

## **Zülal və aminturşu mübadiləsi**

### **Orqanizmdə zülalların dinamik vəziyyəti: azot balansı**

İnsan orqanizminin quru kütləsinin 44%-ə qədərini zülallar təşkil edir. Zülalların ümumi kütləsinin 63%-i orqanizmin skelet, skelet əzələləri, dəri, 37%-i isə daxili orqanlarda toplanır. Bütün aminturşuların – əsas və əvəzəilməyən aminturşuların yeganə mənbəyi qidadır. Qida zülalları həm də orqanizmin mühüm biogen azot mənbəyidir. Toxuma zülallarının parçalanmasından azad olan aminturşuların 65-70%-i yenidən zülalların biosintezinə sərf edilir; qalan 30-35%-i isə katabolizmə uğrayır. Bir gün ərzində qidanın tərkibində orqanizmə daxil olan azotla orqanizmdən xaric edilən azotun miqdarının fərqi azot balansı adlanır.

#### **Azot balansının tənliyi:**

**Balans  $\Delta$  = qida azotu – orqanizmdən xaric edilən azot (nəcislə, sidiklə, tərlə)**

Əgər:

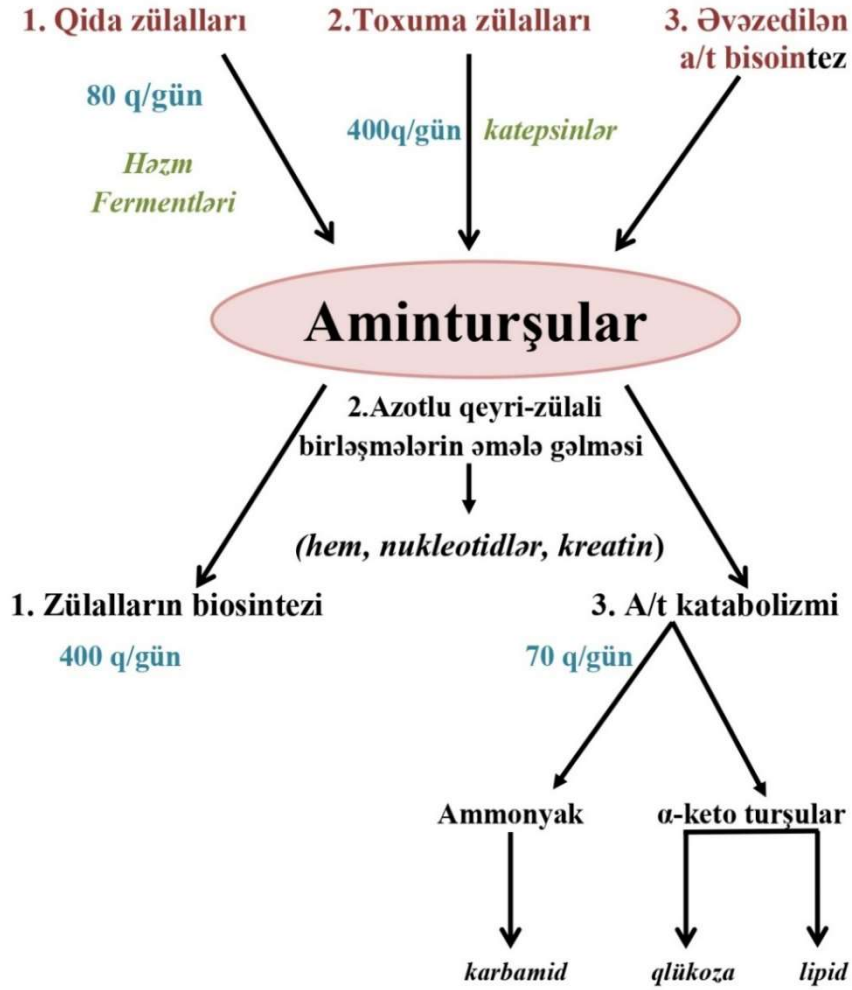
- ❖  $\Delta=0$ , buna azot müvazinəti deyilir. Yəni qəbul edilən azotun miqdarı məlum yollarla orqanizmdən xaric edilən azotun miqdarına bərabər olur, sağlam yetkin yaşlı şəxslərdə azot balansı sıfıra bərabərdir;
- ❖  $\Delta>0$ , bu, orqanizmin mənimsədiyi azotun ekskresiya edilən azotdan artıq olmasını göstərir; müsbət azot balansı adlanır. Fizioloji şəraitdə müsbət azot balansı uşaq orqanizmində və hamilə qadınlarda müşahidə edilir;
- ❖  $\Delta<0$ , orqanizmdən qida ilə qəbul ediləndən artıq miqdarda azot xaric olunması mənfi azot balansı adlanır. Mənfi azot balansı qida vasitəsilə kifayət qədər zülal qəbul etməyən şəxslərdə müşahidə olunur. Bəzən cərrahi müdaxilələrdən sonra, kaxeksiya zamanı mənfi azot balansı müşahidə edilir.

Hüceyrələrin aminturşu fondunun əsas mənbələri:

- ❖ bağırsaqlardan sorulan aminturşular;
- ❖ hüceyrə daxilində əvəzədilən aminturşuların sintezi;
- ❖ hüceyrə daxilində zülalların hidrolizi.

Hüceyrə daxilində aminturşuların sərfəilmə yolları aşağıdakılardır:

- ❖ zülal və peptidlərin sintezi; aminturşuların əsas kütləsi bu istiqamətdə sərf edilir;
- ❖ zülal strukturuna malik olmayan azotlu üzvi maddələrin sintez edilməsi;
- ❖ aminturşuların azotsuz qalığının karbohidratların sintezinə (qlükoneogenez) sərf edilməsi;
- ❖ aminturşuların azotsuz qalığının asetil-KoA-ya qədər parçalanaraq piy turşularının sintezinə sərf edilməsi.



