

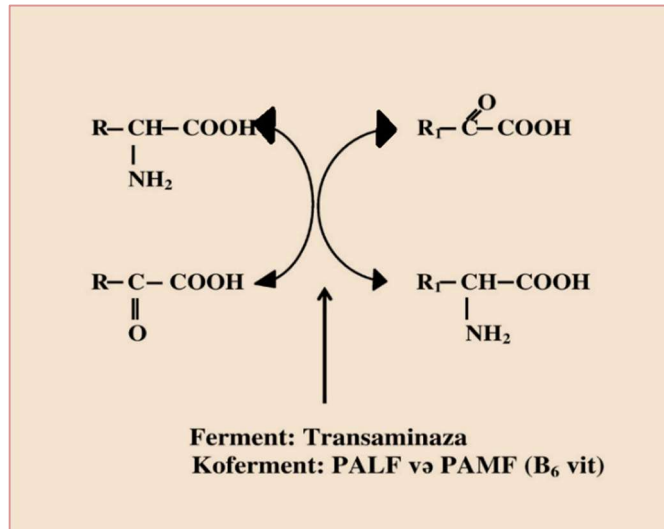
## Aminturşu mübadiləsinin ümumi yolları

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

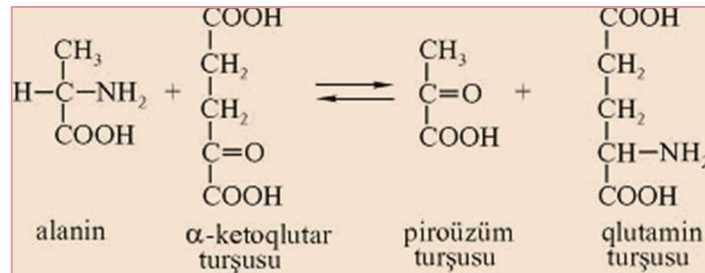
Aminturşuların transaminləşmə prosesi toxumalarda (xüsusən əzələ toxumasında)  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu ilə digər aminturşular arasında yerdəyişmə reaksiyalarıdır, yəni birinci turşunun keton qrupu ilə ikincinin amin qrupu yerini dəyişir:



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  $\alpha$ -ketoqlutar turşuları daşıyır.

Məsələn, alaninlə  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu arasında aşağıdakı tənlik üzrə reaksiya gedə bilər:



Geri döənən 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  $\alpha$ -ketoqlutar turşusuna çevrilib, yenidən transaminləşmə reaksiyasında iştirak etmək imkanı qazanır. Bu proses üçün lazım gələn  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu limon turşusu dövrünün da substratıdır. Transaminləşmə reaksiyası aminturşuların dolayı 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 olmurlar.

Transaminazaların iki növü – alaninamintransferaza (AIT) və aspartatamintransferaza (AsT) toxumalarda yüksək aktivliyə malikdir. Qan serumunda bu fermentlərin fəallığının təyin edilməsinin böyük diaqnostik əhəmiyyəti vardır. Ürək əzələsində və qaraciyərdə AIT 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 AIT aktivliyi 4-35 (orta hesabla 15), AsT aktivliyi isə 5-40 (orta hesabla 20) şərti vahidə bərabərlər. Miokard infarktı

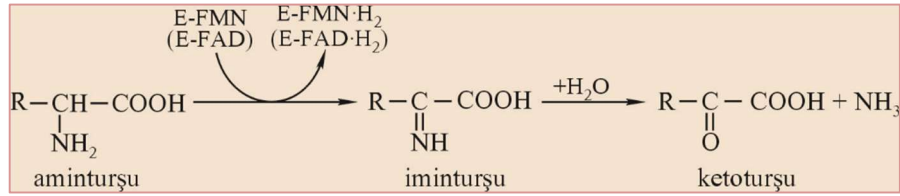
xəstəliyinin ilk saatlarında qan serumunun AsT aktivliyi 300-500 vahidə çata bilər. Fermentin aktivliyi xəstəliyin 4-6-cı saatlarından artmağa başlayır və 24-36-cı saatlarda ən yüksək həddə çatır. Miokard infarktının 3-7-ci günlərində qan serumunun AsT aktivliyi normal səviyyəyə qayıdır. Qan serumunda 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.

