- Ә)  $B_1$
- Б) С
- В)  $B_{12}$
- Г)  $B_5$

**50. Цитохромдардың Q класына кіретін катион:**

- А)  $K^+$
- Ә)  $Ca^{2+}$
- Б)  $Na^+$
- В)  $Fe^{2+}$
- Г)  $Zn^{2+}$

**51. Нуклеин қышқылдары дегеніміз:**

- А) күрделі органикалық қоспалар.
- Ә) үлкен молекулалы қосылыстар, нуклеотид мономерлерінен тұратын биополимерлер
- Б) молекуласы  $\alpha$ -амин қышқылдарының қалдықтарынан тұратын жоғары молекулалы органикалық қосылыстар.
- В) сыртқы ортадан заттардың ағзаға енуінен бастап, ыдырау өнімдерін қайта тысқа шығаруға дейінгі күрделі өзгеру тізбегі.
- Г) зат алмасу және энергия көзі.

**52. Белок дегеніміз не?**

- А) реакция нәтижесінде бөлініп шыққан немесе сіңіріп алынған жылу мөлшері
- Ә) үлкен молекулалы қосылыстар, нуклеотид мономерлерінен тұратын биополимерлер.
- Б) молекуласы  $\alpha$ -аминқышқылдарының қалдықтарынан тұратын жоғары молекулалы органикалық қосылыстар.
- В) сыртқы ортадан заттардың ағзаға енуінен бастап, ыдырау өнімдерін қайта тысқа шығаруға дейінгі күрделі өзгеру тізбегі.
- Г) зат алмасу және энергия көзі.

**53. Липидтер дегеніміз не?**

- А) молекуласы көбінесе химиялық элементтерден – көміртек, сутек және оттегінен тұратын органикалық қоспалар

- Ә) майлар және майға ұқсас заттар
- Б) қан тамырларының, әсіресе, артерияның ішкі қабығына холестерин жиналу ауруы
- В) метаболизм реакциясының барысында түзілетін қосылыс
- Г) тұқымқуалаушылықтың материалдық бірлігі, ДНК молекуласының бөлігі болып табылады

**54. Йод адам рационында жетіспесе қалқанша бездері төмендегідей ауруға шалдығады:**

- А) анемия
- Ә) цинга
- Б) зоб
- В) рахит
- Г) ақшам соқыр

**55. Бір молекула глицерин тотыққанда жаңадан пайда болатын АТФ молекулаларының саны:**

- А) 12
- Ә) 22
- Б) 38
- В) 14
- Г) 8

**56. «Өмір дегеніміз – белокты денелердің өмір сүру тәсілі» анықтамасын берген ғалым кім?**

- А) Э. Фишер
- Ә) Н. Любавин
- Б) Ф. Энгельс
- В) К. Маркс
- Г) А. Я. Данилевский

**57. Денатурацияланған белок молекуласының жоғалтатын қасиеті:**

- А) биологиялық активтілігі
- Ә) ерігіштік
- Б) оптикалық тығыздығының өзгеруі
- В) химиялық құрамы
- Г) изомерия құбылысының жойылуы

**58. ДНҚ-репликациясына қатысатын ферменттер саны**

- А) 20
- Ә) 15
- Б) 10
- В) 5
- Г) 0

**59. Тұтас емес цистронның кодталатын бөлігі**

- А) оператор
- Ә) цистрон
- Б) экзондар
- В) спейсер
- Г) интрон

**60. Белок биосинтезі жүретін жасуша органелласы.**

- А) митохондрия
- Ә) рибосома
- Б) Гольджи аппараты
- В) хлоропластар
- Г) ядро

**61. А-витаминоз дегеніміз не?**

- А) витаминдердің ағзаға жетіспеушілігінен туатын процесс
- Ә) витаминдердің активтік формасы
- Б) тәуліктік қажетті мөлшері төмендегенде байқалатын процес
- В) витаминдердің биологиялық рөлі
- Г) витаминдердің атқаратын қызметі

**62. Жануарлар ағзасында триптофаннан не синтезделеді?**

- А) никотин қышқылының амиді
- Ә) рибофлавин
- Б) пантотен қышқылы
- В) викасол
- Г) токоферол

**63. Белоктік табиғаты бар гормондар:**

- А) трийодтиронин

- Ә) тироксин
- Б) паратгормон
- В) адреналин
- Г) альдостерол

**64. Стероидты гормондар:**

- А) кальцитонин
- Ә) вазопрессин
- Б) окситоцин
- В) тестостерон
- Г) адреналин

**65. Минорлы нуклеозидтер:**

- А) риботимидин
- Ә) аденозин
- Б) цитидин
- В) инозин
- Г) гуанозин

**66. Қалай аталады?**



- А) аденин
- Ә) гуанин
- Б) урацил
- В) тимин
- Г) цитозин

**67. ДНҚ-ның қос спиралінің бір айналымына келетін нуклеотидтер саны:**

- А) 5
- Ә) 10

- Б) 15
- В) 20
- Г) 100

**68. Энергияның алғашқы қайнар көзіне байланысты ағзалар қалай бөлінеді?**

- А) гетеротрофты
- Ә) хемотрофты
- Б) аутоотрофты
- В) фототрофты
- Г) гемді

**69. Гомополисахаридтер өкілі.**

- А) крахмал, гликоген, целлюлоза
- Ә) гликоген, гепарин, крахмал
- Б) гиалурон қышқылы, гликоген, гепарин
- В) крахмал, гиалурон қышқылы, гепарин
- Г) целлюлоза, гиалурон қышқылы, крахмал

**70. Сәйкестікті табу**

**Гликолиз:**

- 1. аэробты
- 2. анаэробты

**соңғы өнім:**

- А) лактат
- Ә) НАДН · Н<sup>+</sup>
- Б) пируват
- В) Н<sub>2</sub>О
- Г) АТФ

**71. Катаболизмнің негізгі жолдары.**

- А) пентозофосфатты
- Ә) пируваттың тотыға декарбоксилденуі
- Б) гликолиз
- В) үш карбон қышқылдар циклі
- Г) глюкозаның фосфорилденуі

**72. Коэнзим А тасымалдайды:**

- А) метил топтарын
- Ә) ацил топтарын

- Б) фосфатты топтарды
- В) формил тобын
- Г) амин тобын

**73. Глюкоза  $\text{CO}_2$  және  $\text{H}_2\text{O}$ -ға дейін толық тотыққанда түзілетін**

**АТФ саны:**

- А) 12
- Ә) 24
- Б) 30
- В) 36
- Г) 38

**74. АТФ ең көп түзілетін процесс:**

- А) пируваттың тотыға декарбоксилденуі
- Ә) гликолиз
- Б) үш карбон қышқылдар циклі
- В) пентозомонофосфатты
- Г) глюкозаның фосфорилденуі

**75. Ағзада глюконеогенез жүреді:**

- А) бұлшық етте
- Ә) жүрек етінде
- Б) бауырда
- В) өкпеде
- Г) бүйректе

**76. Глюконеогенезді активтендіретін гормон.**

- А) вазопрессин
- Ә) глюкагон
- Б) тироксин
- В) инсулин
- Г) адреналин

**77. Гликоген биосинтезін катализдейтін ферменттер:**

- А)  $\alpha$ -1,6-глюкозидаза
- Ә) гликогенфосфорилаза



- Б) гликогенсинтетаза
- В) фосфоглюкомутаза
- Г) глюкозилтрансфераза

**78. Стероидтар төмендегі қосылыстардың қайсысының туындысы?**

- А) фенантрен
- Ә) циклопентан
- Б) циклопентанпергидрофенантрен
- В) пергидрофенантрен
- Г) протопорфирин

