

**Maddələr və enerji mübadiləsinin ümumi prinsipləri.**  
**Katabolizmin ümumi yolları, onların energetik əhəmiyyəti. Bioloji oksidləşmə, növləri. ATF-in sintezinin yolları. Karbohidratların mübadiləsi: həzmi, mənimsəməsi. Qlikoliz və qlükoneogenez prosesləri, biokimyəvi xüsusiyyətləri, qarşılıqlı əlaqələri.**

Canlı orqanizmin həyat fəaliyyətinin mahiyyətini maddələr və enerji mübadiləsi təşkil edir. Həyat fəaliyyəti müddətində canlı orqanizmin ətraf mühitlə fasiləsiz və daim təmasda olması bilavasitə mübadilə proseslərinin həyata keçirilməsinə səbəb olur. Bir sözlə, canlı orqanizmin mövcudluğu maddələr mübadiləsinin normal gedişindən asılıdır. Orqanizmə daxil olan qida maddələrinin (karbohidrat, zülal, yağlar) həzm sistemində uğradıqları dəyişiklik (hüceyrədənənar xarici mübadilə), bu dəyişikliklərdən əmələ gələn monomer maddələrin bağırsaqlardan sorulması ilk növbədə qaraciyərə çatdırılması, oradan qan vasitəsilə hüceyrələrə gətirilərək biokimyəvi çevrilmələrə məruz qalması (hüceyrədaxili mübadilə-metabolizm) və orqanizm üçün lazımsız zərərli maddələrin orqanizmdən ekskresiyası (xarici mübadilə) maddələr mübadiləsi adlanır. Metabolizmin 2 istiqaməti vardır: katabolizm (dissimilyasiya, parçalanma) və anabolizm (assimilyasiya).

<b>Katabolizm</b>	<b>Anabolizm</b>
1. Mürəkkəb maddələrin daha sadə- son məhsullara parçalanması	1. Mürəkkəb üzvi molekulların sadə molekullardan sintezi
2. Əsas reaksiyaların növü - oksidləşmə	2. Əsas reaksiyaların növü - reduksiya
3. ATF və reduksiyaedici hidrogen daşıyıcılar şəklində sərbəst enerjinin ayrılması	3. Mənbəyi ATF-in hidrolizi və NADH, NADPH və FADH <sub>2</sub> -nin oksidləşməsi olan sərbəst enerjinin xərci

Bu proseslərin qarşılıqlı əlaqələndiyi yollara amfibolik yol deyilir.

Orqanizmdə maddələr mübadiləsi birbaşa enerji mübadiləsi ilə bağlıdır. Katabolizm reaksiyası enerjinin ayrılması ilə müşayiət olunur (ekzerqonik), onun istifadəsi isə anabolizm reaksiyalarına sərf edilir (enderqonik).

Bütün bioloji sistemlərdə ATF enerjini ekzerqonik prosesdən enderqonik prosesə ötürən universal maddədir

Maddələrin katabolizmi əsas 3 mərhələdən ibarətdir.

Maddələr mübadiləsinin *birinci mərhələsində* mədə-bağırsaq sisteminə iri molekullar (biopolimerlər) öz monomerlərinə qədər parçalanırlar. Molekulların deqradasiyasında hidrolitik yol üstünlük təşkil edir və monomer molekullar - heksozalar (qlükoza), aminturşular, qliserol, piy turşuları əmələ gəlir.

Bu zaman 1%-ə qədər enerji istilik şəklində ayrılır və ATF sintez olunmur.

*İkinci mərhələdə* monomerlər katabolizmin spesifik yollarını keçərək ümumi parçalanma məhsulları - piroüzüm turşusu və asetil-KoA əmələ gətirirlər. Piroüzüm turşusu katabolizmin I ümumi yoluna daxil olaraq asetil-KoA-ya və karbon qazına parçalanır. Piroüzüm turşusunun oksidləşməklə dekarboksilləşməsindən 1 mol NADH<sub>2</sub> əmələ gəlir; asetil-KoA isə mərkəzi substrat kimi katabolizmin II ümumi yoluna daxil olaraq çoxmərhələli prosesdə iştirak edərək 2 mol CO<sub>2</sub> və 8 cüt hidrogenin ayrılması ilə müşayiət olunur.

Bu zaman 20%-ə qədər hissə-hissə enerji ayrılır. Bu enerjinin çox hissəsi ATF-in makroergik rabitələrində toplanır (mitoxondridə). Qismən istilik şəklində də ayrılır.

*Üçüncü mərhələdə* ayrılan hidrogenlər NAD<sup>+</sup> və FAD vasitəsilə elektrodaşıyıcı zəncirə (EDZ) ötürülür; 80%-ə qədər enerji ayrılır, bunun da 50-60% istilik şəklində ətraf mühitə ötürülür; 40-50%-i isə anabolik proseslərə və digər məqsədlə - mexaniki işlərə (əzələ təqəllüsü və s.) sərf edilir.