Hüceyrələrə daxil olan aminturşuların çox hissəsi spesifik zülalların sintezinə sərf edilir. Nəticədə hüceyrələr struktur zülalları, fermentlər, anticisimlər, peptid və zülal quruluşlu hormonlar əldə edir. Bunlardan əlavə, aminturşulardan xırdamolekullu bioloji aktiv maddələr – hormonlar (tiroksin, triyodtironin, adrenalin, noradrenalin), biogen aminlər (histamin, serotonin), piqmentlər (melanin), porfirinlər (hemoqlobinin və sitoxromların prostetik qrupları), purin və pirimidin əsasları,  $NAD^+$  və  $NADP^+$ -in tərkibinə daxil olan nikotinamid (triptofandan), xırdamolekullu peptidlər (qlutasion, karnozin, anserin), xolin və digər mühüm bioloji rolu olan üzvi birləşmələr sintez edilə bilər.

### Zülalların həzmi və aminturşuların bağırsaqlardan sorulması

Qida zülalları həzm sistemi vəzilərinin şirələrində olan proteolitik fermentlərin (peptidazaların) təsiri altında hidroliz olunub, sərbəst aminturşulara parçalanırlar. Həzm sistemindən zülalların hidroliz məhsullarının 95-97%-i sərbəst aminturşular, qalan 3-5%-i isə di- və tripeptidlər şəklində sorulur.

Sintez olunduğu orqan	Fermentin təsir sahəsi	Profermentlərin aktivləşməsi		
		Proferment	Aktivator	Aktiv ferment
Mədənin əsas hüceyrələri	Mədə boşluğu	Pepsinogen	HCl, pepsin	Pepsin
Mədəaltı vəzi	Nazik bağırsaq	Tripsinogen	Enteropeptidaza, tripsin	Tripsin
		Ximotripsinogen	Tripsin	Ximotripsin
		Prokarboksipeptidaza A və B	Tripsin	Karboksipeptidaza A və B
		Proelastaza	Tripsin	Elastaza

### Həzmdə iştirak edən proteolitik fermentlər

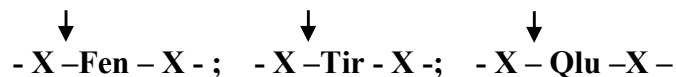
### Mədədə zülalların həzmi

Qida zülallarının həzmi mədədə başlayır. Təmiz mədə şirəsi rəngsiz, şəffaf, tərkibində 0,45-0,60%-li xlorid turşusu olduğuna görə, kəskin turş reaksiyalıdır (pH=0,9-2,0). Sağlam insan mədəsinin selikli qişası gündə 1,5-2,0 l şirə hazırlayır. Mədə şirəsinin tərkibində proteolitik fermentlərdən pepsin, renin, qastriksin olur.

**Pepsin.** Mədə şirəsi fermentlərindən həzm prosesində ən fəal iştirak edəni pepsindir. İnsanın təmiz mədə şirəsinin hər 1 ml-də 1 mq pepsin olur. Bir gün ərzində isə insan mədəsinə 1,5-2 q-a qədər pepsin sekresiya edilir (1,5-2,0 l mədə şirəsinin tərkibində); bu qədər pepsin 2 saat ərzində 75-100 kq yumurta zülalını parçalaya bilər. Pepsinin optimal pH 1,5-2,5 arasında tərəddüd edir.

Mədənin selikli qişasında pepsinin qeyri-fəal forması (profermenti, zimogeni) olan pepsinogen sintez edilir. Xlorid turşusunun və autokatalitik yolla pepsinin təsirindən aktivləşmiş pepsin zülallara hidrolitik təsir göstərir. Pepsin endopeptidaza

xassəli ferment olaraq əsasən tirozin, fenilalanin, triptofanın amin qruplarının əmələ gətirdikləri, həmçinin zəif sürətlə qlutamin turşusu, qlisin və s peptid rabitələrini hidrolizə uğradır:



Bu zaman iri peptidlər – albumoz və peptonlar əmələ gəlir.

Pepsin bütün zülallara eyni dərəcədə təsir göstərmir. Məsələn, bitki və heyvan toxumalarının albuminləri, həmçinin əzələ toxumasının zülalları (miozin, tropomiozin) pepsinin təsiri nəticəsində asanlıqla parçalandığı halda, birləşdirici toxumanın ara maddəsinin zülalları (kollagen, elastin) cüzi dəyişikliyə uğrayır, tük və yunun tərkibində olan keratin zülalı isə ümumiyyətlə dəyişikliyə uğramır.

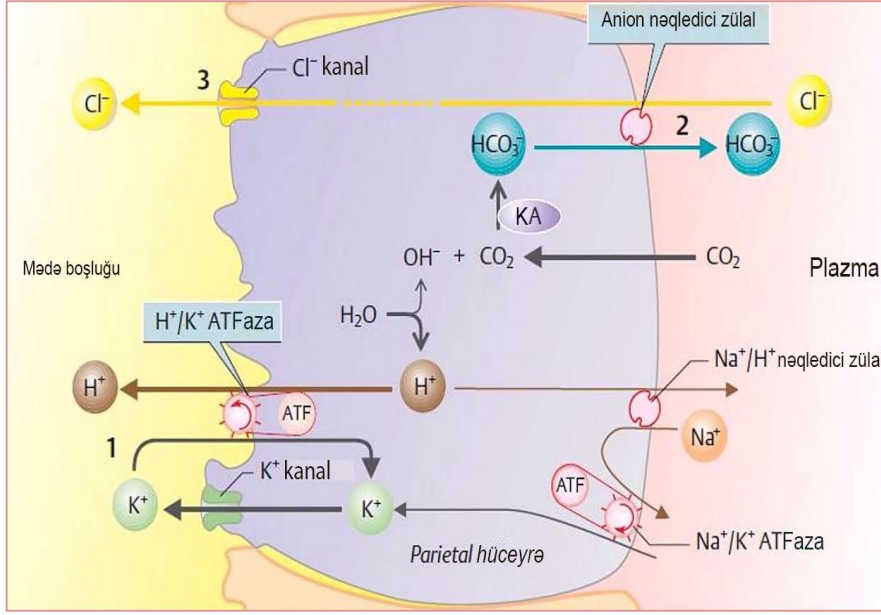
**Qastriksin.** Mədə şirəsində proteolitik təsir xassəsinə görə pepsinə yaxın olan qastriksin fermenti də vardır. Qastriksin monoamindikarbon turşularının (asparagin, qlutamin turşuları) peptid rabitələrini hidroliz edir. Onun optimal pH-ı 3,0-3,5-dir. Sağlam şəxslərin mədə şirəsində qastriksin pepsinə nisbətən 4 dəfə az olur, lakin qıdadan sonra süd içdikdə və ya mədə xorası xəstəliyi zamanı bu fermentin nisbi miqdarı artır.