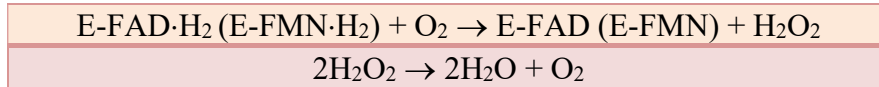
## **Aminturşuların aminsizləşməsi**

Aminsizləşmə (dezaminləşmə) reaksiyaları aminturşu 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 qaraciyərində L- və D- aminturşuların spesifik oksidazaları aşkar edilmişdir. Bu fermentlər (L- və D- aminturşuların oksidazaları) müvafiq aminturşuları oksidləşməklə aminsizləşmə prosesinə uğradıb, ketoturşulara çevirir:

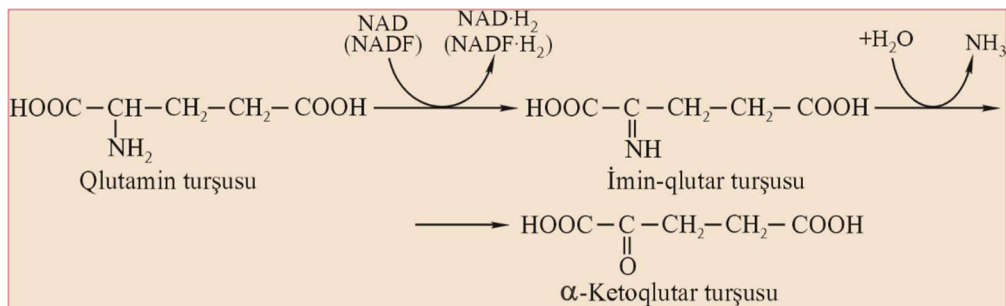


Reaksiyada hidrogen atomlarının akseptoru kimi iştirak edən prostetik qruplar – FAD və ya FMN – molekulyar oksigen vasitəsilə oksidləşir, nəticədə hidrogen-peroksid əmələ gəlir; bu birləşmə isə katalazanın təsiri nəticəsində suya və oksigenə parçalanır:

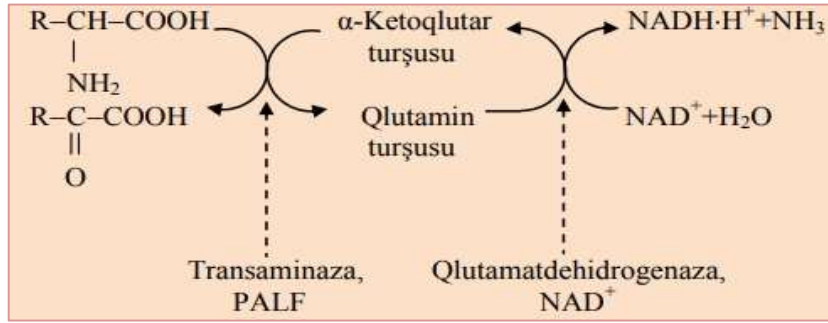


L-aminturşularının oksidazalarının prostetik qrup funksiyasını FMN, D-aminturşuların oksidazalarında isə bu vəzifəni FAD yerinə yetirir. L-aminturşuların oksidazaları mühitin pH-nın fizioloji həddlərində olduqca zəif aktivlik göstərir. Bu fermentlərin optimal pH-ı 10-a bərabərdir (fizioloji şəraitdə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

Əmələ gələn  $\text{NADH}_2$  elektrondaşyıcı zəncir üzrə oksidləşib, tərkibindəki proton və elektronları oksigen atomuna verməklə, enerji mübadiləsində iştirak edir:

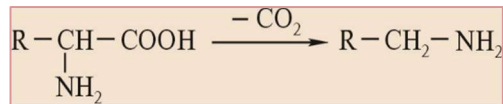


Deməli, qlutamin turşusu düz (vasitəsiz) aminsizləşməyə məruz qalır. Əksər aminturşular qaraciyərdə vasitəli (transdeaminləşmə) aminsizləşməyə uğrayırlar, nəticədə qlutamin turşusu  $\text{NAD}^+$ -asılı qlutamatdehidrogenaza fermentinin təsiri ilə dezaminləşir,  $\text{NH}_3$  və  $\alpha$ -ketoqlutar turşusu əmələ gəlir.



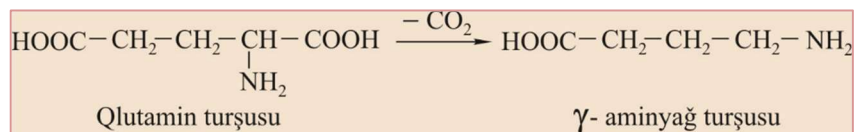
## Aminturşuların dekarboksilləşməsi

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 γ-aminyaq turşusu (QAYT) əmələ gəlir. Bu turşu sinir hüceyrələrinin tormozlayıcı mediatorudur.

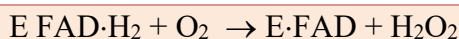
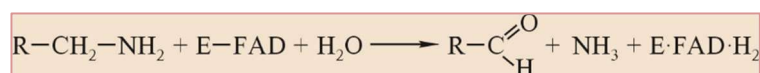


Biogen aminlərdən 5-hidroksitriptamin (serotonin) epifiz vəzinin hormonlarından biridir və triptofanın dekarboksilləşməsindən əmələ gəlir; tirozinin

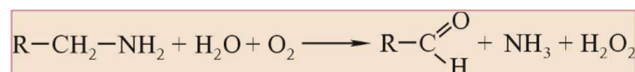
karboksilsizləşməsi nəticəsində əmələ gələn tiramin arterial təzyiqi yüksəldir; onun damar tonusuna təsiri adrenalinin təsirinə bənzəyir; histidinin karboksilsizləşməsinin məhsulu olan histamin arteriolları genişləndirir, damar divarının keçiriciliyini artırır.

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  $\text{Cu}^{2+}$  ionları da daxildir). MAO mitoxondrilərlə rabitəli şəkildə olur, DAO isə sitoplazmada lokalizasiya edir:



Bu reaksiyaların cəmini aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:



## **AMMONYAKIN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİ, toksik təsirinin biokimyəvi mexanizmləri və zərərsizləşdirilməsinin yolları. Əvəz olunan aminturşuların biosintezi.**

Azot müvazinəti vəziyyətində olan insan orqanizmindən 1 gün ərzində 15 q-a qədər azot xaric olunur. Bu miqdarın 85%-ni karbamid, 5%-ni kreatinin, 3%-ni ammonium duzları, 6%-ə qədərini isə digər azotlu birləşmələr təşkil edir. Purin mübadiləsinin son məhsulu (gündəlik sidiyin tərkibində 0,6-0,7 q) olan sidik turşusu sidiklə ifraz edilir. Orqanizmdə ammonyak iki yolla (daimi və müvəqqəti) zərərsizləşdirilir:

- ❖ karbamidin sintezi – daimi və əsas yol;

- ❖ reduksiya olunmaqla aminləşmə (müvəqqəti yol);
- ❖ aminturşu amidlərinin (asparagin və qlutamin amidləri) sintezi (müvəqqəti yol);
- ❖ purin və pirimidin nukleotidlərinin sintezinə sərf edilməsi (müvəqqəti yol);
- ❖ ammonium duzlarının əmələ gəlməsi (daimi yol).

Orqanizmdə aminsizləşmə, biogen aminlərin zərərsizləşdirilməsi və digər tərkibinə azot atomu daxil olan maddələrin sayəsində ammoniyak əmələ gəlir. Ammoniyakın aşağı qatılığı tənəffüs mərkəzinin fəaliyyətini stimullaşdırır, yüksək qatılığı isə ləngidir.