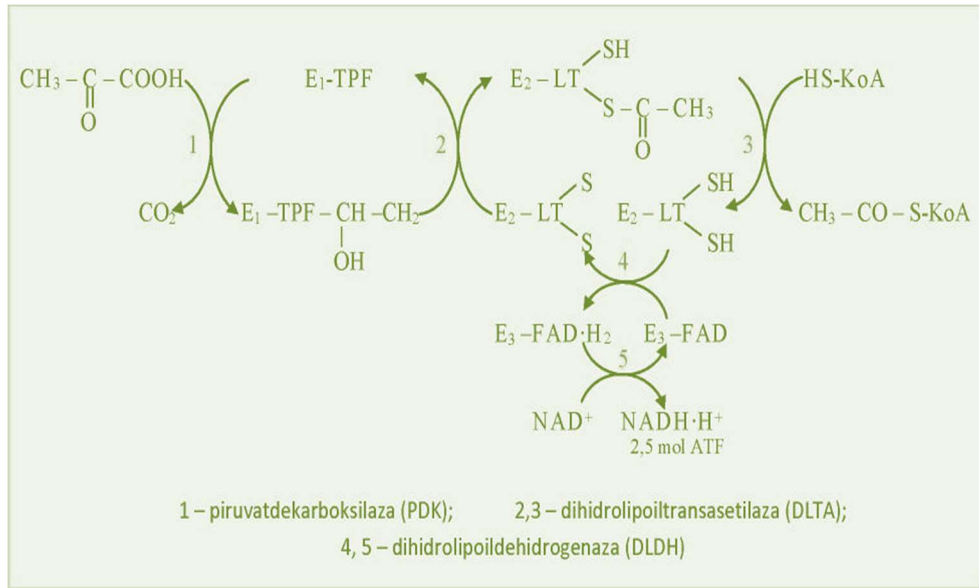
## **Katabolizmin I ümumi yolu**

Katabolizmin ümumi yollarının reaksiyası - piroüzüm turşusunun (piruvat) oksidləşməklə dekarboksiləşməsidir. Bütünlükdə bu reaksiyalar (dehidrogenləşmə və dekarboksilləşmə) çoxmərhələli (5 biokimyəvi reaksiya) multiferment (poliferment) sistem kompleksinin katalizatorluğu şəraitində həyata keçirilir. Piruvatdehidrogenaza (PDH) kompleksi və prosesdə iştirak edən kofermentlər mitoxondrinin matriksində yerləşirlər.

PDH-nın tərkibi 3 mürəkkəb fermentdən – piruvatdekarboksilaza (PDK), dihidrolipoiltransasetilaza, dihidrolipoildehidrogenaza və asan dissosiasiya edən 2 kofermentdən (NAD<sup>+</sup>, HS-KoA) və FAD-dan ibarətdir.

Piroüzüm turşusundan bu yolla əmələ gələn asetil-KoA sonra katabolizmin II ümumi yoluna daxil olaraq CO<sub>2</sub> və suya qədər tam parçalanır.

## Katabolizmin I ümumi yolunun sxemi



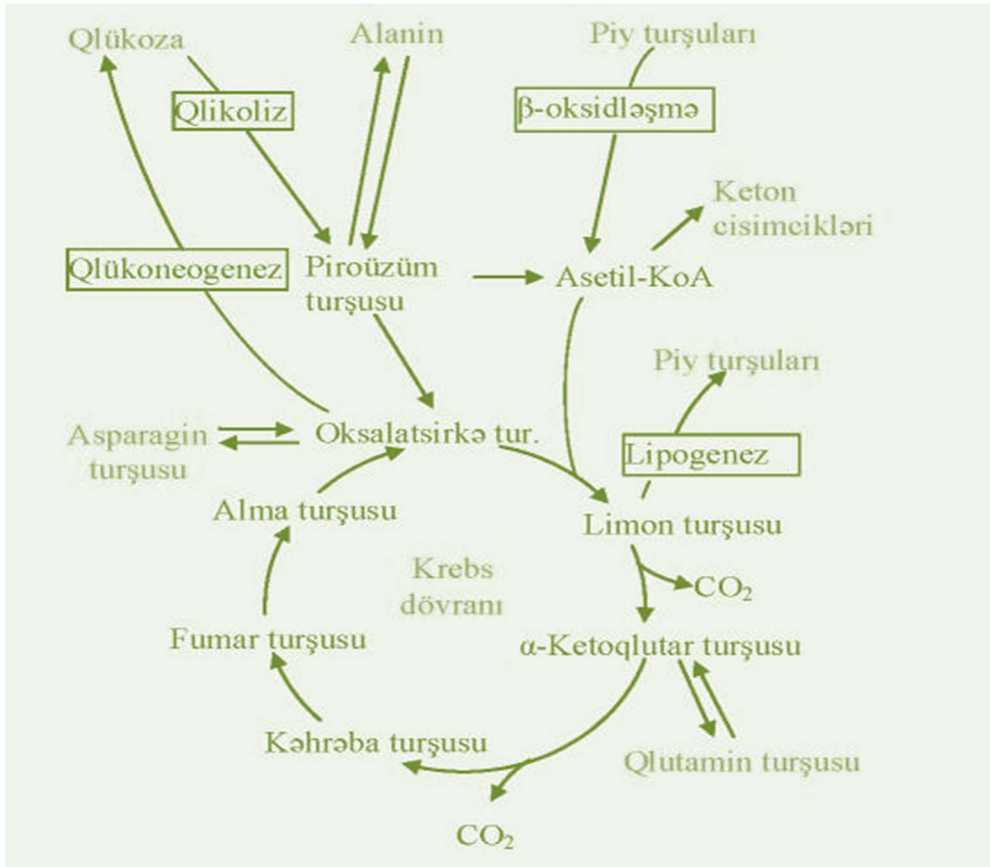
## Katabolizmin II ümumi yolu

Trikarbon turşuları dövranda (TTD) katabolizmin I ümumi yolunda əmələ gələn asetil-KoA-nın asetil qalıqlarının karbon atomları 2 molekul karbon qazına qədər oksidləşir. Oksidləşmə- reduksiya reaksiyaları zamanı ayrılan hidrogen atomları  $\text{NAD}^+$  və  $\text{FAD}$ - asılı dehidrogenazaların vasitəsilə EDZ-ə çatdırılır.

Nəticədə mitoxondrilərin daxili membranında EDZ-də su əmələ gəlir və ADF fosforlaşmaya məruz qalaraq ATF-in sintezinə səbəb olur. Asetil-KoA-nın asetil qalıqlarının oksidləşməsi 8 fermentativ reaksiyadan ibarətdir. Orqanizmdə asetil-KoA təkcə katabolizmin I ümumi yolunun məhsulu deyildir. O, həmçinin piy turşularının  $\beta$ -oksidləşməsinin, bəzi aminturşuların (fenilalanin, tirozin, lizin, leysin və s.) spesifik katabolizm yollarının məhsuludur. Alınma mənbəyindən asılı olmayaraq, əmələ gələn asetil- KoA bir çox anabolik proseslərə (xolesterinin sintezi, ketogenez) də cəlb edilə bilər. Aerob şəraitdə ya asetil-KoA-ya, ya da TTD-nin aralıq məhsullarına çevrilə bilən bütün biomolekullar (karbohidratlar, lipidlər, aminturşular) üçün son oksidləşmə katabolizmin II ümumi yoludur.