**Renin.** Südəmə uşaqların mədə şirəsində renin fermenti vardır. Reninin optimal pH-ı 4,5-ə bərabərdir və südün tərkibində olan kazeinogen zülalını kazeinə çevirir; bu südün çürüməsini xatırladır. Yaşlı şəxslərdə reninin bu funksiyasını pepsin yerinə yetirir.

Pepsinogenin pepsinə çevrilməsi prosesindən başqa, xlorid turşusu aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir :

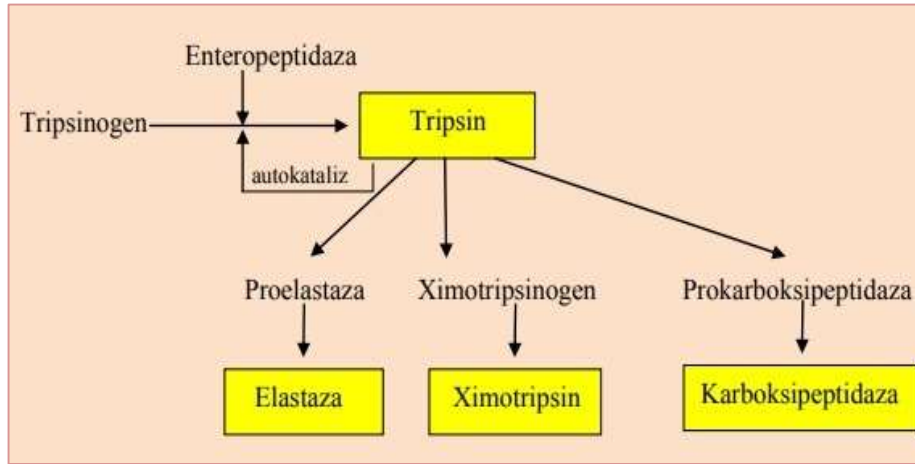
- ❖ pepsinin təsiri üçün optimal mühit yaradır;
- ❖ zülalları denaturasiyaya uğradıb, proteinazaların onlara asan təsirinə şərait yaradır;
- ❖ mədədən onikibarmaq bağırsağa keçən turşu buranın selikli qişasını qıcıqlandırmaqla, pilorus (mədə çıxacağı) sfinkterində reflektor spazm törədir və qida kütlələrinin mədədən onikibarmaq bağırsağa hissə-hissə keçməyinə səbəb olur;
- ❖ onikibarmaq bağırsağın selikli qişasında sintez edilən prosekretin xlorid turşusunun təsiri nəticəsində fəallaşır (sekretinə çevrilir); sekretin qan vasitəsilə mədəaltı vəziyyəyə gətirilir və bu vəzinin sekresiyasını sürətləndirir;
- ❖ xlorid turşusu mədəyə düşən mikroorqanizmləri məhv etməklə, orqanizmin patogen amillərdən mühafizəsinə kömək edir; qıdanın

tərkibində olan kalsium duzlarının dəmir birləşmələrinin və digər çətin həll olan maddələrin suda həll olmasını asanlaşdırır.



## Nazik bağırsaqlarda zülallərin həzmi

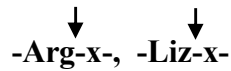
Mədəaltı vəzi şirəsinin tərkibində peptid rabitələrinə hidrolitik təsir göstərən bir neçə növ ferment vardır, hamısı qeyri-fəal (zimogen) şəkildə sintez edilir və yalnız bağırsaqlara sekresiya edildikdən sonra aktivləşir.



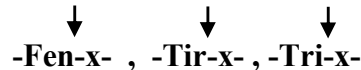
### Nazik bağırsaqda proteolitik fermentlərin aktivləşmə mexanizmi

Bunlara tripsin, ximotripsin, elastaza və 2 növ karboksipeptidaza (A və B) aiddir.

**Tripsin.** Enteropeptidaza (enterokinaza) fermenti tripsinogeni tripsinə çevirir. Fəal tripsin endopeptidaza kimi zülal və peptidlərin molekul zəncirlərində qələvi xassəli aminturşu qalıqlarının (arginin, lizin) karboksil qrupları vasitəsilə əmələ gətirdikləri daxili peptid rabitələrini hidroliz edir (endopeptidaza):



**Ximotripsin.** Ximotripsinogen onikibarmaq bağırsaqda tripsinin təsiri nəticəsində aktivləşir. Ximotripsin tripsinə nisbətən geniş təsir spektrinə malikdir. Bu ferment aromatik aminturşuların (fenilalanin, tirozin, triptofan) karboksil qruplarının iştirakı ilə yaranan peptid rabitələrini hidrolizə uğradır.



Ximotripsin (endopeptidazalara aiddir) peptid rabitələrindən əlavə, üzvi turşuların efir, amid və digər rabitələrində də hidrolitik təsir göstərə bilər.