**Ammoniyakın toksik təsir mexanizmi.** Bütün canlı orqanizmlərində aminturşuların katabolizmi nəticəsində toksik təsire malik olan ammoniyak əmələ gəlir. Toxumalarda fasiləsiz sürətdə gün ərzində parçalanan aminturşuların miqdarı ~100 q-a qədərdir. Orqanizmdə dezaminləşmə (vasitəli və vasitəsiz aminsizləşmə) hesabına aminturşulardan çoxlu miqdarda ammoniyak ayrılır. Biogen aminlərin zərərsizləşdirilməsindən, purin və pirimidin nukleotidlərinin aminsizləşməsindən isə çox az miqdarda ammoniyak sintez olunur.

Ammoniyakın toksik təsir mexanizminə aşağıdakılar daxildir:

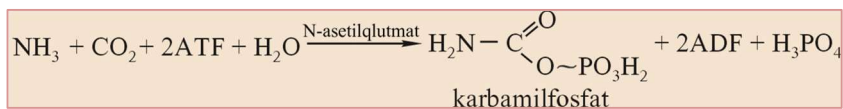
- ❖ baş beyin hüceyrələrinin mitoxondrilərində toplanan ammoniyak qlutamatdehidrogenaza fermentinin təsiri ilə  $\alpha$ -KQT-nun reduksiya reaksiyasını sürətləndirir və nəticədə L-qlutamin turşusu əmələ gəlir;  $\alpha$ -KQT-nun qatılığının azalması TTD-nin də sürətini azaldır, hipoenetrik hallar yaradır.
- ❖ qlutamin turşusu da öz növbəsində ammoniyakla birləşərək qlutamin amin- turşusunun əmələ gəlməsinə səbəb olur; nəticədə qlutamin turşusunun miqdarı və bununla əlaqədar olaraq, tormozlayıcı neyromediator olan QAYT-ın ( $\gamma$ -aminyaq turşusu) miqdarı azalır və qıcolmalar baş verir;
- ❖ qlutamin aminturşusunun miqdarının artması osmotik təzyiqin yüksəlməsinə və beyin ödemlərinə səbəb olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, ammoniyakın 10%-li sulu məhlulu (naşatr spirt) həm bayılmalar (tənəffüs mərkəzinin oyanıqlığını artırmaqla), nevrologiyalar, miozidlər, həm də cərrahi əməliyyatlarda aseptik maddə kimi tibdə istifadə olunur.

**Ammoniyakın zərərsizləşdirilməsi.** Metabolizm prosesində əmələ gələn ammoniyak əsasən karbamidin sintezinə sərf edilir. Karbamidin sintezi ammoniyakın zərərsizləşdirilməsinin daimi yoludur.

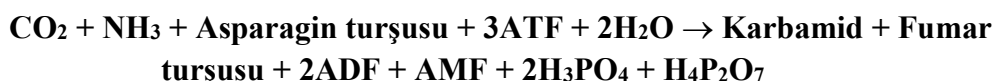
Karbamidin sintezi yalnız aerob şəraitdə mümkündür. Çünki, bu proses üçün lazım olan enerji aerob oksidləşmə nəticəsində əmələ gələn ATF molekullarından

alınır. Bu prosesin ilk mərhələsi karbamilfosfatsintetaza fermentinin iştiraki ilə həyata keçir; bu mərhələdə ammoniyak, karbon qazı və ATF arasında aşağıdakı tənlik üzrə biokimyəvi reaksiya gedir:



Reaksiyaya 2 mol ATF sərf edilir. Bu reaksiyanı kataliz edən karbamilfosfatsintetaza fermenti karbamidin sintezinin tənzimedicisi fermentidir. Fermentin fəallığı allosterik tənzimləyici funksiyası daşıyan N-asetilqlutamin turşusundan asılıdır. Bu reaksiya qaraciyər hüceyrələrinin mitoxondrilərində gedir və yalnız karbamidin sintezi ilə nəticələnən biokimyəvi proseslərə başlanğıc verir.