Limon turşusu dövranı (LTD) enerji metabolizmində müstəsna rola malikdir (10 mol ATF sintez olunur). Amfibolik metabolizm yoluna da aid edilən LTD həm də anabolik əhəmiyyətə malikdir. Onun aralıq məhsullarından  $\alpha$ -

ketoqlutar ( $\alpha$ -KQT) və oksalatsirkə turşuları (OST) müvafiq olaraq, qlutamin və asparagin turşularının, eləcə də suksinil-KoA hemin sintezinə sərf oluna bilirlər.



Katabolizmin II ümumi yolunun reaksiyaları mitoxondrinin matriksində gedir. İndi isə Krebs dövrünün - katabolizmin II ümumi yolunun reaksiyaları ilə tanış olaq:

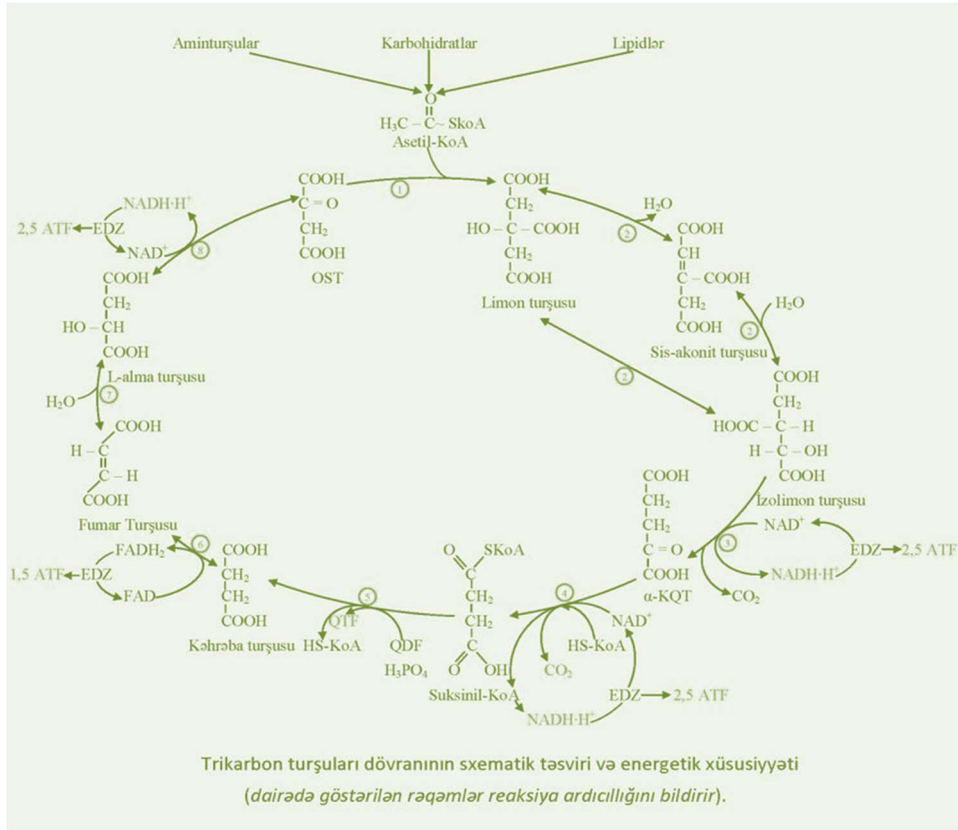
- ✓ Geriyə dönməyən **birinci reaksiyada** asetil-KoA ilə oksalatsirkə turşusunun (OST) kondensasiya reaksiyası nəticəsində sitratsintaza fermentinin təsirilə limon turşusu sintez olunur (aralıq məhsul kimi sitril-KoA alınır).
- ✓ **İkinci reaksiyada** akonitathidrataza (akonitaza) fermenti limon turşusunun izolimon turşusuna dönən çevrilməsini kataliz edir. Bu zaman aralıq məhsul olaraq, əvvəlcə sis-akonit turşusu əmələ gəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, sis-

akonit turşusu reaksiya başa çatanadək fermentin aktiv mərkəzindən ayrılır. Odur ki, ona sərbəst şəkildə rast gəlinmir.

- ✓ **Üçüncü reaksiyanı** kataliz edən izositratdehidrogenaza fermenti ikili funksiya daşıyır. Onun katalizatorluğu şəraitində əvvəlcə izolimmon turşusu dehidrogenləşərək (oksidreduktazalar) oksalatkəhrəba turşusuna, sonra oksalatkəhrəba turşusundan  $\alpha$ -KQT sintez olunur. Reaksiyadan əmələ gələn  $\text{NADH}_2$  EDZ-ə daxil olaraq 2,5 mol ATF-in sintezi ilə nəticələnir.
- ✓ Limon turşusu dövrünün **dördüncü reaksiyası** zamanı  $\alpha$ -KQT-nin oksidləşməklə dekarboksilləşməsindən yüksək enerjili birləşmə olan suksinil-KoA əmələ gəlir. Reaksiyanı struktur və funksional cəhətdən piruvatdehidrogenaza kompleksinə oxşar olan  $\alpha$ -ketoqlutaratdehidrogenaza kompleksi kataliz edir. Bu kompleks də 3 fermentdən təşkil olunmuşdur:
  - ❖  $\alpha$ -ketoqlutaratdekarboksilaza, kofermenti TPF-dir;
  - ❖ dihidrolipoiltranssuksinilaza, kofermenti lipoy turşusudur;
  - ❖ dihidrolipoildehidrogenaza, kofermenti FAD-dır.

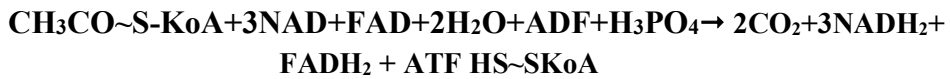
$\text{NADH-H}^+$  ayrılır və nəticədə 2,5 mol ATF qazanılır.