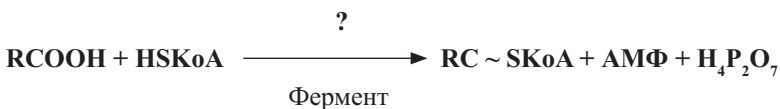
**79. Триглицеридтер молекуласындағы күрделі эфирлік байланысы бойынша ферментативті гидролиз мына фермент қатысында түседі:**

- А) фосфолипаза
- Ә) эстераза
- Б) алилэстераза
- В) липаза
- Г) ацетилхолинэстераза

**80. Жоғары май қышқылдары катаболизмінің негізгі жолы:**

- А) тотықсыздану
- Ә) ω-тотығу
- Б) α-тотығу
- В) β-тотығу
- Г) декарбоксилдену

**81. Ферментті табу:**



- А) ацетилтрансфераза
- Ә) ацилКоА-синтетаза
- Б) ацилКоА-трансфераза
- В) ацетилКоА-ацилтрансфераза
- Г) ацетил КоА-дегидрогеназа

**82. Сәйкестікті тап.**

**пептидазалар**

- 1) экзопептидазалар
- 2) эндопептидазалар

**аттары**

- А) трипсин
- Ә) карбоксипептидаза
- Б) эластаза
- В) пепсин
- Г) аминопептидаза
- Д) химотрипсин

**83. Асқазанда белоктарды ыдыратады:**

- А) трипсин
- Ә) пепсин
- Б) гастрин
- В) химотрипсин
- Г) эластаза

**84. Терминация кодоны емес:**

- А) УУУ
- Ә) УГА
- Б) УАГ
- В) УАА
- Г) АЦЦ

**85. Биологиялық тотығудың жаңа түсініктерін 1933 ж. кім енгізді?**

- А) Лавуазье
- Ә) Варбурн
- Б) Бах
- В) Палладин
- Г) Кейлин

**86. Биологиялық тотығу процесінде КоQ рөлі қандай?**

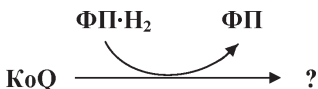
- А) НАД·Н<sub>2</sub> пен ФАД·Н<sub>2</sub> – комплекстерді цитохром жүйесімен байланыстырады
- Ә) тотығу-тотықсыздану процестеріне қатысты электрондарды тасымалдайды
- Б) дегидрогеназа НАД-ның НАД·Н<sub>2</sub> айналып, апоферментпен үзілуін жүргізеді

- В) энергияның біртіндеп бөлінуін жүргізеді  
 Г) эндогенді су түзеді

**87. Макроэргтік қосылыстардың әр байланысының энергиясы қандай?**

- А) 43 кДж/моль  
 Ә) 33 кДж/моль  
 Б) 23 кДж/моль  
 В) 13 кДж/моль  
 Г) 10 кДж/моль

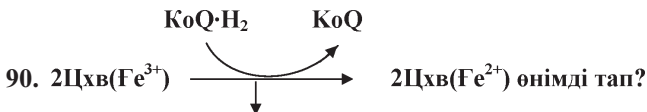
**88. Тотықсызданған өнімді тап:**



- А) НАД<sup>+</sup>  
 Ә) пируват  
 Б) КоQ·H<sub>2</sub>  
 В) лактат  
 Г) НАДФ<sup>+</sup>

**89. Биологиялық тотығудың АТФ синтезіне жеткілікті энергия бөліну нүктесі қалай аталады?**

- А) ЦхС<sub>1</sub> (Fe<sup>2+</sup>) тотығу нүктесі  
 Ә) ЦхС<sub>1</sub> (Fe<sup>3+</sup>) тотықсыздану нүктесі  
 Б) БТ мен тотығудан фосфорлану процестерінің қабысатын нүктесі  
 В) O<sub>2</sub> мен ЦхА<sub>3</sub> (Fe<sup>2+</sup>) әрекеттесу нүктесі  
 Г) эндогенді судың түзілу нүктесі



- А) электрондар  
 Ә) сутек иондары  
 Б) оттегі молекуласы  
 В) энергия  
 Г) АТФ

**91. Биологиялық тотығудың жүруін тежейтін заттар:**

- А) убихинон
- Ә) АТФ
- Б) дегидрогеназалар
- В) антибиотиктер
- Г) пероксидазалар

**92. Каталаза, пероксидаза ферменттері жинақталған жасуша оргanelласы:**

- А) митохондрия
- Ә) эндоплазмалық тор
- Б) лизосома
- В) пероксисома
- Г) рибосома

**93. Пептидтік байланысты түзетін атомдар тобы.**

А) – CO – NH –

Ә) – CH<sub>2</sub> – NH<sub>2</sub> –

Б) – CH<sub>2</sub> – OH

В) – C – OH



Г) –NH – CH<sub>2</sub> – OH

**94. Цистеинді анықтау үшін қолданылатын түсті реакциялардың бірі:**

- А) Фоль реакциясы
- Ә) Миллон реакциясы
- Б) Адамкеевич реакциясы
- В) Биурет реакциясы
- Г) Ксантопротеин реакциясы

**95. Ағзада қажетті витамин мөлшерінің нормадан төмендеп кетуінен болатын ауру.**

- А) авитаминоз
- Ә) гиповитаминоз
- Б) гипервитаминоз

- В) рахит
- Г) дерматит

**96. Анаболизм кезінде қандай процесс жүреді?**

- А) қуат сіңеді
- Ә) қуат бөлінеді
- Б) қуат бөлініп ағзада жинақталады
- В) қуат өзгермейді
- Г) қуат митохондрияда жинақталады

**97. Глюкоза жататын топ:**

- А) кетогексоза
- Ә) кетопентоза
- Б) альдогексоза
- В) альдопентоза
- Г) дисахарид

**98. Майлардың химиялық құрамы.**

- А) үш атомды спирт глицерин мен майлы карбон қышқылдары
- Ә) екі атомды спирт этиленгликоль және карбон қышқылдары
- Б) глицерин мен сірке қышқылы
- В) глицерин
- Г) фосфор қышқылы мен глицерин

**99. Ферменттер атқаратын қызметіне қарай неше топқа бөлінеді?**

- А) 2 топ
- Ә) 3 топ
- Б) 4 топ
- В) 5 топ
- Г) 6 топ

**100. Жеміс шырыны мен балда көп кездесетін көмірсу.**

- А) крахмал
- Ә) гликоген
- Б) фруктоза
- В) сахароза
- Г) лактоза

**101. Күрделі заттардың сумен қосылып қарапайым заттарға ыдырауына қатысатын ферменттер.**

- А) оксидоредуктаза
- Ә) трансфераза
- Б) гидролаза
- В) изомераза
- Г) лиаза

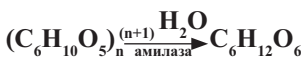
**102. Зат алмасуы немесе метаболизм дегеніміз не?**

- А) тірі ағзаның құрамындағы заттардың өздігінен жаңарып отыруы
- Ә) тірі ағзаның сапалық, сандық құрамы мен құрылымының өте күрделі болуы
- Б) тірі ағзаның көбею қабілеттілігі
- В) айналадағы ортадан келетін немесе ағзаның өзіндегі заттардың өздігінен үздіксіз жүретін химиялық өзгерістер жиынтығы
- Г) күрделі молекулалы заттардың суымен қосылып, шағын бөлшектерге ыдырауы