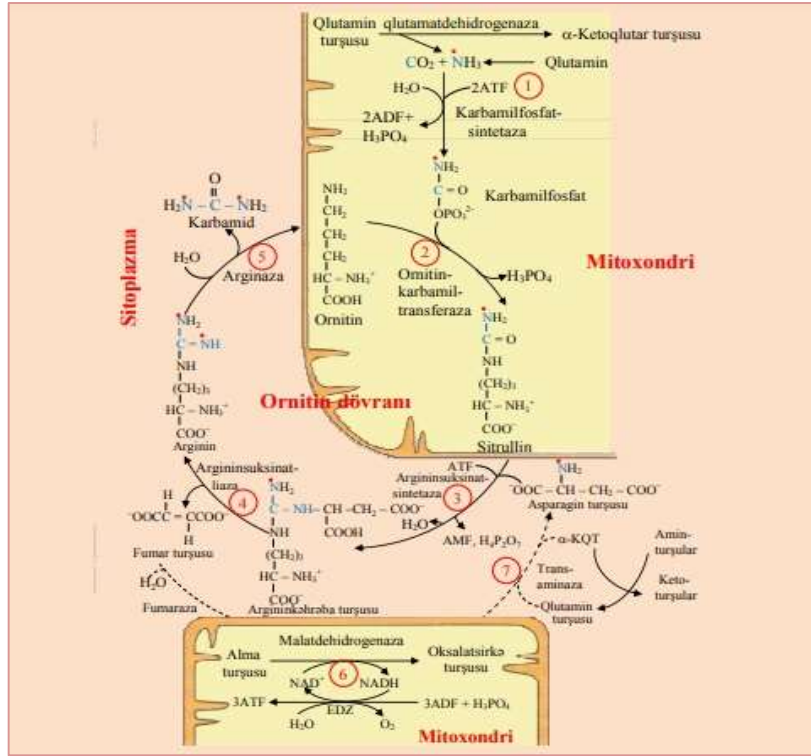
Karbamidin sintezinin ikinci reaksiyası karbamilfosfatla ornitinin kondensasiyasından ibarətdir. Bu reaksiya ornitinkarbamiltransferaza fermentinin katalizatorluğu şəraitində keçir və sitrullinin əmələ gəlməsi ilə başa çatır. Bundan sonra 2 ardıcıl reaksiyadan ibarət olan biokimyəvi proses nəticəsində sitrullin argininə çevrilir; əvvəlcə argininsuksinatsintetaza fermentinin iştiraki ilə (sitrullinlə asparagin turşusu arasında) gedən reaksiya enerji sərfi ilə keçir, reaksiyada iştirak edən ATF-in AMF-ə və pirofosfat turşusuna parçalanması və argininkəhrəba turşusunun əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Növbəti reaksiyada argininkəhrəba turşusu argininsuksinatliaza fermentinin təsirindən parçalanıb, argininə və fumar turşusuna çevrilir. Sonuncu mərhələ arginaza fermentinin katalizatorluğu şəraitində gedir və argininin parçalanması nəticəsində reaksiyanın son məhsulları – karbamid və ornitin əmələ gəlir. Əmələ gələn ornitin yenidən karbamilfosfatla reaksiyaya daxil olub, yuxarıda şərh edilən prosesin reaksiyalarına başlanğıc verə bilər. Beləliklə, ornitin əmələ gəlməsi ilə ornitin dövrünü tamamlayır (şəkil 8.4.).



Ümumi tənlikdən görüldüyü kimi, 1 molekul karbamidin sintezi zamanı qaraciyər hüceyrələri 3 ATF molekulunun tərkibində olan makroergik rabitələrin enerjisini itirir. Bunlardan ikisi ADF-ə və fosfat turşusuna parçalanır; 1 ATF molekulunun parçalanmasından isə AMF və pirofosfat turşusu əmələ gəlir.