- ✓ **Beşinci reaksiya** limon turşusu dövründə substrat səviyyəsində (vasitəsilə) fosforlaşma ilə müşayiət olunan yeganə reaksiyadır. Suksinattiokinaza fermenti ilə kataliz olunan reaksiyada bir mol ATF sintez edilir.
- ✓ **Altıncı reaksiyada** əmələ gələn kəhrəba turşusu (suksinat) FAD- asılı suksinatdehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə hidrogensizləşərək fumar turşusuna çevrilir. Reaksiya nəticəsində  $\text{FADH}_2$  əmələ gəlir ki, bu da 1,5 mol ATF-in sintezinə səbəb olur.
- ✓ **Yeddinci reaksiyada** stereospesifik fumarathidrataza (fumaraza) fermenti iştirak edir. Bu zaman fumar turşusu hidratlaşaraq alma turşusuna (malat) çevrilir.
- ✓ **Səkkizinci reaksiyada** mitoxondrial malatdehidrogenaza fermentinin iştirakı ilə alma turşusu oksalatsirkə turşusuna çevrilir və bu kimyəvi reaksiya ilə TTD başa çatmış olur, dövr qapanır. Reaksiya nəticəsində əmələ gələn  $\text{NADH}_2$  2,5 mol ATF-in sintezinə səbəb olur.



Limon turşusu dövrünün reaksiyalarına nəzər salsaq, burada 2 mol CO<sub>2</sub> ayrıldığını aydın qörmək olar, bundan başqa 4 molekul reduksiya olunmuş koferment (3 mol NADH və 1 mol FADH<sub>2</sub>) əmələ gəlir ki, bu kofermentlər elektronları EDZ-də oksigenə - elektronların sonuncu akseptorlarına verirlər.

Bunları nəzərə alaraq katabolizmin II ümumi yolunun yekun tənliyini belə ifadə etmək olar:



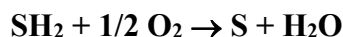
Yekun tənlikdən LTD-da 10 mol (2,5x3+1,5+1=10 ) ATF sintez olunduğu məlum olur. Hər TTD dövründə 9 mol ATF oksidləşməklə, 1 mol ATF isə substrat səviyyəsində fosforlaşma yolu ilə sintez edilir.

**Bioloji oksidləşmə** canlı orqanizmlərin enerji tələbatını təmin edən əsas molekulyar mexanizm sayılır. İnsan orqanizminin hüceyrələrinə daxil olan oksigen yalnız mitoxondridə tənəffüs zəncirində substratların oksidləşməsinə deyil, digər oksidləşmə reaksiyalarına da sərf edilir. Bu baxımdan bioloji oksidləşmə reaksiyaları sərbəst və fosforilləşmə ilə müşayiət olunan oksidləşmə reaksiyalarına bölünür.

Oksidləşməklə fosforlaşma zamanı enerji ya ATF-in, ya da yüksək enerjili birləşmələrin (QTF, kreatinfosfat və s.) makroergik rabitələrində toplanır. Sərbəst oksidləşmə zamanı isə ayrılan enerji ətraf mühitə yayılır, yaxud orqanizmin temperatur tənzimi üçün istifadə olunur, yəni bu enerji ATF enerjisinə çevrilmir. Oksidləşən və reduksiya uğrayan maddələr oksidləşmə-reduksiya cütləri və ya redoks cütlər adlanır. Bu proseslər oksidreduktazalar sinfinə mənsub fermentlərin iştirakı ilə həyata keçir. Müxtəlif növ bioloji oksidləşmə reaksiyalarının 3 qrupu ayırd edilir:

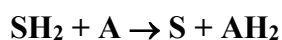
- ❖ Oksidaza
- ❖ Oksigenaza
- ❖ Peroksidaza

Reduksiya uğramış (hidrogenlə birləşmiş) substratın sərbəst oksigenlə oksidləşməsi hesabına baş verən biokimyəvi reaksiyalar *oksidaza reaksiyaları* adlanır. Bu zaman oksidləşən substrat və su əmələ gəlir:

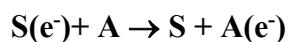


Bu növ reaksiyalar dehidrogenləşmə, iştirak edən fermentlər dehidrogenazalar adlandırılır. Dehidrogenləşmə reaksiyaları:

- a) hidrogen atomlarının oksidləşən substratdan ayrılması ilə müşayiət olunan reaksiyalar:



- b) substratdan elektronların ayrılması ilə müşayiət olunan reaksiyalar:



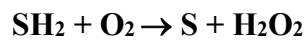
Akseptorun kimyəvi təbiətindən asılı olaraq reaksiyada iştirak edən aerob və anaerob dehidrogenazaları kofermentlərinə aiddir:

- ❖ nikotinamid kofermentləri – NAD və NADF nukleotidləri;
- ❖ flavin kofermentləri – FAD və FMN nukleotidləri.

**Oksigenaza reaksiyalarının** substrata bir və ya iki atom oksigen birləşdirməsindən asılı olaraq 2 növü ayırd edilir:

- ❖ Monooksigenaza reaksiyaları —  $\text{SH} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{S-OH}$
- ❖ Dioksigenaza reaksiyaları —  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

Oksidreduktazalar sinfinə aid fermentlərin bəzilərinin kofermentləri oksidləşən substratlardan proton və elektron cütlərini qəbul etdikdən sonra molekulyar oksigeni reduksiya uğradaraq hidrogen peroksida çevrilir. Bu növ reaksiyalar **peroksidaza reaksiyaları** adlanır. Kofaktorlardan FMN, FAD bəzi hallarda 1 cüt hidrogen atomunu qəbul edib, reduksiya uğradıqdan sonra molekulyar oksigeni hidrogen peroksida qədər reduksiya edir, bəzi hallarda substrat ( $\text{SH}_2$ ) flavinə bir elektron verir:



**Oksidləşməklə fosforlaşma.** NADH+H və FADH<sub>2</sub>-dən proton (H<sup>+</sup>) və elektronların (e<sup>-</sup>) tənəffüs zənciri boyu daşınması ADF və H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-dən ATF-in sintezi ilə müşayiət olunur ki, buna **oksidləşməklə fosforlaşma** (oksidləşməklə əlaqədar olan fosforlaşma) deyilir, yəni ATF-in sintezi elektronların tənəffüs zənciri (EDZ) üzrə hərəkəti zamanı ayrılan enerji sayəsində baş verir. Proses H<sup>+</sup>-ATF-sintaza (F<sub>0</sub>-F-ATF- sintaza) fermentinin iştirakı ilə həyata keçirilir.