**Elastaza.** Mədəaltı vəzi şirəsinin endopeptidaza tipli fermentlərindən biri də elastazadır. Bu ferment digər mədəaltı vəzi peptidazaları kimi, qeyri-fəal proelastaza şəklində sintez olunur və bağırsaqlara sekresiya edildikdən sonra tripsinin təsiri nəticəsində aktivləşir.

Elastazanın adı hidrolizə uğratdığı zülal növünün adından götürülmüşdür. Elastaza geniş təsir spektrinə malik olsa da, hidrofob xassəli zülalların, xüsusən

qlisin, alaninin karboksil qruplarının peptid rabitələrini daha asanlıqla hidroliz edir.

**Karboksipeptidazalar** ekzopeptidazalar qrupuna aiddir. Karboksipeptidazaların (A və B) proferment formaları tripsinin təsirindən aktivləşir.

Karboksipeptidazanın A və B formaları bir-birindən substrat spesifikliyinə görə fərqlənir. Fermentin A tipi peptid zəncirinin C-terminal hissəsində yerləşən, əsasən hidrofob xassəli aminturşuların (alanin, leysin, izoleysin, valin, triptofan və s.) qalıqlarının peptid rabitələrini hidroliz edir, karboksipeptidaza B isə – qələvi xassəli aminturşuların (arginin, lizin) peptid rabitələrini hidrolizə uğradır.

**Bağırsaq şirəsinin proteinazaları.** Aminpeptidazalar (leysinaminpeptidaza, alaninaminpeptidaza), tripeptidazalar, dipeptidazalar bağırsaq peptidazalarının əsas fermentləridir.

**Aminpeptidazalar** zülal və peptid molekullarından amin qrupu sərbəst qalan aminturşu qalığını hidroliz edən fermentlərdir. Bunlardan leysinaminpeptidaza daha ətraflı tədqiq edilmişdir, bu ferment ciddi substrat spesifikliyinə malik deyil; yəni leysinaminpeptidaza peptid zəncirinin N-terminal hissəsində yerləşən digər aminturşuları (fenilalanin, tirozin, triptofan, histidin) hidroliz edə bilər. Alaninaminpeptidaza zülal və peptid molekullarının uc hissəsində yerləşən alaninin karboksil qrupu vasitəsilə törətdiyi peptid rabitəsini asanlıqla parçalayır; digər aminturşuların peptid rabitələrinə isə zəif təsir göstərir.

**Dipeptidazalar.** Bağırsaqlarda həzm prosesini əsasən dipeptidazalar başa çatdırır. Bunlar müxtəlif dipeptidləri hidroliz edərək, sərbəst aminturşular əmələ gətirir. Bağırsaq şirəsinin proteinazaları fəal formada sekresiya olunur.

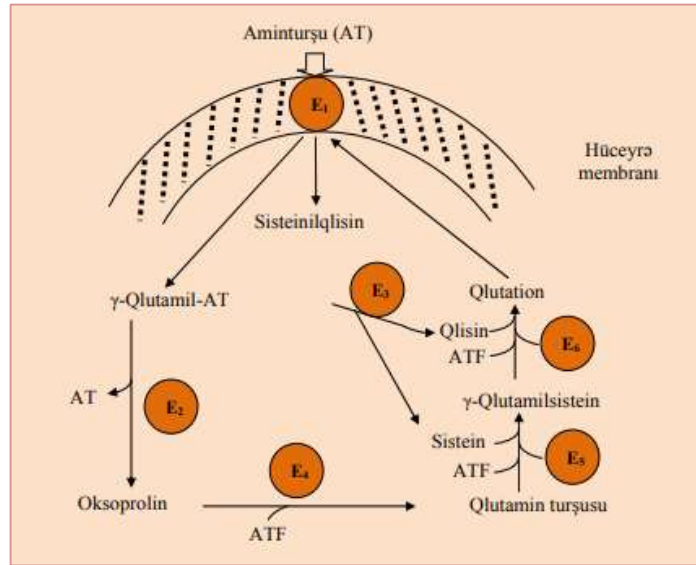
## **Aminturşuların bağırsaqlardan sorulması**

Aminturşuların bağırsaq boşluğundan enterositlərə daxil olması enerji sərfi ilə müşayiət edilən aktiv prosesdir: mexanizm hüceyrə membranı ilə əlaqəli olan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATF-aza fermentinin iştirakı ilə gedir. Bu mexanizm üzrə aminturşuların nəql edilməsində iştirak edən spesifik nəqledici membran zülallarının ən azı 5 növü vardır:

- ❖ neytral alifatik aminturşular;
- ❖ tsiklik aminturşular;
- ❖ qələvi xassəli aminturşular;
- ❖ turş xassəli aminturşular;
- ❖ prolinin spesifik nəqledici zülalları;

Aminturşuların bağırsaqlardan sorulması  $\gamma$ -qlutamil dövranı ilə bağırsaq,

böyrək və beyin hüceyrələrində əsasən isə qaraciyərdə baş verir.



### **Aminturşuların bağırsaqlardan sorulmasının $\gamma$ -qlutamil dövranı**

Burada  $\gamma$ -qlutamilsisteinilqlisin (qlutation) tərkibli tripeptid və membranla rabitəli olan  $\gamma$ -qlutamiltranspeptidaza ( $\gamma$ -qlutamiltransferaza) fermentinin iştiraki ilə həyata keçir. Hər aminturşu molekulunun hüceyrələrə nəql edilməsi üçün 3 ATF molekulunun sonuncu fosforil rabitəsinin enerjisi sərf edilir .

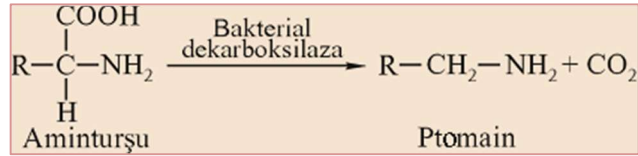
### **Bağırsaqlarda zülalların çürüməsi və orqanizmdə çürümə məhsullarının zərərsizləşdirilməsi**

Zülalların həzmi nəticəsində əmələ gələn aminturşuların böyük hissəsi nazik bağırsaqlardan sorulub, qana keçir. Lakin onların az bir qismi qidanın həzmə uğramayan komponentləri və su ilə birlikdə yoğun bağırsaqlara düşür. Yoğun bağırsaqlardan çox miqdarda su sorulur.