**103. Қандағы глюкоза мөлшері мына аралықта болғанда гипергликемия пайда болады:**

- А) 4-5 ммоль/л
- Ә) 3,3-5,5 ммоль/л
- Б) 1,5-33,3 ммоль/л
- В) 5,5-6,5 ммоль/л
- Г) 6,5-10 ммоль/л

**104. Реакция типін анықтаңыз.**



- А) гидролиз
- Ә) қосылу
- Б) орын басу
- В) нейтралдау
- Г) ыдырау

**105. Комплементарлық негіздер деп қандай негіздерді атаймыз?**

- А) жұп құрап, сутек байланыстарымен үйлесетін негіздер

- Ә) минорлы негіздер
- Б) молекулаларының спиральдік формасы тұрақты негіздер
- В) кері параллельді негіздер
- Г) параллельді орналасатын негіздер

**106. Калий және натрий элементтері жататын топ.**

- А) макробиогенді
- Ә) олигобиогенді
- Б) микробиогенді
- В) ультрабиогенді
- Г) металлорганикалық

**107. Фибрилярлы белоктар қай ұлпаның құрамына кірмейді?**

- А) сүйек ұлпасы
- Ә) бұлшық ет
- Б) шеміршек ұлпасы
- В) май ұлпасына
- Г) ми ұлпасы

**108. Мына реакция қандай фермент қатысында жүреді?**



- А) альдолаза
- Ә) фосфоглюкомутаза
- Б) фосфоорилаза
- В) изомераза
- Г) гексокиназа

**109. Макроэргиялық қосылыстар:**

- А) фосфор қышқылының қалдықтары бар қосылыстар
- Ә) құрамында қуатқа бай байланыстары бар қосылыстар
- Б) мембрана арқылы заттарды тасымалдайтын қосылыстар
- В) трансфосфорлану арқылы пайда болған қосылыстар
- Г) қуаттың бір түрін жұмысқа айналдыра алатын қосылыстар

**110. Сүт қышқылы жататын топтар:**

- А) гидроксикарбон қышқылы
- Ә) оксикарбон қышқылы

- Б) аминокарбон қышқылы
- В) карбон қышқылы
- Г) көп атомды спирттер

**111. Негіздік қасиетке ие амин қышқылы:**

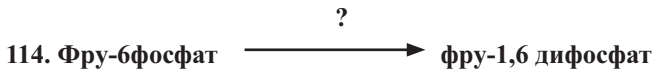
- А) глутамин
- Ә) тирозин
- Б) валин
- В) лизин
- Г) серин

**112. Тірі ағза құрамына кіретін элементтер концентрация мөлшеріне қарай қанша топқа бөленді?**

- А) 2
- Ә) 3
- Б) 4
- В) 5
- Г) 6

**113. Гидрофильдік топтары бар белоктарға тән қасиет:**

- А) суда ерімейді
- Ә) суда ериді
- Б) нейтрал ортада ериді
- В) тұздарда ериді
- Г) қышқылдарда ериді



- А) изомераза
- Ә) гексокиназа
- Б) фруктофосфокиназа
- В) амилаза
- Г) киназа

**115. Көмірсулардың биологиялық рөлі (дұрыс емес жауапты тап):**

- А) Жасушаның барлық тіршілік әрекеттерінде қозғалысқа, секрецияға, биосинтезге жұмсалатын энергия көзі



- Ә) жасушаның тұқымқуалау, көбею процесіне қатысады
- Б) өсімдіктерге беріктік, тірек қасиет береді
- В) қорғаныш қызметі
- Г) гидроосмотық қызмет

**116. Жасушадан тыс жүретін заттардың өзгерісі қалай аталады?**

- А) метаболизм
- Ә) сыртқы алмасу
- Б) катаболизм
- В) анаболизм
- Г) диффузия

**117. Қандай тағам арқылы ағзаға жеткілікті мөлшерде «В» витаминдерінің түсуі мүмкін:**

- А) ұннан жасалған тағаммен
- Ә) көкөністерден
- Б) жеміс-жидектен
- В) ет
- Г) сүт

**118. Биохимия ғылым ретінде қай ғасырда пайда болды?**

- А) 16-19 ғғ.
- Ә) 15-16 ғғ.
- Б) 15-17 ғғ.
- В) 17-18 ғғ.
- Г) 19-20 ғғ.

**119. Витаминдерді ашқан ғалым кім?**

- А) Лунин
- Ә) Павлов
- Б) Либих
- В) Эйкман
- Г) Сеченов

**120. Биологиялық әрекетшіл заттарды, ағзадағы метаболизм, зат алмасу реакцияларын үдететін, өсу, көбею қарқынын, тағы басқа маңызды функцияларды реттеушілер.**

- А) гормондар

- Ә) эндокрин бездері
- Б) эритроциттер
- В) жүйке жүйесі
- Г) нуклеин қышқылдары

**121. Ағзаларды зерттеу бағыты бойынша биохимияны үш түрге бөледі:**

- А) статикалық, динамикалық, функционалдық
- Ә) мономерлік, полимерлік, изотоптық
- Б) белоктік, стероидтар туындысы, амин қышқылдарының туындысы
- В) гомогендік, гетерогендік, экогендік
- Г) қарапайым, күрделі, жүйелі

**122. Ағзада биохимиялық процестерге қандай табиғи факторлар әсер етеді?**

- А) су тасқыны, судың булануы
- Ә) ауа температурасы, ылғалдық, күн радиациясы
- Б) жер эрозиясы
- В) биотикалық факторлар
- Г) таусылатын табиғи ресурстар

**123. Тірі ағзада химиялық процестерде жылу бөле жүретін реакцияларды қалай атайды?**

- А) гомогендік
- Ә) экзоэргиялық
- Б) эндоэргиялық
- В) гетерогендік
- Г) динамикалық

**124. ДНҚ молекуласының құрылымдық моделін жасаған кім?**

- А) Сеченов және Павлов
- Ә) Вернадский
- Б) Джеймс Уотсон және Фрэнсис Крик
- В) Либих және Шеврель
- Г) Берцелиус

**125. Су – көптеген органикалық және минералдық заттардың \_\_\_\_\_**

- А) өте нашар еріткіші

- Ә) нашар еріткіші
- Б) таңдаушы еріткіші
- В) өте жақсы еріткіші
- Г) уақытша еріткіші

**126. Д. И. Менделеевтің периодтық кестесіндегі қай төрт элемент бүкіл органикалық қосылыстарды түзеді?**

- А) фосфор, калий, натрий, ванадий
- Ә) күкірт, йод, селен, теллур
- Б) рубидий, аргон, кальций, кобальт
- В) сутек, көміртек, оттегі, азот
- Г) молибден, цинк, темір, хлор

**127. ДНК адам ағзасында неше хромосомаға бөлінген?**

- А) 20
- Ә) 23
- Б) 40
- В) 46
- Г) 50

**128. Төмендегі көмірсулар ішінде моносахарид:**

- А) сахароза
- Ә) лактоза
- Б) мальтоза
- В) фруктоза
- Г) клетчатка

**129. Биохимияның ең түпкі мақсаты:**

- А) элементтердің алмасу кезінде бір-біріне қолайлы жағдай туғызып, бір-бірінің сіңімділігін арттыру
- Ә) элементтердің бір-біріне организмде қолайсыз жағдай туғызып, сіңімділігі мен пайдалануына кедергі келтіруі
- Б) белгілі бір тәртіппен кезектесіп келетін күрделі және көп қырлы биохимиялық реакциялардың жиынтығы
- В) тірі ағзалардың тіршілігін химия тілінде жазып шығу
- Г) ағзадағы әртүрлі қимыл жасайтын қызметті атқаратын ұлпасы