Oksidləşmə reaksiyalar intensiv gedəndə mitoxondrilərin matriksində turs mühit yaranır, EDZ işə düşür və protonları membranarası boşluğa ötürür.

Yaranan proton (elektrokimyəvi) potensialı ( $\Delta\mu\text{H}^+$ ) protonların ATF-sintaza kanalından matriksə keçməsinə təkan verir. Nəticədə ADF və H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-dən ATF sintez edilir.

## Karbohidratların həzmi

Mədə-bağırsaq traktında qlikozidaza fermentlərinin təsirindən poli- və disaxaridlər monosaxaridlərə qədər parçalanırlar. İnsan orqanizminə daxil olan əsas qidanın tərkibində karbohidratlar çətin mənimsənilən (nişasta və qlikogen) və asan mənimsənilən komponent (saxaroza, laktoza, qlükoza, fruktoza) şəklində daxil olur.



Ağız boşluğunda  $\alpha$ -amilaza (endo-1,4-qlikozidaza) qida polisaxaridlərinə qısa müddət təsir edərək daxili qlikozid rabitələrini hidroliz edir və dekstrinlər əmələ gəlir. Qidanın tərkibində olan disaxaridlər – saxaroza, laktoza – ağız boşluğunda dəyişikliyə uğramır.

Qida karbohidratlarına mədəaltı vəzi və onikibarmaq bağırsağ şirələrinin tərkibində olan hidrolitik fermentlər daha aktiv təsir göstərir: mədəaltı vəzi şirəsində  $\alpha$ -amilaza, amilo-1,6-qlikozidaza və oliqo-1,6-qlikozidaza.

Disaxaridlər nazik bağırsağ boşluğunun selikli qişasında olan vəzi hüceyrələrində  $\alpha$ - və  $\beta$ -spesifik oliqosaxaridazalar - maltaza, izomaltaza, saxaraza, laktazanın ( $\beta$ -qalaktozidaza) təsiri nəticəsində monosaxaridlərə qədər parçalanırlar. Laktaza «induktiv» fermentdir, yəni bu ferment qidanın tərkibində həzm sistemində laktoza daxil olduqda sintez edilir. Laktaza fermenti olmadıqda orqanizm süd şəkərini mənimsəyə bilmir və bu zaman yoğun bağırsaqlarda mikroflora inkişaf edir. Belə hallarda süd qəbulundan sonra ishal baş verir. Laktaza fermentinin irsi çatışmazlığı olan patoloqia laktozaya qarşı dözülməzlik adlanır.

## **Qlükozanın oksidləşmə yolları**

Hüceyrə daxilində qlükoza katabolizm proseslərinə sərf olunur. Qlükozanın parçalanması iki yolla gedir: 2/3 hissəsi qlikolitik yolla (dixotomik oksidləşmə), 1/3 hissəsi isə – pentozafosfat yolu ilə (apatomik oksidləşmə)

### **Qlükozanın qlikolitik yolla oksidləşməsi (qlikoliz)**

Qlikoliz müxtəlif fermentlər vasitəsilə kataliz edilən 11 biokimyəvi reaksiyadan ibarət çoxmərhləli proses olub sitoplazmada, katabolizmin ümumi yollarının reaksiyaları isə mitoxondridə gedir.

Qlikolizin iki mərhələsi ayırd edilir:

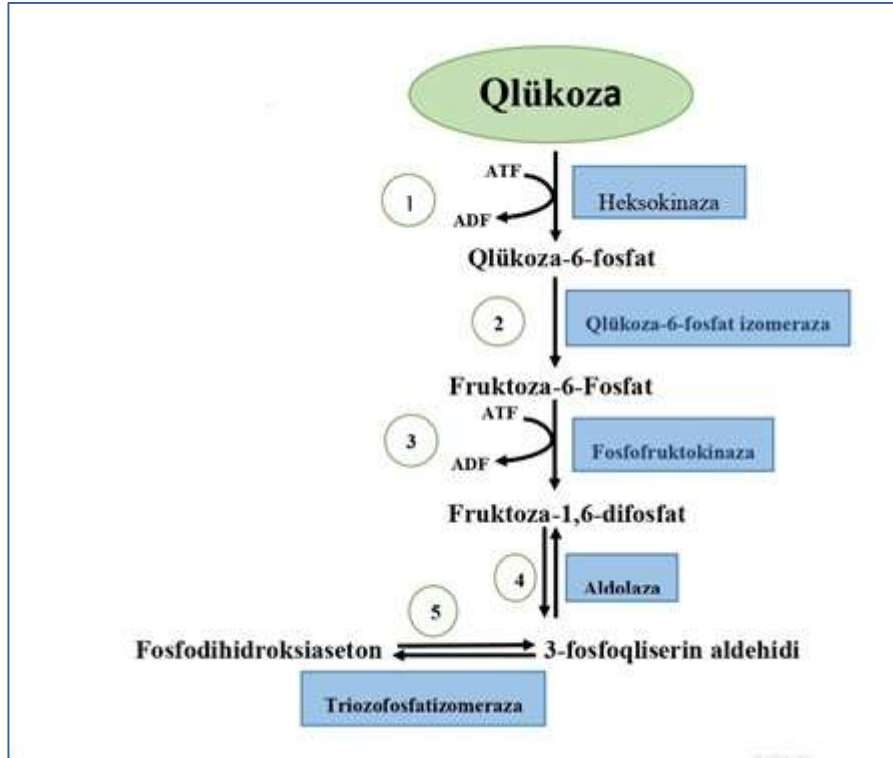
- ❖ hazırlıq;
- ❖ qlikolitik oksid-reduksiya.