Karbohidratlar, lipidlər və bəzi aminturşular qıvcırma prosesinə məruz qalırlar, sirkə, süd və yağ (butirat) turşusuna çevrilirlər. Bundan əlavə, azotlu üzvi birləşmələr olan aminturşular bağırsağ bakteriyalarının ferment sisteminin təsiri altında aminsizləşmə, karboksilsizləşmə və digər fermentativ dəyişikliklərə uğrayır ki, buna da çürümə deyilir. Aminturşuların çürüməsi nəticəsində bağırsaqlarda CO<sub>2</sub>, ammoniyak, metan, indol, skatol kimi maddələr əmələ gəlir. Qıvcırma prosesində aminturşuların əksəriyyəti bağırsağ bakteriyalarının təsiri nəticəsində dekarboksilləşmə reaksiyası yolu ilə meyit zəhərləri və ya ptomainlər əmələ

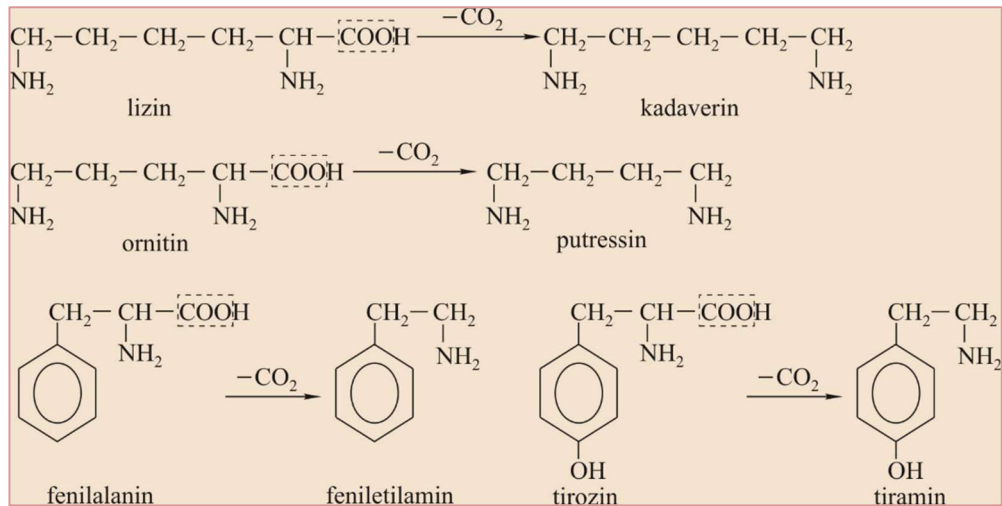


gətirirlər:

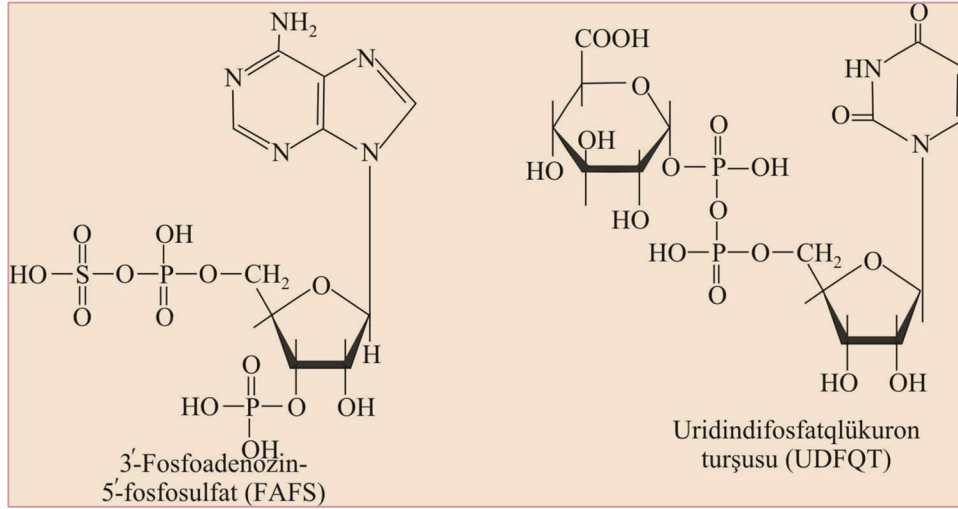


Kadaverin və putressinin adları bu maddələrin meyitin tərkibində tapılması ilə əlaqədardır (latınca: “cadaver”– meyit deməkdir).

Çürümə prosesi nəticəsində əmələ gələn maddələrin əksəriyyəti orqanizmdən bağırsaqlar vasitəsilə xaric olur. Lakin bunların bir hissəsi toksik maddələr olub (xüsusən fenol, krezol, indol, skatol və s.) qana sorulur və qarın venası vasitəsilə qaraciyərə gətirilir. Bu maddələr bağırsaqlardan sorulduqdan sonra ilk növbədə qaraciyərdə zərərsizləşdirilir və orqanizmdən xaric edilə bilən birləşmələrə çevrilir.



Çürümə məhsulları və digər ekzogen mənşəli toksik maddələr qaraciyərdə oksidləşmə, reduksiya, hidroliz və digər biokimyəvi proseslərə uğramaqla zərərsizləşdirilir. Tsiklik aminturşuların çürümə məhsulları (fenol, krezol, indol və skatol) qaraciyərdə sulfat və ya qlükuron turşuları ilə birləşib, orqanizmdən böyrəklər vasitəsilə xaric edilə bilən maddələrə çevrilir. Bu prosesdə sulfat və ya qlükuron turşularının aktiv formaları olan 3'-fosfoadenozin-5'-fosfosulfat (FAFS) və uridindifosfatqlükuron turşusu (UDFQT) iştirak edir.