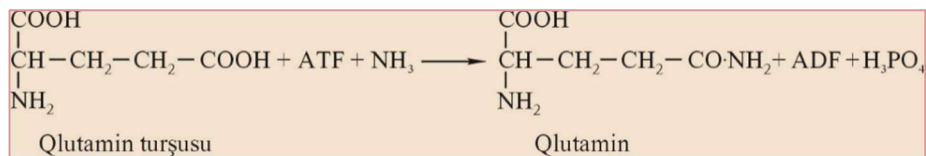
### **Karbamidin əmələ gəlməsi (Ornitin dövrünü)**





**Qlutamin və asparaginin əmələ gəlməsi.** Ammonyakın qlutamin və asparagin turşularını amidləşdirməsi (onların karboksil qrupları ilə birləşməsi) onun zərərsizləşdirilməsinə şərait yaradan əhəmiyyətli mexanizmlərdən biridir. Qlutamin və asparagin turşularının amidləri müvafiq olaraq, qlutamin və asparagin qlutaminsintetaza və asparaginsintetaza fermentlərinin katalizatorluğu şəraitində keçən və ATF enerjisi itirilməsi ilə müşayiət edilən biokimyəvi proseslər sayəsində əmələ gəlir.

Qlutaminin sintezi ilə nəticələnən reaksiyanın ümumi tənliyi aşağıdakı kimidir:



Mikroorqanizmlərdə və heyvan toxumalarında fəallığı ammonyakdan asılı olan asparaginsintetaza fermenti də tapılmışdır. Bu fermentin təsiri altında gedən biokimyəvi proses zamanı asparagin turşusu qlutaminlə deyil, bilavasitə ammonyakla reaksiyaya girir. Onların əmələ gəlməsi orqanizmdə ammonyakın mü-

vəqqəti zərərsizləşdirilməsi yoludur. Beyində, qaraciyərdə, böyrəklərdə və digər orqanlarda geniş yayılmış qlutaminaza fermenti qlutamini hidroliz edərək, qlutamin turşusuna və ammoniyaya parçalayır.

**Ammonium duzlarının əmələ gəlməsi.** Yuxarıda göstəriləni kimi, asparagin və qlutamin ammoniyakın qan vasitəsilə asanlıqla nəql edilə bilən zərərsiz birləşmələridir. Bu birləşmələr böyrəklərdə asparaginaza və qlutaminaza fermentlərinin təsirinə uğrayır. Nəticədə asparagin və qlutamin turşuları əmələ gəlir, onların tərkibində olan amid qrupları isə ammoniyak şəklində ayrılır. Asparagin və qlutamin turşuları böyrək borucuqlarında reabsorbsiya edilib, orqanizmdə saxlanılır, azad olan ammoniyak isə mübadilənin turş xassəli məhsulları ilə birləşib, ammonium duzları şəklində orqanizmdən xaric edilir (daimi zərərsizləşdirilmə yolu):



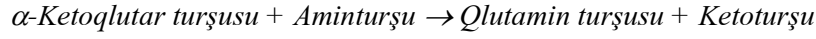
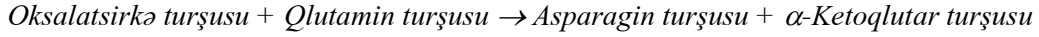
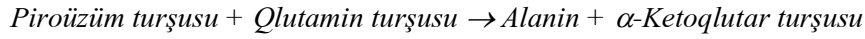
Bu proses ammoniogeneza adlanır. Ammoniogeneza prosesinin orqanizmin turşu-qələvi müvazinətinin saxlanılmasında böyük əhəmiyyəti vardır. Bu proses nəticəsində böyrək borucuqlarında bəzi kationlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  və s.) hidrogen kationu ilə əvəz edilib, orqanizmdə saxlanılır; turş xassəli hidrogen kationu isə orqanizmdən xaric edilir. Asidoz (orqanizmin mayələrində turşuluğun artması) hallarında sidiyin tərkibində ammonium duzlarının miqdarı artır. Bu, asidoz zamanı böyrəklərdə azotlu birləşmələrin (xüsusən qlutaminin) parçalanmasının və ammoniogeneza prosesinin sürətlənməsi ilə əlaqədardır.

### **ƏVƏZ EDİLƏN AMİNTURŞULARIN BIOSİNTEZİ**

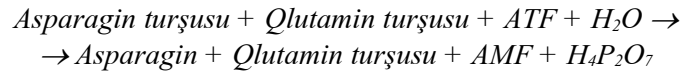
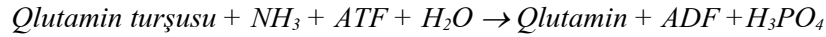
Bitkilərdən fərqli olaraq, insan və heyvan toxumalarında qeyri-üzvi maddədən üzvi maddə sintez edilmir. Bitkilər bütün üzvi maddələri endogen sintez yolu ilə əldə edə bilər. Onlarda aminturşuların sintezi üçün ilkin material olaraq, ammoniyakdan, nitrat turşusu duzlarından və xloroplastlarda fotosintez yolu ilə əmələ gələn üzvi birləşmələrdən istifadə edilir. İnsan və heyvan orqanizmləri isə spesifik zülallarını sintez etmək üçün qidanın tərkibindən mənimsənilən aminturşulara möhtacdır. Doğrudur bəzi aminturşular (əvəz edilən aminturşular) heyvan toxumalarında sintez edilir. Lakin bu aminturşuların da sintezi üçün qeyri-üzvi birləşmələrdən deyil, qidanın tərkibindən mənimsənilən üzvi maddələrdən və ya onların toxumadaxili çevrilmələrinin məhsullarından istifadə edilir.

Əvəz edilən aminturşuların sintezində transaminləşmə reaksiyalarının böyük əhəmiyyəti vardır. Orqanizm bu aminturşuların bir hissəsini  $\alpha$ -ketoturşuların transaminləşməsi vasitəsilə əldə edə bilər. Bu proses üçün lazım gələn  $\alpha$ -ketoturşular müxtəlif üzvi maddələrin metabolizminin aralıq mərhələsində əmələ gəlir və amin qrupunun universal donoru kimi, qlutamin turşusundan istifadə

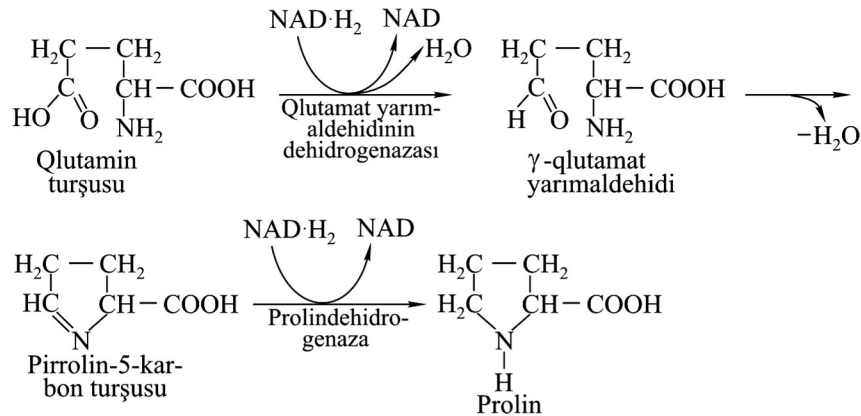
edilir. Məsələn, alanin, asparagin və qlutamin turşusunun sintezi üçün lazım olan ketoturşular Krebs dövrünün aralıq mərhələlərində əmələ gəlir və asanlıqla, transaminləşmə yolu ilə müvafiq aminturşulara çevrilə bilər:



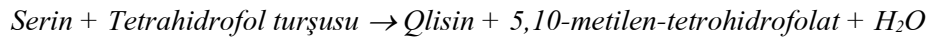
Qlutamin və asparagin müvafiq turşulardan (qlutamin və asparagin turşuları) sintez edilə bilər. Onların sintezində müvafiq olaraq, qlutaminsintetaza və asparaginsintetaza fermentləri iştirak edir:



Bəzi aminturşuların spesifik biosintez yolları transaminləşmə prosesi ilə əlaqədar deyil. Məsələn, qlutamin turşusundan prolin sintez edildikdə əvvəlcə birinci turşu reduksiyaya uğrayıb, yarımaldehidə çevrilir və bundan sonra özbaşına (ferment iştirakı olmadan) tsiklik strukturlu pirrolin-5-karbon turşusu əmələ gətirir. Sonuncu turşunun təkrarən reduksiyası nəticəsində prolin əmələ gəlir. Prosesdə iştirak edən dehidrogenazaların fəallığı NAD·H<sub>2</sub>-dən asılıdır.



Qlikoliz prosesinin aralıq məhsullarından biri olan 3-fosfoqliserin turşusundan toxumalarda serin sintez edilə bilər; qlisin isə serinoksimetiltransferaza fermentinin katalizatorluğu şəraitində serindən sintez edilir.



Əvəzedilən aminturşuların biosintezinin sürəti onların hüceyrədaxili mühitdəki miqdarından asılıdır. Məlumdur ki, transaminləşmə fermentativ yolla gedən döner biokimyəvi prosesdir və bu prosesin əsasını təşkil edən reaksiyanın tarazlığı substratların qatılığından asılıdır. Buna görə, hüceyrədaxili mühitdə hər hansı bir

aminturşunun qatılığı artdıqda transaminləşmə reaksiyasının istiqaməti müvafiq  $\alpha$ -ketoturşunun əmələ gəlməsinə yönəlir;  $\alpha$ -ketoturşunun artması isə reaksiyanı əks-istiqamətə yönəltməklə, müvafiq aminturşunun sintezinə şərait yaradır.

Əvəz edilən aminturşular orqanizmdə bəzi əvəz edilməyən aminturşulardan da əmələ gələ bilər. Bu yolla treonin və serindən qlikokol, triptofan və serindən alanin, fenilalanindən tirozin, qlutamin turşusundan prolin və arginin əmələ gəlməsi mümkündür. Tirozin və sistein yalnız əvəz edilməyən aminturşulardan sintez edildiyinə görə, şərti olaraq əvəz edilən aminturşu hesab edilir. Tirozin fenilalaninin hidrksilləşməsi (fenilalanin-4-hidrksilaza fermenti vasitəsilə) yolu ilə əmələ gəlir. Sisteinin sintezi üçün lazım gələn kükürd atomlarının donoru funksiyasını metionin yerinə yetirir; bu aminturşunun karbohidrogen skeletinin və  $\alpha$ -amin qrupunun mənbəyi kimi serindən istifadə edilir.

Əvəz edilməyən aminturşuların bəzi növləri orqanizmdə müvafiq  $\alpha$ -ketoturşulardan sintez edilə bilər (triptofan, fenilalanin). Lakin bunların karbohidrogen hissəsi insan və heyvan toxumalarında sintez edilmir. Bu aminturşular orqanizmdə sintez edilmək üçün müvafiq ketoturşular orqanizmə hazır şəkildə daxil olmalıdır. Əvəz edilməyən aminturşulardan lizin və treoninin isə transaminləşmə yolu ilə sintez edilməsi mümkün deyil. Çünki, toxumalarda bu aminturşulara müvafiq gələn ketoturşuların transaminazası yoxdur.

Arginin və histidin orqanizmdə az miqdarda sintez edilir. Toxumalarda sintez edilən arginin və histidin orqanizmin tələbatını ödəmir. Buna görə, onlar qismən əvəz edilən aminturşular hesab edilir. Arginin ornitin dövrəni fermentlərinin köməyi ilə sintez edilir. Histidin biosintezi üçün toxumalarda ATF-dən və ribozadan istifadə edilir.