Qlikoliz prosesinin hazırlıq mərhələsində 1 molekul qlükoza 2 molekul fosfotriozaya parçalanır; bu səbəbdən qlikolizə dixotomik (vasitəli) oksidləşmə adı verilmişdir.

Qlikolizin hazırlıq mərhələsi 5 fermentativ reaksiyadan ibarətdir. Hazırlıq mərhələsinin reaksiyalarına 2 mol ATF sərf edilir; mərhələnin birinci və üçüncü reaksiyaları geri dönməyəndir:

- ❖ Qlükoza molekulu heksokinaza (digər toxumalarda) və ya spesifik qlükokinaza (qaraciyərdə) və ATF-in təsiri ilə qlükoza-6-fosfata qədər fosforilləşir. Hüceyrələr bu reaksiyaya ATF enerjisi sərf etməklə, sonradan

nisbətən artıq miqdarda enerji əldə etmək imkanı yaradır;

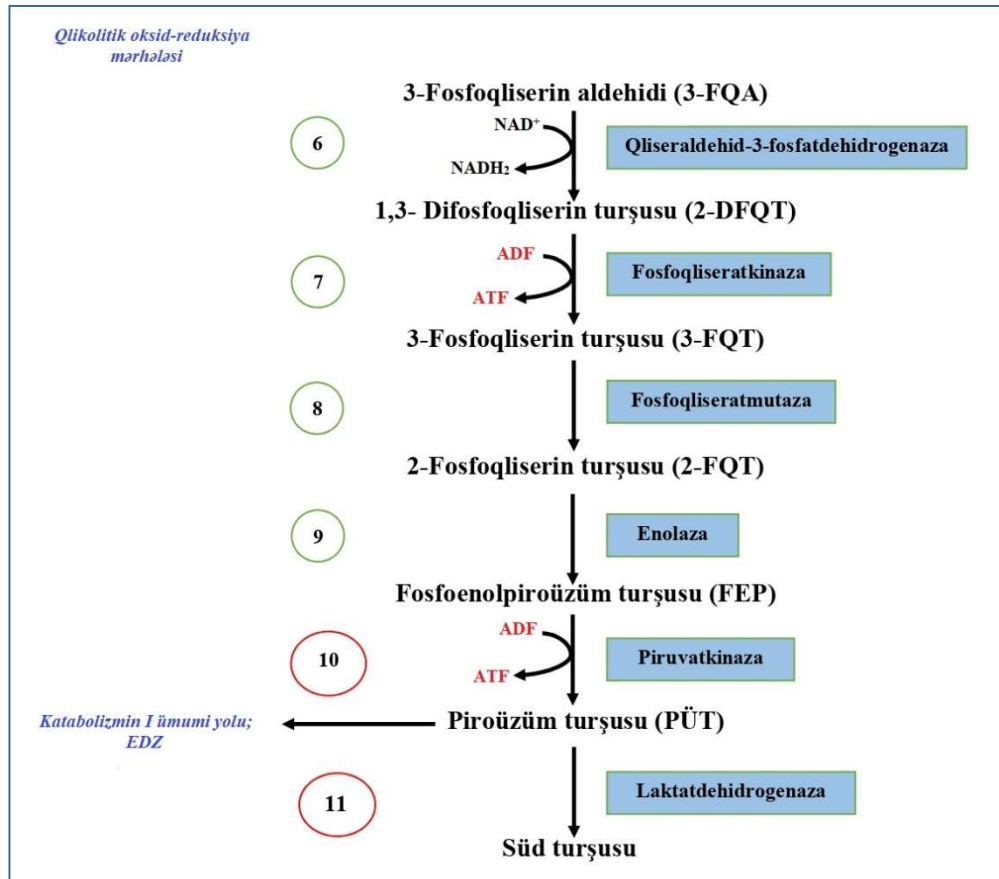


- ❖ Qlükoza-6-fosfat heksozafosfatizomeraza (qlükoza-6-fosfatizomeraza) fermentinin təsiri ilə izomerləşmə reaksiyasına məruz qalaraq fruktoza-6-fosfat efirininin əmələ gəlməsinə səbəb olur;
- ❖ Fruktoza-6-fosfat fosforilləşərək fruktoza-1,6-difosfata çevrilir və 1 mol ATF sərf edilir. Reaksiyanı kataliz edən ferment fosfofruktokinaza adlanır, ferment  $Mg^{2+}$  ionlarının təsiri ilə aktivləşir.
- ❖ Fruktoza-1,6-difosfat fruktoza-difosfataldolaza fermentinin iştiraki ilə 2 molekul fosfotriozaya – fosfodihidroasetonfosfata (FDHA) və 3-fosfoqliserin aldehidinə (3-FQA) parçalanır. Əmələ gələn triozafosfatlar qarşılıqlı sürətdə bir-birinə çevrilə bilər. Onların izomerləşmə reaksiyasını kataliz edən ferment triozafosfatizomeraza adlanır. Qlikoliz prosesinin növbəti reaksiyalarında triozalardan yalnız biri – 3-fosfoqliserin aldehidi iştirak edə bilər.

Qlikolitik oksid-reduksiya mərhələsinin reaksiyaları aşağıdakılardır:

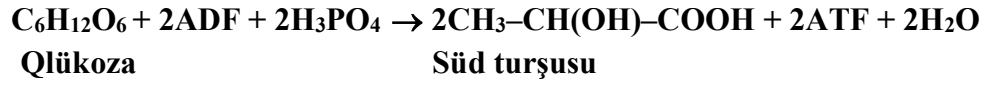
- ❖ Qliseraldehid-3-fosfatdehidrogenaza fermentinin təsiri ilə 3-fosfoqliserin aldehidi 1,3-difosfoqliserin turşusuna (1,3-DFQT) oksidləşir. Bu ferment  $NAD^+$  asılı fermentdir, reaksiya nəticəsində 1 mol  $NADH_2$  əmələ gəlir, yəni oksidləşməklə fosforlaşma ilə 2,5 mol ATF sintez olunur.

- ❖ Fosfoqliseratkinaza fermentinin təsiri ilə 1,3-difosfoqliserin turşusunun makroergik rəbitəli fosforil qrupunun ADF molekuluna ötürülməsi nəticəsində ATF sintez edilir ( $Mg^{2+}$  ionlarının iştirakı ilə). Bu mexanizm “*substrat vasitəsilə fosforlaşma*” adlanır.



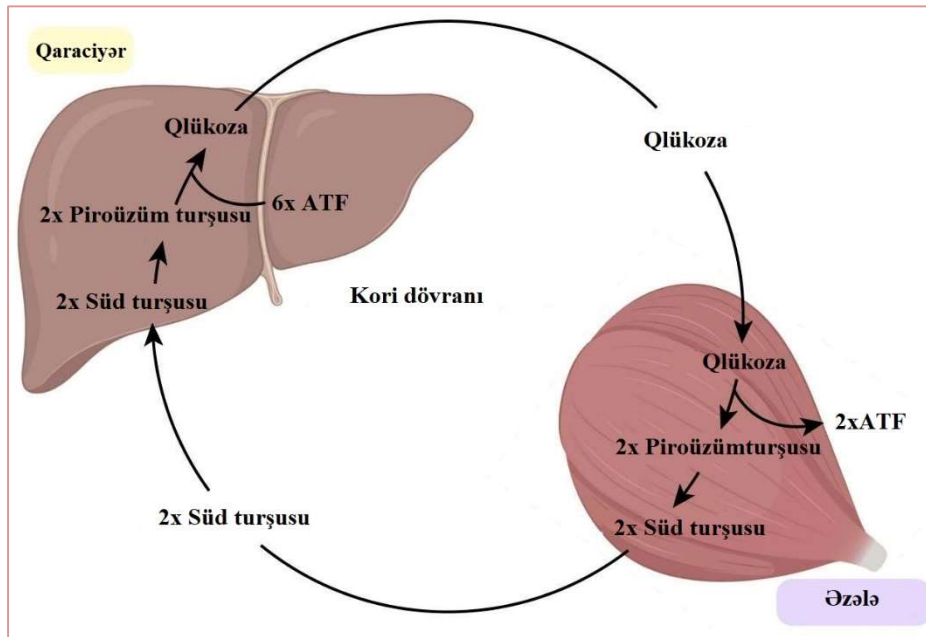
- ❖ Fosfoqliseromutaza fermentinin təsiri nəticəsində 3-fosfoqliserin turşusu izomerləşmə reaksiyasına daxil olur və 2-fosfoqliserin turşusu əmələ gəlir.
- ❖ Enolaza (piruvathidrataza) fermenti 2-fosfoqliserin turşusunu dehidratlaşdıraraq fosfoenolpiroüzüm turşusuna (FEP) çevirir
- ❖ Fosfoenolpiroüzüm turşusu molekulundakı fosforil qrupunun ADF molekuluna ötürülməsi ilə qlikolizin ikinci *substrat vasitəsilə fosforlaşma* reaksiyası baş verir. Bu reaksiya geriye dönməyən olub, piruvatkinaza fermenti vasitəsilə kataliz edilir. Ferment  $Mg^{2+}$ , fruktoza-1,6-difosfat,  $H_3PO_4$ -un təsirindən fəallaşa bilər. Beləliklə, piroüzüm turşusunun əmələ gəlməsi ilə aerob qlikoliz başa çatır.
- ❖ Piroüzüm turşusunun süd turşusuna (laktat) reduksiyası insan, heyvan və ali bitkilərin toxumalarında anaerob qlikolizin son reaksiyası

laktatdehidrogenaza fermentinin təsiri ilə baş verir. Bu reaksiya zamanı piroüzüm turşusu NADH<sub>2</sub>-nin iştirakı ilə reduksiyaya uğrayıb, süd turşusuna çevrilir. Süd turşusu anaerob şəraitdə gedən qlikoliz prosesinin son məhsuludur. Bütün mərhələləri nəzərə almaqla, qlikolizin yekun tənliyini aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:



Yalnız ürək əzələsində süd turşusunun bir qismi (skelet əzələlərində isə cüzi hissəsi) yenidən piroüzüm turşusuna çevrilib, oksidləşmə prosesini davam etdirə bilər, digər toxumalar isə ondan istifadə edə bilmir. Hüceyrələrdə süd turşusunun miqdarı artdıqda asidoz inkişaf edir ki, bu da hüceyrədaxili mühitdə maddələr mübadiləsinin pozulmasına səbəb ola bilər. Buna görə, qlikoliz prosesi zamanı əmələ gələn süd turşusu hüceyrələrdən xaric edilir və qan vasitəsilə qaraciyərə gətirilir, burada isə qlükozanın və qlikogenin resintezinə sərf edilir.