Normal sidiiyin tərkibində qoşa sulfat turşuları qoşa qlükuron turşularına nisbətən çox olur.

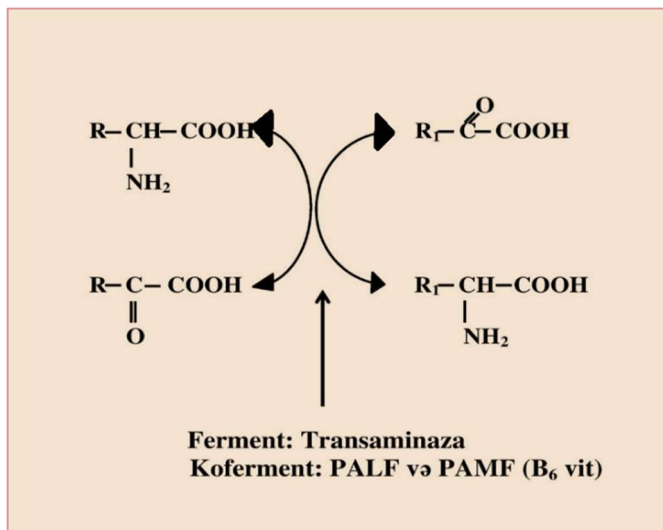
### Aminturşu mübadiləsinin ümumi yolları

Aminturşular qan damarlarında 5-10 dəqiqədən artıq dövr etmir. Çünki, hüceyrələr aminturşuları böyük sürətlə mənimsəyir. Aminturşuların hər bir növünün spesifik metabolizm yolları aşkar edilmişdir. Lakin bütün aminturşuların metabolizm yolları üçün ümumi olan biokimyəvi proseslər də vardır. Bunlara aminsizləşmə, transaminləşmə (yenidən aminləşmə), dekarboksilləşmə və rasemizasiya prosesləri aiddir.

Aminturşuların rasemizasiya reaksiyaları yalnız mikroorqanizmlərdə müşahidə edilir. Bu proses zamanı aminturşuların L-izomerləri D-izomerlərə çevrilir. Bütün aminturşular üçün ümumi olan biokimyəvi reaksiyalardan aminsizləşmə, transaminləşmə və karboksilsizləşmə prosesləri insan və heyvan toxumalarında geniş yayılmışdır.

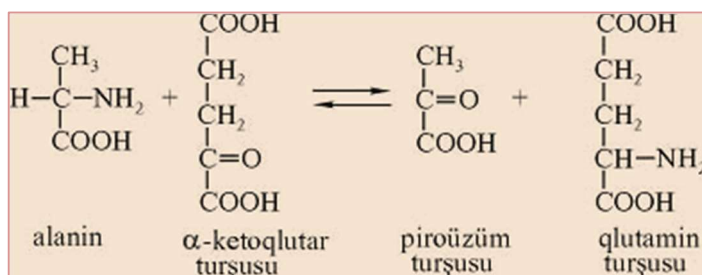
### Aminturşuların transaminləşməsi

Aminturşuların transaminləşmə prosesi toxumalarda (xüsusən əzələ toxumasında)  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu ilə digər aminturşular arasında yerdəyişmə reaksiyalarıdır, yəni birinci turşunun keton qrupu ilə ikincinin amin qrupu yerini dəyişir:



Belə reaksiyalara transaminləşmə reaksiyaları adı verilmişdir. Reaksiyada iştirak edən amintransferaza və ya transaminazaların kofermentinin tərkibinə B<sub>6</sub> vitamini (piridoksal (PALF) və piridoksamin (PAMF)) daxildir. Transaminləşmə reaksiyalarında amin qrupunun akseptoru vəzifəsini ketoturşulardan piroüzüm, oksalatsirkə və α-ketoqlutar turşuları daşıyır.

Məsələn, alaninlə α-ketoqlutar turşusu arasında aşağıdakı tənlik üzrə reaksiya gedə bilər:



Geri dönən kimyəvi proses olan transaminləşmə reaksiyasının aminturşuların həm sintezində, həm də katabolizmində böyük əhəmiyyəti vardır. Transaminləşmə aminturşuların katabolizminin ilk, anabolizminin isə sonuncu reaksiyasıdır. Hüceyrədaxili mühitdə müəyyən aminturşunun artıq miqdarı transaminləşmə reaksiyasına girib, müvafiq ketoturşuya çevrilir; reaksiya zamanı əmələ gələn qlutamin turşusu isə qlutamatdehidrogenazanın katalitik təsiri altında α-ketoqlutar turşusuna çevrilib, yenidən transaminləşmə reaksiyasında iştirak etmək imkanı qazanır. Bu proses üçün lazım gələn α-ketoqlutar turşusu limon turşusu dövrünün da substratıdır. Transaminləşmə reaksiyası aminturşuların dolaylı yolla aminsizləşdirilməsinə şərait yaradır. Transaminləşmə reaksiyası orqanizm üçün

lazım gələn aminturşuları sintez edir. Bu fermentlərin katalitik fəaliyyəti üçün eyni vaxtda həm PALF, həm də PAMF kofermentlərinin olması vacibdir. Lizin, treonin, arginin, prolin aminturşuların amintransferazaları olmadığından onların katabolizmi başqa yolla gedir. Bu aminturşular transaminləşmə reaksiyalarına daxil olurlar.

Transaminazaların iki növü – alaninamintransferaza (ALT) və aspartatamintransferaza (AsT) toxumalarda yüksək aktivliyə malikdir. Qan serumunda bu fermentlərin fəallığının təyin edilməsinin böyük diaqnostik əhəmiyyəti vardır. Ürək əzələsində və qaraciyərdə ALT və AsT fermentləri daha çox olur və toxuma zədələnməsi zamanı asanlıqla hüceyrəarası mayeyə və qana keçir. Buna görə, ürək əzələsinin və qaraciyər parenximinin zədələnmələri (məsələn, miokard infarktı və virus hepatiti zamanı) qanda bu fermentlərin fəallığının artması ilə müşayiət edilir.