**130. 100 г. май тотыққанда түзілетін эндогенді судың мөлшері:**

- А) 107 г
- Ә) 20 г
- Б) 97 г
- В) 50 г
- Г) 15 г

**131. Нуклеин қышқылдарын алғаш рет өсімдіктер жасушасынан бөліп алған ғалым кім?**

- А) Ф. Мишер
- Ә) А. Белозерский
- Б) Р. Альтман
- В) Е. Чаргафф
- Г) Г. Шванн

**132. Шаперон бұл: (дұрыс емес жауапты тап)**

- А) глобулярлы белоктар
- Ә) денатурацияға түскен белоктармен байланысады
- Б) денатурацияға түскен белоктардың ыдырауына оң ықпалын тигізеді
- В) жасушаның барлық бөлігінде кездеседі
- Г) денатурацияға түскен белоктардың ыдырауына теріс ықпалын тигізеді

**133. сер–глу–про–лиз–гис пептид радикалдарының құрамындағы амин қышқылдарына сәйкестігін тап:**

**Радикалдар сипаты**

- А) анион тобы бар гидрофильді радикал
- Ә) гидрофильді радикал, катион тобы бар
- Б) гидрофильді зарядсыз радикал
- В) гидрофобты радикал
- Г) гидрофобты зарядсыз радикал

**аминқышқылдар**

- 1. сер
- 2. глу
- 3. про
- 4. лиз
- 5. гис

**134. Холин қандай күрделі липидтің құрамында кездеседі:**

- А) кефалин
- Ә) лецитин
- Б) сфингомиелин

- В) фосфолипид
- Г) гликолипид

**135. Трипсиногеннің трипсинге айналуын не белсендіреді?**

- А) энтерокиназа ферменті
- Ә) автокатализ (НСІ қатысында)
- Б) эндопептидаза ферменті
- В) пепсин
- Г) эластаза

**136. Берілген пептид: сер – глу – про – лиз – гис:  
Сәйкестікті тап:**

<b>Радикалдар сипаты</b>	<b>аминқышқыл</b>
А) С – шеткі аминқышқыл	1. сер
Ә) иминқышқылы	2. глу
Б) диаминмонокарбон қышқылы	3. про
В) N – шеткі аминқышқыл	4. лиз
Г) моноаминодикарбон қышқылы	5. гис

**137. Цитохромдар күрделі белоктардың қай тобына жатады?**

- А) нуклеопроteid
- Ә) фосфопроteid
- Б) хромопроteid
- В) липопротеид
- Г) гликопротеид

**138. Оптикалық қасиеті жоқ амин қышқылы.**

- А) лейцин
- Ә) цистеин
- Б) глицин
- В) аргинин
- Г) аланин

**139. Жұп өт қышқылдарының түзілу процесіне қатысатын амин қышқылы.**

- А) таурин

- Ә) серин
- Б) цистеин
- В) глицин
- Г) аланин

**140. Реттеу функциясын орындайтын қосылыстар.**

- А) фосфолипидтер
- Ә) сфинголипидтер
- Б) простогландиндер
- В) стеролдар
- Г) терпендер

**141. Қанықпаған май қышқылы.**

- А) линол қышқылы
- Ә) стеарин қышқылы
- Б) олеин қышқылы
- В) миристин қышқылы
- Г) линолен қышқылы

**142. Липидтерді ерітетін қосылыстар:**

- А) су
- Ә) хлороформ
- Б) қышқыл
- В) бензол
- Г) сілтілер ерітіндісі

**143. Пируваткарбоксилазаның коферменті.**

- А) НАД<sup>+</sup>
- Ә) ФАД
- Б) биотин
- В) ФМН
- Г) фолий қышқылы

**144. Глюконеогенез бен гликолиз процесіне қатысатын фермент:**

- А) гексокиназа
- Ә) пируваткиназа
- Б) альдолаза

- В) фосфофруктокиназа
- Г) пируваткарбоксилаза

**145. Пентозафосфатты циклде НАДФН·Н<sup>+</sup> -ның тотықсыздануы жүретін реакция:**

- А) 6-фосфоглюконо-δ-ликтонның түзілуі
- Ә) рибулозо-5-фосфаттың түзілуі
- Б) седогептулозо-7-фосфаттың түзілуі
- В) ксилулозо-5-фосфаттың түзілуі
- Г) глицеральдегид-3-фосфаттың түзілуі

**146. Коэнзим А-ның атқаратын функциясы:**

- А) метил тобын тасымалдау
- Ә) ацил тобын тасымалдау
- Б) фосфат топтарын тасымалдау
- В) амин топтарын тасымалдау
- Г) формил тобын тасымалдау

**147. Глюкоза тотығуының пентозафосфатты жолының биологиялық қызметі:**

- А) АТФ-тың 12 молекуласының синтезі
- Ә) НАДН·Н<sup>+</sup> - тотықсыздануы
- Б) НАДФ·Н<sup>+</sup> - тотықсыздануы
- В) рибозо-5-фосфаттың түзілуі
- Г) аралық метаболиттердің гликолизіне қосылуы

**148. НАД<sup>+</sup> - кофермент:**

- А) гликогенфосфорилазаның
- Ә) альдолазаның
- Б) енолазаның
- В) D-глицеральдегидофосфатдегидрогеназаның
- Г) пируваткиназаның

**149. Сәйкестікті тап:**

- |                        |   |
|------------------------|---|
| <i>фермент</i>         | <i>катализдейтін реакция</i>            |
| А) фосфоглицераткиназа | 1) 3-фосфоглицераттың 2-фосфоглицератқа |
| Ә) фосфоглицератмутаза | изомерленуі                             |

- Б) гликогенфосфоорилаза      2) гликоген молекуласында  $\alpha$ -1,4  
байланыстардың ыдырауы  
3) глюкозаның фосфорлануы

**150. Цистеин тотықсыздана дезаминдеу нәтижесінде түзеді:**

- А) пируват  
Ә)  $H_2O$   
Б)  $H_2S$   
В) лактат  
Г)  $NH_3$

**151. Тотықсыздана дезаминдеу қандай аминқышқылына тән:**

- А) серин  
Ә) аланин  
Б) тирозин  
В) глутамин қышқылы  
Г) цистеин

**152. дУМФ-ның дТМФ-ға айналуы кезінде метил тобының доноры болатын топ:**

- А) холин  
Ә) S-аденозилметионин  
Б) метил-тетрагидрофолат  
В) холестерол  
Г) гликоген

**153. Эукариот геномдарын кодтайтын фрагменттер:**

- А) цитрондар  
Ә) экзондар  
Б) оператор  
В) промотор  
Г) терминатор

**154. РНҚ-полимераза ферментінің суббірліктер саны:**

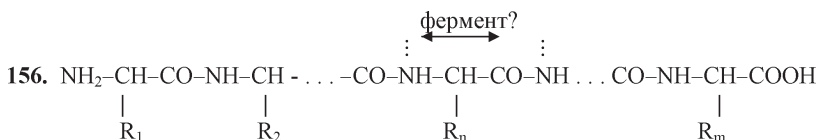
- А) бір  
Ә) екі  
Б) үш



- В) төрт
- Г) бес

**155. ДНҚ-синтезіне қатыспайтын ферменттер:**

- А) ДНҚ-полимераза
- Ә) РНҚ-полимераза
- Б) эндонуклеаза
- В) киназа
- Г) гириза



- А) аминопептидаза
- Ә) карбоксипептидаза
- Б) эндопептидаза
- В) транспептидаза
- Г) экзопептидаза

**157. РНҚ-матрицасында ДНҚ синтезін жүргізетін фермент.**

- А) ДНҚ-полимераза III
- Ә) РНҚ-полимераза
- Б) лигаза
- В) ревертаза
- Г) гириза

**158. Белок синтезін бастаушы кодон.**

- А) АУГ
- Ә) УАА
- Б) УГА
- В) УАГ
- Г) АЦЦ

**159. Эукариот жасушаларындағы АТФ синтезі:**

- А) митохондрийдің ішкі мембранасында жүреді
- Ә) митохондрийдің сыртқы мембранасында жүреді

- Б) эндоплазматикалық ретикулум мембранасында жүреді
- В) плазматикалық мембранада жүреді
- Г) Гольджи аппаратында

**160. Эукариот геномын кодтайтын фрагмент?**

- А) интрондар
- Ә) экзондар
- Б) оператор
- В) промотор
- Г) терминатор

**161. Сүтқоректілерде алмасатын амин қышқылдарының синтезі жүреді.**

- А) гемнің ыдырау нәтижесінде пайда болған өнімдерден
- Ә) үшқарбон қышқыл циклінің метаболиттерінен
- Б) пурин ыдырау кезінде пайда болатын аралық өнімдерден
- В) ацетил – КоА
- Г) пиримидин ыдырау кезінде пайда болатын аралық өнімдер

**162. Мочевина синтезі кезінде азот атомдарының доноры.**

- А) аммиак
- Ә) орнитин
- Б) аспаргат
- В) аргинин
- Г) метионин

**163. Аш ішекте пептидтерді бос амин қышқылдарына дейін ыдырататын ферменттер.**

- А) трипсин
- Ә) химотрипсин
- Б) трипептидаза
- В) дипептидаза
- Г) пепсин

**164. Қандай амин қышқылы тотықсыздана дезаминдеуге бейім келеді?**

- А) серин

- Ә) аланин
- Б) тирозин
- В) глутамин қышқылы
- Г) цистеин

**165. Трансаминдеу – бұл амин топтарын бір молекуладан басқа молекулаға тасымалдау:**

- А)  $\alpha$ -амин қышқылдан  $\alpha$ -кетоқышқылға
- Ә)  $\alpha$ -амин қышқылдан  $\alpha$ -гидроқышқылға
- Б) аминнен  $\alpha$ -кетоқышқылға
- В) аминнен  $\alpha$ -гидроқышқылға
- Г) аммиактан  $\alpha$ -гидроқышқылға

**166. Фотосинтездің қараңғы фазасында 1 молекула глюкоза синтезіне жұмсалатын АТФ саны:**

- А) 3
- Ә) 6
- Б) 18
- В) 12
- Г) 8

**167. Фотосинтезде глюкозаның тотықсыздану реакциялары кезінде донор болатын кофермент:**

- А) НАД·Н
- Ә) ФАД·Н<sub>2</sub>
- Б) НАДФ·Н
- В) ФМН·Н<sub>2</sub>
- Г) АТФ

**168. Жарық фазада жүретін реакцияларға жатпайтын процесс:**

- А) судың фотототығыуы
- Ә) СО<sub>2</sub> рибулозодифосфатпен байланысуы
- Б) НАДФ<sup>+</sup> фотототықсыздануы
- В) рибулоза-5фосфат
- Г) ксилулоза-5фосфат

**169. Убихинонның структуралық аналогы:**

- А) цитохром b
- Ә) ферредоксин
- Б) пластоцианин
- В) пластохинон
- Г) холин

**170. ФАД немесе ФМН молекулаларының активті бөлігі.**

- А) пиримидин
- Ә) пиридин
- Б) изоаллоксазин
- В) аденин
- Г) рибитол

**171. ДНҚ спиралінің бір айналымына келетін нуклеотидтер жұбының саны:**

- А) 5
- Ә) 10
- Б) 15
- В) 20
- Г) 100

**172. Екі спиральді ДНҚ молекуласының диаметрі:**

- А) 0,18 нм
- Ә) 1,8 нм
- Б) 18 нм
- В) 180 нм
- Г) 1800 нм

**173. Ұйқы безінің гормоны инсулин – бұл:**

- А) стероидты гормон
- Ә) амин қышқыл туындысы
- Б) кіші молекулалы белок
- В) гликопептид
- Г) липопротеид

**174. Әр ферментте кодталған номер:**

- А) бес таңбалы
- Ә) төрт таңбалы
- Б) үш таңбалы
- В) екі таңбалы
- Г) бір таңбалы

**175. Сәйкестікті тап:**

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
|                       | <b>соңғы өнім</b>        |
| А) аэробты гликолиз   | 1) лактат                |
| Ә) анаэробты гликолиз | 2) НАДН · H <sub>2</sub> |
|                       | 3) пируват               |
|                       | 4) H <sub>2</sub> O      |
|                       | 5) АТФ                   |

**176. Гликолиз процесі кезінде АТФ жұмсалатын реакция.**

- А) фру-6-фосфат түзілу кезінде
- Ә) глю-6-фосфат түзілу кезінде
- Б) фру-1,6-дифосфат түзілгенде
- В) 3-глицеральдегид түзілгенде
- Г) 3-фосфоглицерат түзілгенде

**177. Гликолиз процесінде 2-фосфоглицерат түзілуін катализдейтін фермент.**

- А) фосфоглицератмутаза
- Ә) триозофосфатизомераза
- Б) глицеролфосфатдегидрогеназа
- В) глицеральдегидфосфатдегидрогеназа
- Г) глюкоза-6фосфатдегидрогеназа

**178. Фосфофруктокиназа әсерінен фруктозо-6-фосфаттың фруктозо-1,6-дифосфатқа айналуына қажет:**

- А) НАДФН · H<sup>+</sup>
- Ә) Коэнзим А (КоА)
- Б) АДФ
- В) НАД<sup>+</sup>
- Г) НАДН · H<sup>+</sup>

**179. Глюкозаның пентозофосфатты жолмен тотығыуының биологиялық функциясы:**

- А) АТФ-тың 12 молекуласының синтезі
- Ә) НАДН · Н<sup>+</sup> жаңарту
- Б) НАДФН · Н<sup>+</sup> жаңарту
- В) рибоза-5-фосфаттың түзілуі
- Г) аралық метаболиттердің гликолизға түсуі

**180. Пентозофосфатты жолмен тотықсызданғанда НАДФН · Н<sup>+</sup>:**

- А) цитозолда синтезге жұмсалады
- Ә) сутек индарының доноры болады
- Б) НАД<sup>+</sup>  $\longrightarrow$  НАДН · Н<sup>+</sup> дейін тотықсыздандырады
- В) глутатионды тотықсыздандырады
- Г) глюконеогенез процесіне қатысады

**181. Глюкоза синтезіне жұмсалуды мүмкін:**

- А) аминақышқылдар
- Ә) глицерин
- Б) май қышқылдары
- В) холестерол
- Г) Ко-А

**182. Фру-1-фосфаттан гликоген синтезіне қатысады:**

- А) фосфофруктокиназа
- Ә) фосфоглюкомутаза
- Б) гликогенсинтаза
- В) глюкоза-1-фосфатуридинтрансфераза
- Г) гликогенфосфорилаза

**183. Гликоген биосинтезінде глюкозилді қалдықты тасымалдайды:**

- А) АТФ
- Ә) ГТФ
- Б) АДФ
- В) УТФ
- Г) УДФ

**184. Үш карбон қышқыл циклінің негізгі функциясы, тотықтыру:**

- А) пируватты

- Ә) ацетатты
- Б) ацетил-коэнзим А
- В) лактатты
- Г) цитратты

**185. Ағзада глюконеогенез жүретін қай мүшелер?**

- А) бұлшық еттер
- Ә) жүрек ет
- Б) бауыр
- В) өкпе
- Г) бүйрек

**186. Моноқанықпаған май қышқылы.**

- А) линол
- Ә) стеарин
- Б) олеин
- В) миристин
- Г) линолен

**187. Сфингофосфолипидтер мен гликолипидтердің ортақ компоненті.**

- А) глицерин
- Ә) холин
- Б) көмірсу
- В) сфингозин
- Г) фосфор қышқылы

**188. Биомембраналардың қалыңдығы:**

- А) 0,1 – 1 нм
- Ә) 6 – 10 нм
- Б) 10 – 20 нм
- В) 2 – 5 нм
- Г) 1 – 2 нм

**189. Глицерофосфолипидтер синтезі негізінен қайда өтеді?**

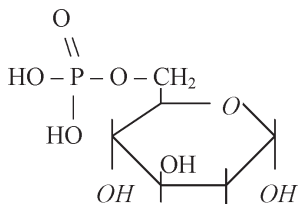
- А) митохондрияда
- Ә) эндоплазматикалық ретикулумде

- Б) Гольджи аппаратында
- В) цитозолда
- Г) ядрода

**190. Өндірісте глюкозаны крахмалдан мына фермент көмегімен алады:**

- А)  $\alpha$ -амилаза
- Ә) альдолаза
- Б) глюкозооксидаза
- В) амилоглюкозидаза
- Г) фосфатаза

**191. Көмірсуларды атаңыз:**

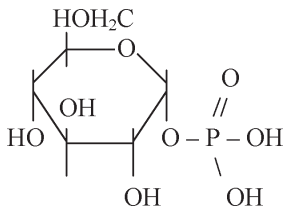


- А)  $\alpha$ -D-глюкоза-6-фосфат
- Ә)  $\alpha$ -D-фруктозо-1-фосфат
- Б)  $\alpha$ -D-фруктозо-6-фосфат
- В)  $\alpha$ -D-глюкозо-1-фосфат
- Г)  $\beta$ -D-фруктозо-6-фосфат

**192. Репликативті айырдың түзілу процесіне қатыспайтын фермент.**

- а) рибонуклеаза
- ә) ДНК-хеликаза
- б) топоизомераза
- в) ДНК-полимераза
- г) гираза

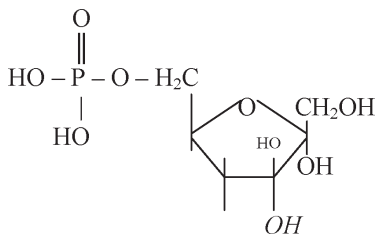
**193. Көмірсуларды атаңыз:**



- А)  $\alpha$ -D-фруктозо-6-фосфат
- Ә)  $\alpha$ -D-глюкоза-6-фосфат
- Б)  $\alpha$ -D-глюкозо-1-фосфат
- В)  $\alpha$ -D-фруктозо-1-фосфат
- Г)  $\beta$ -D-фруктозо-6-фосфат



194. Көмірсуларды атаңыз:



- А)  $\alpha$ -D-глюкоза-1-фосфат
- Ә)  $\alpha$ -D-фруктозо-6-фосфат
- Б)  $\alpha$ -D-галактозо-6-фосфат
- В)  $\alpha$ -D-фруктозо-1-фосфат
- Г)  $\beta$ -D-фруктозо-6-фосфат

195. Гликолиз процесі кезінде НАД<sup>+</sup> тотықсызданатын реакция:

- А) глицеральдегид-3-фосфат түзілуі
- Ә) глю-6-фосфаттың түзілуі
- Б) 3-фосфоглицераттың түрлену реакциясында
- В) пируваттың түзілуі
- Г) лактаттың түзілуі

196. Глицерал-альдегид-3-фосфаттың тотығуы кезінде

- А) АТФ жұмсалады
- Ә) АТФ синтезделеді
- Б) НАДН·Н<sup>+</sup> тотығады
- В) НАДН·Н<sup>+</sup> тотықсызданады
- Г) ГТФ-синтез

197. Фосфофруктокиназа әсерінен фру-6-фосфаттың фру-1,6-дифосфатқа айналу үшін не қажет?

- А) НАДФН·Н<sup>+</sup>
- Ә) Коэнзим А
- Б) АДФ
- В) НАД<sup>+</sup>
- Г) НАДН·Н<sup>+</sup>

198. Инозин-5-фосфат қандай қосылыспен әрекеттесіп, аденин қышқылын түзеді?

- А) NH<sub>3</sub>
- Ә) НАД<sup>+</sup>, глутамин және АТФ
- Б) ГТФ және аспарагин қышқылы
- В) АТФ және аспарагин қышқылы
- Г) АТФ және глутамин қышқылы

**199. Күрделі ферменттердің активті орталығы құралады:**

- А) бір амин қышқылы қалдығынан
- Ә) бірнеше амин қышқылының қалдығынан
- Б) амин қышқылы қалдықтарынан және белок емес заттан
- В) белок емес заттардан
- Г) субстраттан

**200. Жай ферменттердің активті орталығы құралады:**

- А) бір амин қышқылы қалдығынан
- Ә) бірнеше амин қышқылының қалдығынан
- Б) амин қышқылы қалдықтарынан және белок емес заттан
- В) белок емес заттардан
- Г) субстраттан

**201. Белоктың активті орталығы**

- А) II реттік құрылым құрастырылғанда пайда болады
- Ә) пептидті қаңқаның бір бөлігі
- Б) III реттік құрылым деңгейінде құрастырылады
- В) белок емес зат болады
- Г) IV реттік құрылым деңгейінде құрастырылады

**202. Ағза құрамына кіретін алмаспайтын амин қышқылы:**

- А) серин
- Ә) глицин
- Б) глутамин
- В) метионин
- Г) аргинин

**203. РНҚ-молекуласы:**

- А) екі полинуклеотидті тізбектен тұрады
- Ә) 5' және 3'-шеттерінің құрылысы бірдей
- Б) ширатылған (спиральденген) аймағы жоқ
- В) рибонуклеозидмонофосфат қалдықтарынан құралған
- Г) репликация процесі нәтижесінде пайда болады

**204. ДНҚ-ның II реттік құрылымы берік ұстайтын байланыс.**

- А) иондық

- Ә) сутекті
- Б) күрделі эфирлік
- В дисульфидті
- Г) ковалентті

**205. Репликация:**

- А) транскрипциялық айыр түзіледі деп болжайды
- Ә) жасушаның әр бөлінуі алдында ДНҚ-ның копияларын түзеді
- Б) жасушаның бөлінуі фазасында геномның көбеюін қадағалайды
- В) РНҚ-ның түзілуімен аяқталады
- Г) әрқашан АУГ кодонынан басталады

**206. Транскрипция:**

- А) әрқашан АУГ кодонынан басталады
- Ә) инициация фазасы праймердің түзілуінен басталады
- Б) ДНҚ-ны қос спиралінің ажырауын қаламайды
- В) ТАТА-фактордың болуын қалайды
- Г) молекуланың пісіп-жетілуі

**207. Репликация матрицасы.**

- А) ДНҚ
- Ә) мРНҚ
- Б) тРНҚ
- В) рРНҚ
- Г) преРНҚ

**208. Белок синтезінің матрицасы.**

- А) ДНҚ
- Ә) мРНҚ
- Б) тРНҚ
- В) рРНҚ
- Г) преРНҚ

**209. Рибосомалар құрамы:**

- А) белоктар
- Ә) РНҚ
- Б) РНҚ-белок

- В) ДНҚ-белок
- Г) нуклеосома

**210. Рибосомада т-РНҚ немен байланысады?**

- А) мРНҚ
- Ә) ДНҚ
- Б) АТФ
- В) терминация факторларымен
- Г) аминок-ацил-тРНҚ-синтетаза

**211. Витаминдер:**

- А) ағза жасушаларында түзіледі
- Ә) ерігіш заттар болып келеді
- Б) коферменттер құрамында ферментативті реакцияларға қатысады
- В) белоктік табиғаты бар заттар
- Г) ферменттердің реттеуші орталықтарына қосылады

**212. Ферменттердің конкурентті ингибиторларының:**

- А) құрылымдары өнімге ұқсас келеді
- Ә) ферменттердің аллостерикалық орталықтарына қосылады
- Б) субстраттың құрылымы жағынан аналогтары болады
- В) кофермент жоқ жерде ферментпен әрекеттеседі
- Г) коферменттің құрылым жағынан аналогы

**213. Ферменттер ингибиторлары:**

- А) белоктар болып келеді
- Ә) ферменттің активті орталығында ғана байланысады
- Б) ферментативті реакцияның жылдамдығын тежейді
- В) ферменттің аллостерикалық орталығына қосылады
- Г) фермент-субстрат комплексі

**214. Проферменттер ферментке айналады:**

- А) протеинкиназа А әсерінен фосфорилдеу реакциясы нәтижесінде
- Ә) белок-активаторлар қосылғаннан кейін
- Б) функционалды топтардың өзгеруі кезінде
- В) ішінара протеолиз жолымен
- Г) автолиз жолымен

**215. Аллостериялық ферменттер:**

- А) бір протомерден тұрады
- Ә) тек қайтымды реакцияларды катализдейді
- Б) метоболизмнің соңғы өнімдерімен тежеледі
- В) активтілік көрсету үшін активті орталықта гем болуы қажет
- Г) барлық реакцияларды катализдейді

**216. Мембрана құрамында болады:**

- А) гидрофобты белоктар ғана
- Ә) холестерол эфирлері
- Б) амфифильді липидтер мен белоктар
- В) сфингозин
- Г) триацилглицеролдар

**217. АТФ пен ГТФ:**

- А) субстратты фосфорилдеу реакциясының нәтижесінде түзіледі
- Ә) макроэргты қосылыстар
- Б) бұлшық ет жиырылуы үшін негізгі қуат көзі
- В) репликацияда субстрат ретінде пайдаланады
- Г) митохондрияда синтезделеді

**218. Витамин В<sub>1</sub> жетіспеген жағдайда ферменттің белсенділігі төмендейді:**

- А) малатдегидрогеназаның
- Ә) глутаматдегидрогеназаның
- Б) пируватдекарбоксилазаның
- В) глутаматдекарбоксилазаны
- Г) изоцитратдегидрогеназаны

**фермент?**

**219.  $\alpha$ -кетоглутарат  $\longrightarrow$  сукцинил-КоА:**

- А) цитратсинтаза
- Ә) изоцитратдегидрогеназа
- Б) сукцинаттиокиназа
- В) кетоглутаратдегидрогеназды жүйе
- Г) сукцинатдегидрогеназа

**220. Митохондриялар сіңірген оттегі әрі қарай:**

- А) тотықсызданған коферменттер құрамына кіреді
- Ә) метаболиттік су құрамына кіреді
- Б) АТФ
- В) убихинон
- Г)  $H_3PO_4$

**221. Гликоген, декстран, крахмал полисахаридтер молекулалары құрамында не болады?**

- А) глюкоза
- Ә) фруктоза
- Б) галактоза
- В) сахароза
- Г) мальтоза

**222. Сілекей бездерінің ферменті:**

- А) сахараза
- Ә) мальтаза
- Б) пепсин
- В) амилаза
- Г) гексокиназа

**223. Емтихан кезінде студенттің қанында глюкоза 7 ммоль/л, бұл ненің әсерінен болды?**

- А) инсулин гормонының бауырға әсерінен
- Ә) гликогеннің бұлшық етте жинақталғанның
- Б) бұлшық етте, бауырда гликоген синтезінің жылдамдығы өсуінен
- В) гликогеннің бауырда жинақталғанынан
- Г) глюкагон гормонының май ұлпасына әсерінен

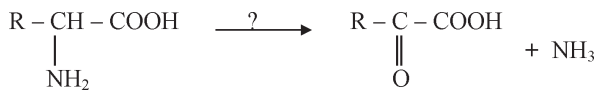
**224. Глюкоза синтезделуі мүмкін:**

- А) кетонды денелерден
- Ә) лизиннен
- Б) ацетил-КоА
- В) аспараттан
- Г) майлы қышқылдардан



- Б) РНҚ-полимераза
- В) топоизомераза
- Г) ДНҚ-полимераза III

**230. Ферментті анықтаңыз:**



- А) глутаматдегидрогеназа
- Ә) моноаминооксидаза
- Б) гексакиназа
- В) дегидрогеназа
- Г) флавин тәуелді оксидаза



## Қысқартылған сөздердің мағынасы

- А.к. – амин қышқылы  
АТФ – аденозинтрифосфат  
АТФ-аза – аденозинтрифосфатаза  
ЭПТ – эндоплазмалық тор (ЭПР – эндоплазмалық ретикулум)  
ДНҚ – дезоксирибонуклеин қышқылы  
РНҚ – рибонуклеин қышқылы  
ДРН – дезоксирибонуклеаза  
ДНП – дезоксинуклеопротеид  
ИЭН – изоэлектрлік нүкте  
ПФ – пиридин-фермент  
ФП – флавопротеид  
ТПФ – тиаминпирофосфат  
ФМН – флавинмононуклеотид  
ФАД – флавинадениндинуклеотид  
НАД<sup>+</sup> – никотинамидадениндинуклеотид  
НАДФ<sup>+</sup> – никотинамидадениндинуклеотидфосфат  
БТТ – биологиялық тотығу тізбегі  
БТ – биологиялық тотығу  
ГДГ – глутаматдегидрогеназа  
ПЖҚ – пирожүзім қышқылы  
ФФ<sub>н</sub> – пирофосфат қалдығы  
тРНҚ – тасымалдаушы РНҚ  
мРНҚ – матрицалық РНҚ  
рРНҚ – рибосомдық РНҚ  
к.я.РНҚ – кіші ядролық РНҚ  
ҮКЦ – үш карбон қышқылының циклі  
НТФ – нуклеозидтрифосфат

## Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. *Комов В. П., Шведова В. Н.* Биохимия. Москва, 2004
2. *Сағатов К. С.* Биохимия. Алматы, Білім. 2007
3. Биохимия с упражнениями и задачами. Учебник для вузов. Под ред. чл. – корр. *РАН Е. С., Северина. М., ГЭОТАР - Медиа*, 2008
4. *Сейтембетова А. Ж., Лиходий С. С.* Биологиялық химия. Алматы, «Білім». 1994 *Филиппович Ю. Б.* Основы биохимии. М., Высшая школа, 1985
5. *Сейітов З. С.* Биологиялық химия. Алматы, Қайнар, 1992
6. *Тулегенова Б. Т., Ажибаева З. С., Есмағұл Қ. Е.* Белоктар және нуклеин қышқылдары (оқу-әдістемелік құрал)
7. *Плешкова С. М., Абитаева С. А., Асанбаева Р. Д., Дильбарханова Р. Д.* Белоктар биосинтезі. Молекулалық генетиканың негіздері. Алматы, 2000
8. *Строев А. Е.* Биологическая химия. М., 1986г.
9. *Ленинджер А.* Основы Биохимия. М., Высшая школа, 1986
10. *Дильбарханова Р.* Ферменттер. Түркістан, 2003
11. *Ажибаева З. С., Есмағұл К. Е.* Витаминдер және витамин тәрізді заттар. Алматы, 2008
12. *Филиппович Ю. Б., Егорова Т. А., Севостьянова Г. А.* Практикум по общей биохимии. М., Просвещение, 1982
13. *Бохински Р.* Современные воздрения в биохимии. М., 1987
14. *Есқайыров М. Е.* Биоорганикалық қосылыстар. Алматы, Мектеп, 1987
15. *Шалхарова Ж. Н., Шырынбекова Б. Ж., Сахова Б.О.* Биологиялық химия пәнінен лабораториялық сабақтарға арналған оқу-әдістемелік құрал. Кентау, 2005
16. *Кенесарина Н. Ә.* Өсімдіктер физиологиясы және биохимия негіздері. Алматы, Мектеп, 1988
17. *Сағатов К. С.* Биологиялық химия практикумы. Алматы, Ана тілі, 1992
18. *Қайырханов Қ. К.* Жануарлар биохимиясы. Алматы, Ана тілі, 1993
19. *Аксенов С. И.* Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. М., 1990
20. *Сприн А. С.* Молекулярная биология. Структура рибосомы и биосинтез белка. М., 1986

## МАЗМҰНЫ

Алғы сөз.....	3
Кіріспе.....	4
<b>I. Ағзалардың химиялық құрамы.....</b>	<b>8</b>
1.1. Жасуша – тірі ағзаның құрылымдық бірлігі .....	10
1.2. Биологиялық мембраналар .....	12
<b>II. Белоктар .....</b>	<b>15</b>
2.1. Белоктар туралы жалпы түсінік .....	15
2.2. Белоктарды бөлу және тазарту әдістері.....	17
2.3. Белоктардың физикалық және химиялық қасиеттері.....	19
2.4. Белоктардың химиялық құрылысы .....	22
2.5. Пептидтер .....	29
2.6. Белок молекуласының құрылысы .....	32
2.7. Белок молекуласының құрылымдары.....	34
2.8. Белоктарды топтастыру.....	43
Тест тапсырмалары .....	46
<b>III. Ферменттер .....</b>	<b>51</b>
3.1. Ферменттер туралы жалпы түсінік .....	51
3.2. Ферменттерді бөліп алу және тазалау.....	55
3.3. Ферменттердің химиялық құрамы мен құрылымы .....	57
3.4. Ферменттердің аталуы және жіктелуі.....	59
3.5. Ферменттердің физикалық қасиеттері .....	65
3.6. Ферменттердің активті және аллостериялық орталықтары.....	70
3.7. Ферменттердің әсер ету механизмі .....	73
Тест тапсырмалары.....	82

<b>IV. Витаминдер</b> .....	85
4.1. Витаминдер туралы жалпы түсінік.....	85
4.2. Майларда еритін витаминдер.....	87
4.3. Суда еритін витаминдер.....	96
Тест тапсырмалары.....	112
<b>V. Нуклеин қышқылдары</b> .....	115
5.1. Нуклеин қышқылдарының құрылысы және қасиеті.....	115
5.2. ДНҚ және РНҚ түрлері.....	123
5.3. Нуклеин қышқылдарының құрылысы.....	127
5.4. Нуклеин қышқылдарының құрылымы.....	136
Тест тапсырмалары.....	142
<b>VI. Тірі ағзадағы заттар алмасуының</b>	
<b>Жалпы заңдылығы</b> .....	147
6.1. Энергия алмасуы.....	149
6.2. Күрделі заттардың арнайы жолдармен ыдырап, .....	152
универсалды аралық өнімдерге айналуы.....	152
6.3. ҰҚЦ-нің қызметі мен ерекшелігі.....	155
6.4. Биологиялық тотығу (БТ).....	158
6.5. Тотыға фосфорлану теориясы (ТФ).....	163
6.6. Тотығудың түрлері.....	165
Тест тапсырмалары.....	167
<b>VII. Нуклеин қышқылдарының алмасуы</b> .....	169
7.1. Нуклеин қышқылдарының ыдырауы және сіңірілуі.....	169
7.2. Нуклеозидфосфаттар алмасуы.....	170
7.3. ДНҚ синтезі.....	174
7.4. Кері транскрипция.....	179
7.5. РНҚ биосинтезі.....	181
Тест тапсырмалары.....	183

<b>VIII. Белок биосинтезі</b> .....	186
8.1. Белоктардың ыдырауы .....	186
8.2. Амин қышқылдарының ыдырауы .....	189
8.3. Аммиакты байланыстыру жолдары .....	193
8.4. Генетикалық код.....	195
8.5. Белоктардың биосинтезі .....	198
Тест тапсырмалары.....	205
<b>IX. Көмірсулардың алмасуы</b> .....	208
9.1. Көмірсулардың жалпы сипаттамасы.....	208
9.2. Көмірсулардың қорытылуы және сіңірілуі .....	210
9.2.1. Глюкозаның пирожүзім қышқылына дейін ыдырауы .	212
9.2.2. Глюкозаның пентозофосфаттық жолмен ыдырауы .....	219
9.3. Көмірсулар анаболизмі. Фотосинтез.....	223
9.4. Гликогеннің синтезделуі мен ыдырауы .....	226
Тест тапсырмалары.....	231
<b>X. Липидтердің алмасуы</b> .....	234
10.1. Липидтер туралы жалпы түсінік .....	234
10.2. Майлардың физикалық қасиеттері.....	243
10.3. Майлардың қорытылуы және сіңірілуі.....	247
10.4. Глицериннің алмасуы .....	250
10.5. Жоғары май қышқылдарының тотығуы .....	251
10.6. Май қышқылдары синтезі.....	254
10.7. Триглицеридтер синтезі .....	260
10.8. А-ацетилкоферменттің түзілуі және биологиялық маңызы .....	261
Тест тапсырмалары.....	262

<b>XI. Гормондар</b> .....	266
11.1. Гормондардың жіктелуі.....	267
11.2. Өсімдік гормондары .....	272
11.3. Гормоноидтар .....	272
Тест тапсырмалары.....	273
<b>XII. Су және минералдық алмасу</b> .....	275
12.1. Минералды заттардың алмасуы .....	277
Тест сұрақтары.....	281
Қысқартылған сөздер .....	329
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	330

Тұртабаев Сәрсенбек Қойшыбайұлы  
Кабдрахимова Амина Кәрімқызы  
Еримова Ақнұр Жәнібекқызы

**БИОХИМИЯ НЕГІЗДЕРІ**

*Оқулық*

Басуға 28.05.12. қол қойылды. Қағазы офсеттік.  
Қаріп түрі “Таймс” Пішімі 60x90/16. Офсеттік басылыс. Баспа табағы 21.  
Таралымы 1900 дана. Тапсырыс 519.

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан басылып шықты.



ЖШС РПБК «Дәуір», 050009,  
Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а.  
E-mail: rpik-daur81@mail.ru