### Kori dövrü (Qlükoza-laktat dövrü)



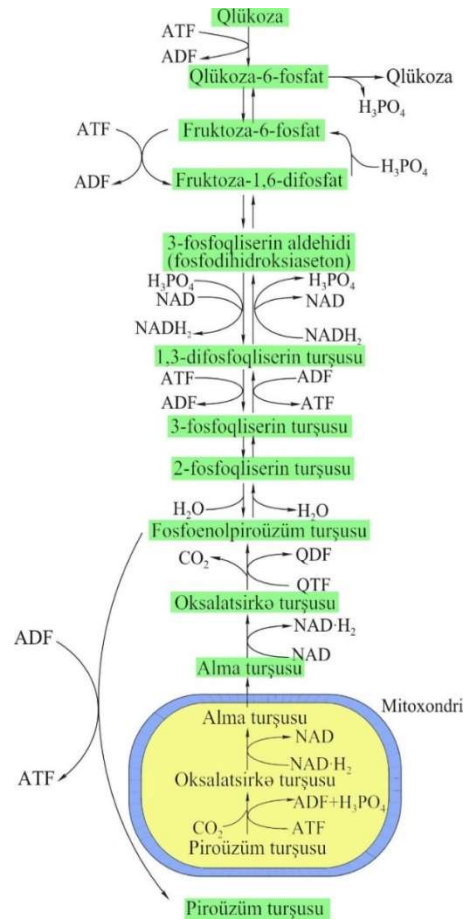
Əzələlərdə qlükogenin parçalanmasından əmələ gələn qlükoza-6-fosfat aerob və anaerob qlükoliz prosesinə qoşulur, bu zaman müvafiq olaraq 8 mol və 3 mol ATF sintez olunur. Buna səbəb, qlükogenin parçalanması zamanı ATF iştirakı olmadan qlükoza-6-fosfatın əmələ gəlməsidir; məlumdur ki, qlükolizin ilk reaksiyası ATF iştirakı (qlükozanın fosforlaşması) ilə müşayiət edilir.

## Qlükoneogenez

Qeyri-karbohidrat mənşəli üzvi maddələrdən qlükozanın sintezi prosesidir. İnsan orqanizminin bəzi toxumaları (xüsusən beyin) enerji mənbəyi kimi yalnız qlükozadan istifadə edir. Uzunmüddətli aclıq zamanı qanda şəkərin səviyyəsinin sabit vəziyyətdə saxlanılması üçün başqa üzvi maddələrdən qlükoza sintez edilməlidir; gərgin fiziki iş zamanı isə toxumalarda daha böyük sürətlə qlükozaya sərf edildiyinə görə qlükoneogenezin xüsusi rolu vardır.

Qlükoneogenez prosesi əsasən qaraciyərdə və böyrəklərin qabıq maddəsinin hüceyrələrində baş verir. Böyrəklərdə isə qlükozanın sintez yolu qaraciyərlə müqayisədə 9-10 dəfə azdır. Qlükozanın sintezi üçün orqanizmdə ən çox istifadə olunan metabolitlərə süd və piroüzüm turşularını, Krebs dövrəsinin aralıq məhsullarını, qliserol və aminoturşuları misal göstərmək olar.

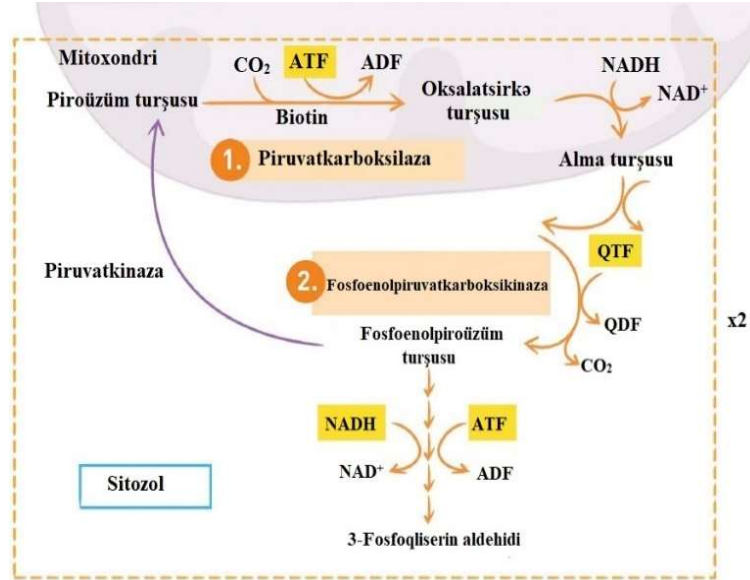
Qlükoneogenez prosesində əsas ilkin substrat piroüzüm turşusudur. Qlikoliz prosesinin 3 geri dönməyən reaksiyaları (qlükoza və qlükoza-6-fosfat; fruktoza-6-fosfat və fruktoza-1,6-difosfat; fosfoenolpiroüzüm turşusu və piroüzüm turşusu) qlükoneogenez prosesində 4 fərqli fermentin iştirakı ilə həyata keçən reaksiyalarla əvəzlənir.



**Piroüzüm turşusunun fosfoenolpiroüzüm turşusuna çevrilməsi.** Bu reaksiya 2 mərhələdən ibarətdir.

Birinci mərhələdə piroüzüm turşusu mitoxondrial piruvatkarboksilaza fermentin (kofermenti biotin) təsiri ilə oksalatsirkə turşusuna çevrilir; reaksiyaya.

İkinci mərhələdə fosfoenolpiruvatkarboksikinaza fermentinin iştiraki ilə oksalatsirkə turşusu həm karboksil qruplarından birini itirir, həm də fosforlaşma prosesinə uğrayaraq, fosfoenolpiroüzüm turşusuna çevrilir.



**Fruktoza-1,6-difosfatın fruktoza-6-fosfata çevrilməsi.** Göstərilən reaksiya fruktoza-1,6-difosfataza fermentinin təsiri ilə baş verir.

**Qlükoza-6-fosfatın qlükozaya çevrilməsi.** Qlükoza-6-fosfat qlükoza-6-fosfataza fermentinin təsiri ilə sərbəst qlükozaya və fosfat turşusuna parçalanır. Qlükoza-6-fosfataza fermenti yalnız qaraciyərdə, böyrəklərdə və bağırsaqların selikli qişasının epitel hüceyrələrində olur.

Qlükoneogenez prosesinə 2 mol piroüzüm turşusu cəlb edildiyini nəzərə alsaq, bu prosesin yekun tənliyi aşağıdakı kimidir:



**Qlikoliz və qlükoneogenez proseslər arasında qarşılıqlı əlaqə və tənzimi.** İnsulin/qlükaqon nisbəti aşağı olduqda (aclıq zamanı) qlükaqonun təsiri ilə qlikoliz prosesi qlükoneogenez ilə əvəzlənir. Qida qəbulu zamanı, əksinə insulin

qlikoliz fermentlərin sintezini induksiya, qlükoneogenezin fermentlərini repressiya edir.