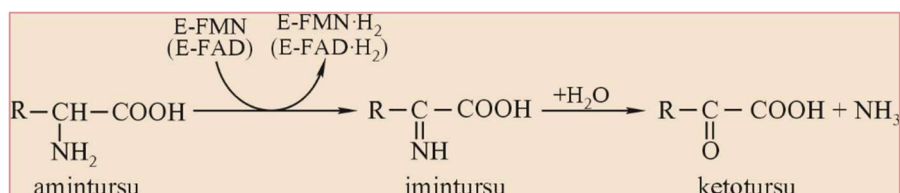
Normal halda qan serumunun ALT aktivliyi 4-35 (orta hesabla 15), AsT aktivliyi isə 5-40 (orta hesabla 20) şərti vahidə bərabərolur. Miokard infarktı xəstəliyinin ilk saatlarında qan serumunun AsT aktivliyi 300-500 vahidə çata bilər. Fermentin aktivliyi xəstəliyin 4-6-cı saatlarından artmağa başlayır və 24-36-cı saatlarda ən yüksək həddə çatır. Miokard infarktının 3-7-ci günlərində qan serumunun AsT aktivliyi normal səviyyəyə qaydır. Qan serumunda bu fermentin aktivliyi miokard infarktı xəstəliyinin elektrokardiografiya üsulu ilə aşkar edilə bilməyən xırda ocaqlı formaları zamanı da arta bilər. Buna görə, AsT-ın aktivliyinin müəyyənləşdirilməsi diaqnostika üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Virus hepatiti (Botkin xəstəliyi) ilə xəstələnən şəxslərin qan serumunda xəstəliyin başladığı ilk günlərdə (sarılıqdan əvvəl) qan serumunun transferaza aktivliyi yüksəlir. Bu xəstəlik zamanı serumda ALT-ın fəallığı AsT-ın fəallığına nisbətən sürətlə artır və nəticədə AsT/ALT (de Ritis əmsalı) nisbəti azalır (sağlam şəxslərdə bu göstərici 1,33-lə 0,42 arasında olur). Virus hepatitinin ilk 10-15 gününəzində qan serumunun ALT aktivliyi bütün xəstələrdə normal göstəricilərdən xeyli yüksək səviyyəyə qalxır; sonrakı günlərdə isə tədricən normal səviyyəyə enir. Toksik hepatit və xronik hepatitin kəskinləşməsi də qan serumunda transferazaların fəallığının artması ilə müşayiət edilir. Lakin bu xəstəliklərdən fərqli olaraq, qaraciyər sirrozları zamanı serumda transferazaların fəallığı kəskin dəyişikliyə uğramır. Beləliklə, qan serumunda transferazaların fəallığının müəyyənləşdirilməsinin qaraciyər xəstəliklərinin diferensial diaqnostikası üçün böyük əhəmiyyəti vardır.

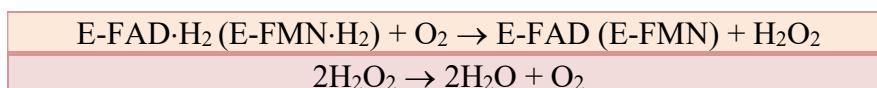
## **Aminturşuların aminləşməsi**

Aminsizləşmə (dezaminləşmə) reaksiyaları amin turşu molekulundan  $\alpha$ -amin qrupunun ayrılması ilə nəticələnir. Heyvan və bitki toxumalarında oksidləşməklə aminsizləşmə prosesi üstünlük təşkil edir. Bitkilərdə və bakteriyaların bəzi növlərində hidrolitik və reduksiya olunmaqla aminsizləşməyə təsadüf edilir.

**Oksidləşməklə aminsizləşmə prosesinin biokimyəvi mexanizmi.** İnsanın və məməli heyvanların qarciyərində L- və D- amin turşularının spesifik oksidazaları aşkar edilmişdir. Bu fermentlər (L- və D- amin turşularının oksidazaları) müvafiq amin turşuları oksidləşməklə aminsizləşmə prosesinə uğradıb, ketoturşulara çevirir:

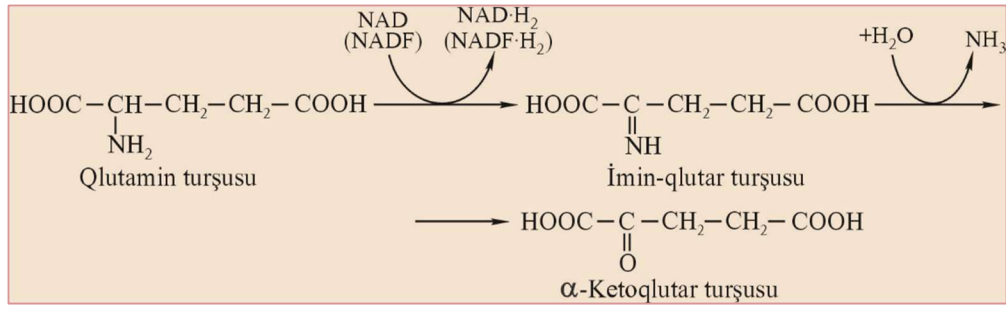


Reaksiyada hidrogen atomlarının akseptoru kimi iştirak edən prostetik qruplar – FAD və ya FMN – molekulyar oksigen vasitəsilə oksidləşir, nəticədə hidrogenperoksid əmələ gəlir; bu birləşmə isə katalazanın təsiri nəticəsində suya və oksigenə parçalanır:

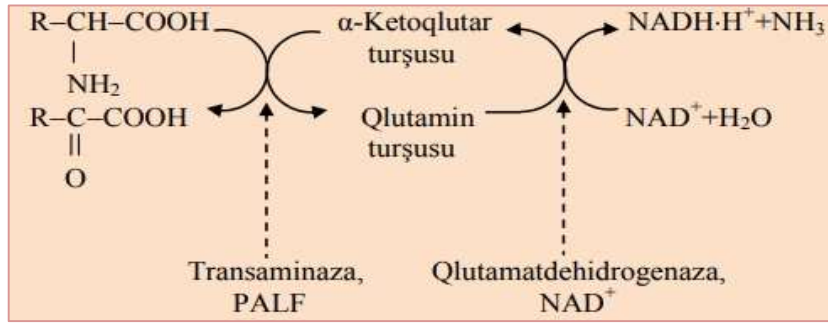


L-amin turşularının oksidazalarının prostetik qrup funksiyasını FMN, D-amin turşularının oksidazalarında isə bu vəzifəni FAD yerinə yetirir. L-amin turşularının oksidazaları mühitin pH-nın fizioloji həddlərində olduqca zəif aktivlik göstərir. Bu fermentlərin optimal pH-ı 10-a bərabərdir (fizioloji şəraitdə toxumaların pH-ı bundan xeyli aşağı olur). Lakin təkcə L-qlutamin turşusunun dehidrogenazası (L-qlutamatdehidrogenaza) adı almış ferment bu baxımdan müstəsnalıq təşkil edir. Qlutamatdehidrogenazanın kofermenti  $\text{NAD}^+$  və ya  $\text{NADP}^+$ -dir.

Əmələ gələn NADH<sub>2</sub> elektrondaşıyıcı zəncir üzrə oksidləşib, tərkibindəki proton və elektronları oksigen atomuna verməklə, enerji mübadiləsində iştirak edir:

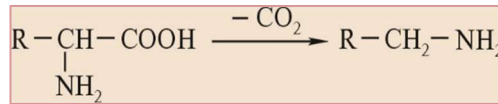


Deməli, qlutamin turşusu düz (vasitəsiz) aminsizləşməyə məruz qalır. Əksər aminturşular qaraciyərdə vasitəli (transdezaminləşmə) aminsizləşməyə uğrayırlar, nəticədə qlutamin turşusu NAD<sup>+</sup>-asılı qlutamatdehidrogenaza fermentinin təsiri ilə dezaminləşir, NH<sub>3</sub> və α-ketoqlutar turşusu əmələ gəlir.



## Aminturşuların dekarboksilləşməsi

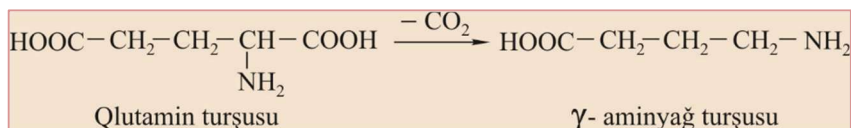
Bəzi aminturşular və onların törəmələri dekarboksilləşməyə uğraya bilərlər. α-Karboksil qrupu geriye dönmədən molekuldan ayrılır və müvafiq aminlər əmələ gəlir. Karboksilsizləşmə reaksiyalarını ümumi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:



Əmələ gələn aminlər orqanizmdə fizioloji dəyişikliklər törədir. Buna görə, belə birləşmələrə “*biogen aminlər*” deyilir. Karboksilsizləşmə reaksiyalarını kataliz

edən fermentlər aminturşuların dekarboksilazaları adlanır. Dekarboksilazaların kofermenti – fosfopiridoksaldır (B<sub>6</sub> vitamini). Bu fermentlər nisbi substrat spesifikliyinə malikdir.

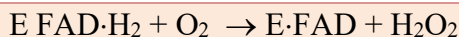
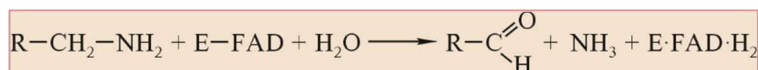
İnsan toxumalarında əmələ gələn aminlər orqanizmin müxtəlif funksiyalarının tənzimində iştirak edir. Məsələn, qlutamin turşusunun karboksilsizləşməsi nəticəsində mərkəzi sinir sisteminin fəaliyyəti üçün böyük əhəmiyyəti olan  $\gamma$ -aminyaq turşusu (QAYT) əmələ gəlir. Bu turşu sinir hüceyrələrinin tormozlayıcı mediatorudur.



Biogen aminlərdən 5-hidroksitriptamin (serotonin) epifiz vəzinin hormonlarından biridir və triptofanın dekarboksilləşməsindən əmələ gəlir; tirozinin karboksilsizləşməsi nəticəsində əmələ gələn tiramin arterial təzyiqi yüksəldir; onun damar tonusuna təsiri adrenalinin təsirinə bənzəyir; histidin karboksilsizləşməsinin məhsulu olan histamin arteriolları genişləndirir, damar divarının keçiriciliyini artırır.

Biogen aminlərin yüksək dozaları orqanizm üçün ciddi təhlükə törədir. Toxumalarda biogen aminləri zərərsizləşdirən spesifik fermentlər olur. Bu fermentlərin təsiri nəticəsində biogen aminlər oksidləşməklə dezaminləşmə (aminsizləşmə) prosesinə uğrayır. Bu fermentlərə aminoksidazalar deyilir. Onlar monoaminoksidazalar və diaminoksidazalar adlanan iki qrupa bölünür.

Monoaminoksidazalar (MAO) fəallığı FAD-dan asılı olan fermentlərdir. Diaminoksidazaların (DAO) kofermenti isə piridoksalfosfatdır (fermentlərin aktiv mərkəzlərinə Cu<sup>2+</sup> ionları da daxildir). MAO mitoxondrilərlə rabitəli şəkildə olur, DAO isə sitoplazmada lokalizasiya edir:



Bu reaksiyaların cəmini aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:

