

# **BIOCHIMIE**

## ***CURS PENTRU STUDENȚI***

### **Partea I**



**Conf. univ. dr. ELENA RUSU**

# **BIOCHIMIE**

***CURS PENTRU STUDENȚI***

**Partea I**

**Ediția a II-a, revizuită**



**EDITURA UNIVERSITARĂ  
București, 2021**

Colecția MEDICINĂ

Redactor: Gheorghe Iovan  
Tehnoredactor: Ameluța Vișan  
Coperta: Monica Balaban

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.) și inclusă de Consiliul Național de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare (C.N.A.T.D.C.U.) în categoria editurilor de prestigiu recunoscut.

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**Biochimie** / Elena Rusu. - Ed. a 2-a, rev.. - București : Editura Universitară, 2021-  
vol.  
ISBN 978-606-28-1383-3  
**Partea 1.** - 2021. - Conține bibliografie. - ISBN 978-606-28-1379-6

577.1

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/9786062813796

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2021  
Editura Universitară  
Editor: Vasile Muscalu  
B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București  
Tel.: 021.315.32.47  
www.editurauniversitara.ro  
e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021.315.32.47 / 0745 200 718/ 0745 200 357  
comenzi@editurauniversitara.ro  
www.editurauniversitara.ro

## CUPRINS

Capitolul 1. Chimia materiei vii.....	7
Capitolul 2. Proteine .....	12
Capitolul 3. Enzime.....	53
Capitolul 4. Vitamine .....	71
Capitolul 5. Glucide .....	92
Capitolul 6. Lipide .....	107
Capitolul 7. Acizi nucleici.....	114
Capitolul 8. Hormoni .....	136
Bibliografie .....	156



# CAPITOLUL 1

## CHIMIA MATERIEI VII

### Introducere

Celula reprezintă cea mai simplă formă de organizare a materiei vii, ea având în structură organitele, care la rândul lor sunt formate din macromolecule organice ce conțin aceleași elemente chimice.

**Biochimia** este știința care studiază:

- **Biochimia descriptivă:** Analiza compoziției chimice a materiei
- **Biochimia dinamică:** Studiul proceselor chimice care se desfășoară în organismele vii
- **Biochimia funcțională:** Cercetarea relațiilor existente între structura, metabolismul și funcția formațiunilor subcelulare a celulelor, organelor și a întregului organism

### Structura chimică a materiei vii

În orice organismul viu se întâlnesc 2 categorii de elemente chimice: elemente plastice sau macroelementele, care se găsesc în cantități mai mari și microelementele care au rol catalitic și sunt prezente în cantități foarte mici. Moleculele chimice care intră în constituția materiei vii prezintă o anumită structură chimică. Aceasta depinde de tipul elementelor chimice, de raporturile dintre ele precum și de modul de aranjare sau de legare al atomilor în moleculă.

În structura materiei vii, **macroelemente celulare** reprezintă 99,7% iar acestea sunt: C, O, H, N, S, P, Cl, Na, K, Ca și Mg. Elementele chimice au masa atomică mică (H, C, N, O). Carbonul este un element chimic care intră în structura biomoleculelor organice, acesta formând legături chimice specifice cu diferiți radicali.

Carbonul participă la formarea structurilor chimice liniare sau ciclice caracteristice substanțelor organice. Legăturile chimice formate duc la eliberarea unor cantități mari de energie, atunci când este necesară utilizarea lor în diferite procese fiziologice și biochimice.

Datorită poziției pe care o ocupă în sistemul periodic al elementelor chimice, carbonul are cel mai important rol, având în vedere faptul că intră preponderent în constituția organismelor vii. Configurația sa electronică îi permite să realizeze combinații atât cu elementele chimice din grupele principale V, VI, și VII (ca de exemplu, N, S, O, P, Cl), cât și cu elemente cu caracter electropozitiv (cum ar fi H).

Primele molecule chimice indispensabile vieții au în componență atomii de carbon, hidrogen și oxigen. Molecula de oxigen, O<sub>2</sub> este necesară pentru funcționarea organismului. Atomul de N este, de asemenea, un element esențial, deoarece participă alături de C, H, și O la structura aminoacizilor și implicit a proteinelor, substanțe organice necesare tuturor organismelor vii. Atomii de C, H, O și N pot stabili legături covalente prin punerea în comun a perechilor de electroni.

Calciul și magneziul, ca și sulful sau fosforul sunt elemente chimice care se găsesc într-o cantitate mai mică, dar ele au un rol important, intrând în componența unor biomolecule. Clorul, potasiul și sodiul sunt elemente chimice indispensabile vieții. Ionii de sodiu, potasiu și clor reprezintă principalii electroliți ai organismului uman. Ionii de calciu și fosfor au rol structural în compoziția oaselor și a dinților, repartiția acestora explicând cantitățile importante în organismul uman. Ionii de calciu sunt implicați și în alte procese biochimice și fiziologice, cum ar fi transmiterea impulsului nervos, coagularea sau mecanisme hormonale.

Elementele rare participă în concentrații extrem de mici în procesele metabolice celulare fundamentale în calitate de constituenți a numeroase enzime, sau de activatori ai acestora. Ca urmare, absența lor ar determina perturbări grave ale metabolismului celular.

**Oligoelementele (microelementele)** se găsesc în cantități extrem de mici, sub 0,01%, sau chiar în urme și sunt răspândite în diferite țesuturi. Exemple de oligoelemente întâlnite în organismul uman: fluorul (F), bromul (Br), iodul (I), borul (B), fierul (Fe), zincul (Zn), cuprul (Cu), cobaltul (Co), molibdenul (Mo), vanadiul (V) și manganul (Mn). Aceste elemente chimice nu intră în structura celulelor dar le au un rol foarte important, intrând în compoziția unor vitamine (ionul de Co în vitamina B<sub>12</sub>), a unor proteine (Fe în mioglobină și hemoglobină), a hormonilor (iodul în structura hormonilor tiroidieni) precum și a enzimelor (Cu, Co, Zn, Mn, etc.).

Carența acestor microelemente din organismul uman are ca efect anumite dereglări biochimice și tulburări fiziologice care conduc la apariția diferitelor afecțiuni.



### **Biomoleculele anorganice**

**Apa** este o substanță chimică anorganică indispensabilă vieții tuturor organismelor vii. Procentul de apă variază în organismul uman, acesta fiind cuprins în general între 60% și 70% din masa corporală.

În organismul uman apa este repartizată la nivelul a două compartimente:

1. compartimentul intracelular (50-55%) cuprinde apa de constituție (legată). Această apă intră în constituția celulelor și participă la inhibiția sistemelor coloidale și la hidratarea diferiților ioni sau molecule din interiorul celulei;

2. compartimentul extracelular (45%) cuprinde apa liberă. Această apă intră în sânge și în lichidul lacunar (lichid interstițial și limfă). Proveniența apei în organism poate să fie:

- exogenă provenind din alimentație, sau
- endogenă provenind în urma reacțiilor de oxidare de la nivelul celulei.

Cantitatea de apă din organismul uman este strict reglată prin mecanisme specifice, excesul fiind eliminat pe diferite căi (prin urină, fecale, transpirație).

Apa este cel mai important lichid pentru apariția și menținerea vieții. Este importantă nu numai pentru faptul că este principalul constituent din punct de vedere cantitativ al organismelor vii, ea depășind, de cele mai multe ori, totalul celorlalți constituenți, dar prezintă importanță și pentru faptul că ia parte la organizarea structurală a sistemelor biologice și la activitatea metabolică a acestora.

Datorită structurii sale moleculare simetrice, în care fiecare atom de oxigen este centrul unui tetraedru, apa are o serie de proprietăți fizico-chimice propice vieții:

- capacitate calorică mare, ce face să-și păstreze timp îndelungat temperatura constantă, utilă proceselor metabolice;
- căldură specifică aproape constantă, între +27°C și +40°C ;
- formează cu ușurință legături de hidrogen ;
- disociază ușor în ionul hidroniu  $H_3O^+$  și ionul hidroxil  $HO^-$ .

Având în vedere aceste proprietăți particulare, apa îndeplinește în organism următoarele roluri:

- structural, participând la constituția celulei și la formarea coloizilor celulari. Apa participă în calitate de component de bază la formarea structurilor intracelulare și în cea mai mare măsură determină activitatea acestora; formează legături de hidrogen și participă la structura unor compuși macromoleculari.

- solvent pentru toate procesele chimice care se desfășoară în organism (substanțe organice și anorganice);
- mediu al reacțiilor biochimice care stau la baza vieții;
- mediu de transport a diferiților nutrienți, produși de secreție, metaboliți și alte substanțe în organism, în concordanță cu necesitățile tisulare;
- generator de ioni de  $H^+$  și  $HO^-$  necesari pentru menținerea pH-ului la limite constante și pentru cataliza enzimatică;
- participant direct a reacțiilor de hidratare, hidroliză și de oxidare;
- termoreglator pentru menținerea în limite normale a temperaturii organismului, prin procese de evaporare la nivelul pielii și prin transpirație.

În condiții normale un adult metabolizează 2,5-3 litri de apă pe zi, reprezentând echilibrul dintre aportul și pierderea de apă. Cantitatea de apă din organism este reglată metabolic prin două mecanisme, care mențin volumul constant al acesteia și anume: setea, care dictează o creștere a consumului de lichide și activitatea rinichilor, care conservă apa sau o elimină după necesități. De asemenea, reglarea senzației de sete și a consumului se face prin interacțiuni complexe între centrii de la nivelul hipotalamusului și acțiuni hormonale specifice.

### **Sărurile minerale.**

Corpul conține 3-5% substanțe minerale dintre care 4/5 se găsesc în schelet, iar restul în mușchi și în celelalte țesuturi. Sărurile minerale sunt reprezentate de cloruri, fosfați, azotați, carbonați (de sodiu, potasiu, calciu, magneziu). Sărurile solubile se găsesc fie dizolvate în lichidele biologice și în mediul apos al celulei, fie combinate cu proteinele din citoplasmă. Sărurile insolubile sunt prezente în schelet și în dinți. Ionii proveniți prin disocierea sărurilor se pot absorbi pe suprafața micelilor coloidale determinând încărcarea electrică a acestora sau intervin într-o serie de reacții biochimice. Unii ioni intervin în reglarea presiunii osmotice și în permeabilitatea celulară. Unele săruri solubile funcționează ca sisteme tampon contribuind la menținerea și reglarea echilibrului acido-bazic. Prezența unor ioni este indispensabilă pentru activitatea unor enzime sau hormoni.

Elementele chimice Fe, I, F, B, Cu, Zn, Co, Mn, Si, Mo, Va, Ba, Li etc., se găsesc în cantitate mică, sub 1% din total. Unele din aceste elemente apar în cantități extrem de mici, ele sunt numite microelemente și îndeplinesc, în general, un rol biocatalitic. Microelementele intră în alcătuirea unor enzime, hormoni și participă astfel la reglarea proceselor biochimice care au loc în organism.

**Biomolecule organice**, care intră în alcătuirea organismelor reprezintă 35- 40% din masa acestora. Principalele categorii de biomolecule sunt: proteinele, lipidele, glucidele, acizii nucleici, enzimele, vitaminele, hormonii, compușii macroergici etc.

Rolurile biomoleculelor organice:

- *proteinele, lipidele și unele glucide* îndeplinesc rol plastic (structural) deoarece participă la alcătuirea edificiului celular, a membranelor celulare și formațiunilor subcelulare;

- *enzimele* au rol catalitic, participând la reglarea reacțiilor biochimice necesare activității organismelor vii, făcând posibilă desfășurarea acestora în condiții compatibile cu viața;

- *glucidele și lipidele* îndeplinesc rol energetic, deoarece fiind supuse unor procese de degradare eliberează energia necesară funcțiilor vitale ale celulei; energia eliberată poate fi stocată sub formă de energie chimică în anumite molecule (substanțe macroergice);

- *acizii nucleici* îndeplinesc rol informațional prin stocarea, transmiterea și exprimarea informației ereditare;

- *vitaminele și hormonii* îndeplinesc rol reglator a diferitelor procese biochimice.

<b>Compuși organici</b>	
Apa	
Săruri minerale	Anioni: $\text{PO}_4^{-3}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{I}^-$
	Cationi: $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{++}$ , $\text{Fe}^{+2}$ , $\text{Zn}^{+2}$
<b>Compuși anorganici</b>	
Rol plastic și energetic	Glucide
	Lipide
	Proteine
	Vitamine
Rol de reglare	Hormoni
	Vitamine
Rol catalitic	Enzime
Rol informațional	Acizi nucleici
Rol energetic	Compușii macroergici

## CAPITOLUL 2

### PROTEINE

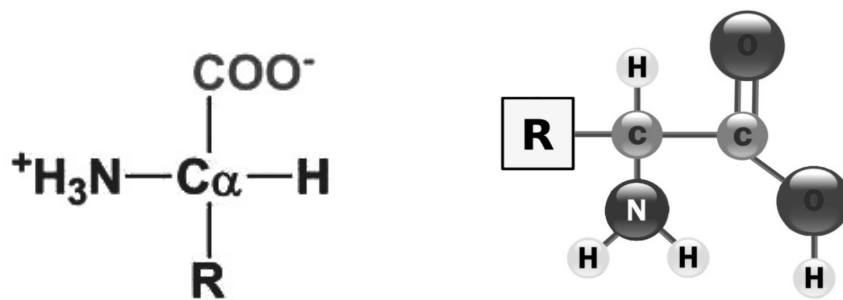
#### 2.1. Aminoacizi

Aminoacizii au o importanță deosebită pentru organismul uman. Ei intră în componența proteinelor, compuși cu importanță biologică deosebită pentru toate organismele vii. Primul aminoacid descoperit a fost asparagina (în rădăcina și tulpina sparanghelului în anul 1806). Ultimul aminoacid, treonina, a fost descoperit în 1938.

Aminoacizii se află în sânge atât în formă liberă cât și combinată. De asemenea, aminoacizii sunt precursori unor molecule cum ar fi hormonii, bazele purinice și pirimidinice, și a porfirinelor.

##### 2.1.1. Structura aminoacizilor

În structura proteinelor sunt prezenți 20 de aminoacizi; aceștia sunt specificați de codul genetic și sunt denumiți **aminoacizi standard, primari, normali sau proteinogeni**. Aminoacizii naturali sunt  $\alpha$ -aminoacizi în care gruparea carboxil (COOH-) și amino (NH<sub>2</sub>-) sunt legate la același atom de carbon, la C $\alpha$ .



Prezența celor două grupări funcționale determină proprietățile aminoacizilor. În structura aminoacizilor, la același atom de carbon se disting următoarele grupări:

a) gruparea amino – care în condiții de pH fiziologic se găsește în formă protonată ( $-\text{NH}_3^+$ );

b) gruparea carboxil – care în condiții de pH fiziologic se găsește în formă deprotonată ( $-\text{COO}^-$ );

c) catena laterală (radicalul R) – prezența diferitelor grupări în catena laterală conferă proprietăți specifice aminoacizilor.

Din cei 20 de aminoacizi existenți în proteine, 19 (excepție face aminoacidul glicina) se află în conformație L. Până în prezent se cunosc peste 300 de aminoacizi. Unii dintre aceștia apar numai în plante sau în anumite microorganisme. În natură aminoacizii există și în conformația D. De exemplu, D-alanina și acidul D-glutamic intră în componența peptidelor din peretele celular bacterian.

### 2.1.2. Clasificarea aminoacizilor

Clasificarea aminoacizilor se poate face ținând cont de mai multe aspecte:

- proprietăți chimice;
- utilitatea lor în biosinteza proteinelor;
- necesitatea biosintezei lor pentru organism;
- implicarea lor ca substrat al gluconeogenezei.

*Catena laterală (R) determină diferențele dintre proprietățile chimice ale aminoacizilor*

În funcție de natura catenei laterale se disting:

a) catene laterale (R) alifatiche sau aromatice *nepolare*:

- *aminoacizi cu radical alifatic*: glicina, alanina, valina, leucina, izoleucina, metionina.

Glicina este aminoacidul cu structura cea mai simplă, având în catena laterală un atom de hidrogen. Alanina, valina, leucina și izoleucina au catenele laterale hidrocarbonate (de la gruparea metil din alanina la grupările butiril izomere din izoleucina și leucina).

- *aminoacizi care conțin nucleu aromatic*: fenilalanina, tirozina și triptofanul.

b) catene laterale *neîncarcate electric* (serina, treonina, asparagina, glutamina, cisteina).

Grupările -OH (serina, treonina – aminoacizi alifatici, tirozina – aminoacid aromatic) pot fi implicate în legături de hidrogen. Pe catena laterală mai pot fi prezente și alte grupări: - SH (cisteina), tioeteri (metionina), sau amidică (glutamina, asparagina).

c) catene laterale *încărcate electric*:

- *pozitiv* – Din această categorie fac parte aminoacizii diamino-monocarboxilici, care conțin și alte grupări  $-NH_2$  în R (lizina, arginina, histidina are un pKa de aproximativ 7 în consecință este deprotonat la valori ale pH-ului mai mari decât 7).
- *negativ* – din această categorie fac parte aminoacizii monoamino-dicarboxilici (grupările COOH- aflate pe catena laterală a resturilor aspartat și glutamat au valori ale pKa-ului de 3,9 și 4,3; sunt foarte polare în condiții fiziologice). Aceste grupări sunt implicate în interacțiuni electrostatice (punți de hidrogen, etc.)

Aminoacizii cu catene laterale alifatiche sau aromatice nepolare cu sunt hidrofobi (excepție glicina), iar cei care au catene laterale încărcate electric sunt hidrofilii.

*În funcție de aminoacizii care intră în compoziția proteinelor se disting:*

a) **aminoacizi proteinogeni** – aminoacizii care intră în compoziția proteinelor;

b) **aminoacizi neproteinogeni** – aminoacizii care nu intră în compoziția proteinelor:

-ornitina și citrulina – sunt aminoacizi care participă la ciclului ureei;

-homocisteina;

-5-hidroxi-triptofan – este precursor al serotoninei și un intermediar în metabolismul triptofanului;

-homoserina – intermediar în catabolismului metioninei;

-taurina – aminoacid care intră în componența acizilor biliari;

- $\beta$ -alanina intră în structura coenzimei A.

$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{H} \end{array}$ <p>Glicina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Alanina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Valina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Leucina</p>
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$ <p>Izoleucina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Serina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{OH} \end{array}$ <p>Treonina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}$ <p>Cisteina</p>
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{S} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Metionina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{Cyclopentane ring} \end{array}$ <p>Prolina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{Benzene ring} \end{array}$ <p>Fenilalanina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{Benzene ring} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Tirozina</p>
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{Indole ring} \end{array}$ <p>Triptofan</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}^- \end{array}$ <p>Acid aspartic</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}^- \end{array}$ <p>Acid glutamic</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Asparagina</p>
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Glutamina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+ \end{array}$ <p>Lizina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{NH}_2^+ \end{array}$ <p>Arginina</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{C}-\text{O}^- \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{Imidazole ring} \end{array}$ <p>Histidina</p>

### Structura aminoacizilor

*Aminoacizii esențiali nu pot fi sintetizați de organismul uman*

Aminoacizii care nu pot fi sintetizați de organismul uman, și ca atare pot fi suplimentați prin aport alimentar, poartă denumirea de aminoacizi esențiali. Pentru organismul uman sunt *esențiali*: **valina, leucina, izoleucina, fenilalanina, triptofan, lisina, metionina și treonina**. Ceilalți aminoacizi, pot fi sintetizați de organismul uman plecând de la acizii esențiali sau prin scindarea proteinelor, și sunt denumiți *neesențiali*:

**alanina, asparagina, aspartat, cisteina, glutamat, glutamine, glicina, prolina, serina, tirozina, arginina, histidina.** Aminoacizii esențiali se găsesc în proteinele de origine vegetală și animală. Compoziția în aminoacizi diferă de la o proteină la alta. Proteinele din lapte conțin diverse proporții de aminoacizi în așa fel încât asigură o nutriție adecvată. În opoziție, proteinele din fasole au un conținut ridicat de lizină, dar nu conțin aminoacizi cu sulf (metionină, cisteină sau cistină). Din acest motiv este recomandată o dietă echilibrată în proteine (atât de origine vegetală cât și animală) pentru a oferi raportul optim aminoacizi esențiali/neesențiali organismului uman. Clasificarea în aminoacizi esențiali și neesențiali este relativă deoarece toți cei 20 aminoacizi sunt necesari pentru o bună funcționare a proceselor biochimice din organism.

*Din scheletul atomilor de carbon al unor aminoacizi poate fi sintetizată glucoza*

Scheletul hidrocarbonat al unor aminoacizi poate fi utilizat la sinteza glucozei. Acești aminoacizi se numesc aminoacizi glucogeni (cu excepția leucinei și lizinei), iar restul aminoacizi cetogeni deoarece sunt transformați în corpii cetonici.

Aminoacizii pot fi clasificați în 3 categorii în funcție de implicarea lor ca substrat al gluconeogenezei: glucogenici, cetogenici sau glucogenici și cetogenici.

- Aminoacizii glucogenici sunt alanina, arginina, asparagina, aspartatul, cisteina, glutamat, glutamina, glicina, histidina, metionina, prolina, serina și valina
- Aminoacizii cetogenici și glucogenici sunt izoleucina, fenilalanina, treonina, triptofanul și tirozina.
- Lizina și leucina sunt singurii aminoacizi exclusiv cetogenici

### ***2.1.3. Proprietăți fizice***

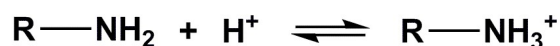
Aminoacizii sunt substanțe solide, cristaline, cu puncte de topire ridicate, solubili în solvenți polari (apă, etanol) și insolubili în solvenți nepolari (eter, cloroform, benzen).

*Proprietățile acido-bazice ale aminoacizilor*

#### *1. Aminoacizii sunt amfoliți*

Aminoacizii pot ceda sau accepta protoni și ca atare pot să se comporte asemănător acizilor și bazelor (amfolit). Gruparea  $-NH_2$  poate fi protonată:





Valoarea constantei de aciditate,  $pK_a$  a acestei reacții este de 9-10,5 (în funcție de catena laterală a aminoacidului). În condiții fiziologice de pH gruparea amino este protonată.

Gruparea carboxil din aminoacizi poate fi deprotonată astfel:



Valoarea constantei de aciditate,  $pK_a$ , pentru reacția de deprotonare a grupării carboxil este de 1,7-2,4. Această valoare a constantei indică o încărcare negativă la valori fiziologice ale pH-ului.

## 2. Punctul izoelectric

Dacă la valori mici ale pH-ului (pH acid) toate grupările dissociabile sunt protonate și aminoacizii sunt încărcăți pozitiv, la valori mari ale pH-ului (pH alcalin) toate grupările funcționale sunt deprotonate și grupările carboxil sunt încărcate negativ. Există însă și situații în care la anumite valori ale pH-ului gruparea  $\text{—COO}^-$  este parțial ionizată (reacție de echilibru), pe când gruparea amino este protonată.

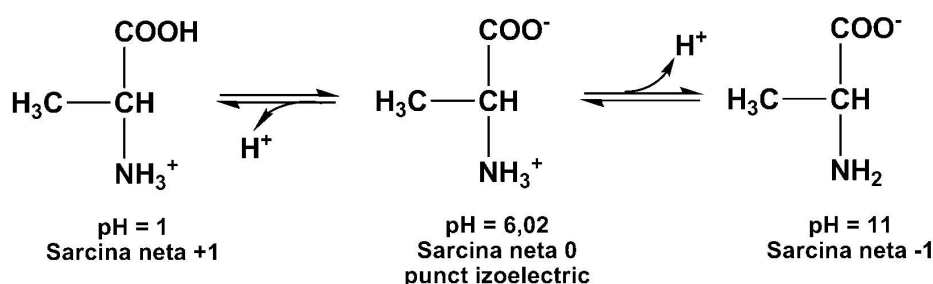
Valoarea pH-ului la care *încărcarea electrică netă* a aminoacidului este zero poartă numele de *punct izoelectric* ( $pH_i$  sau  $pI$ ).

- La acest pH aminoacizii au solubilitate minimă și nu migrează în câmp electric.
- La  $pH < pI$  aminoacidul este încărcat pozitiv
- La  $pH > pI$  aminoacidul este încărcat negativ

Considerăm reacția de disociere a unui acid:



$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$



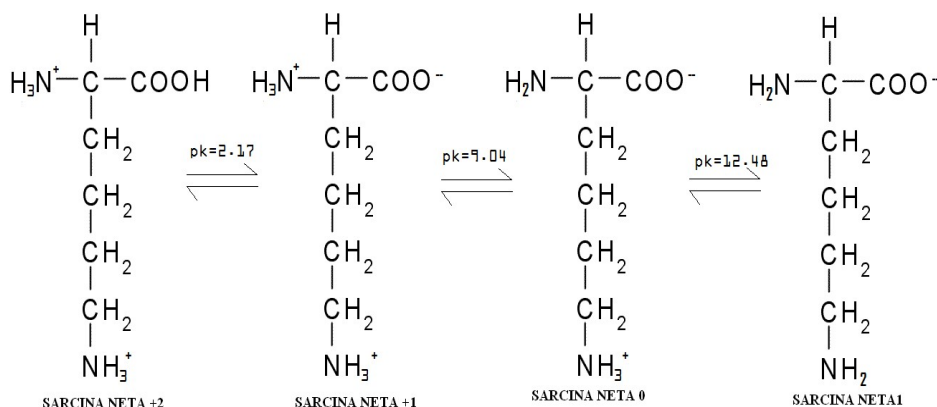
Pentru aminoacizii monoamino-monocarboxilici pI este dat de semisuma valorilor pKa ale grupărilor de la C<sub>α</sub>-COOH și C<sub>α</sub>-NH<sub>3</sub>

$$pI = \frac{pK_{\alpha\text{-COOH}} + pK_{\alpha\text{-NH}_3}}{2}$$

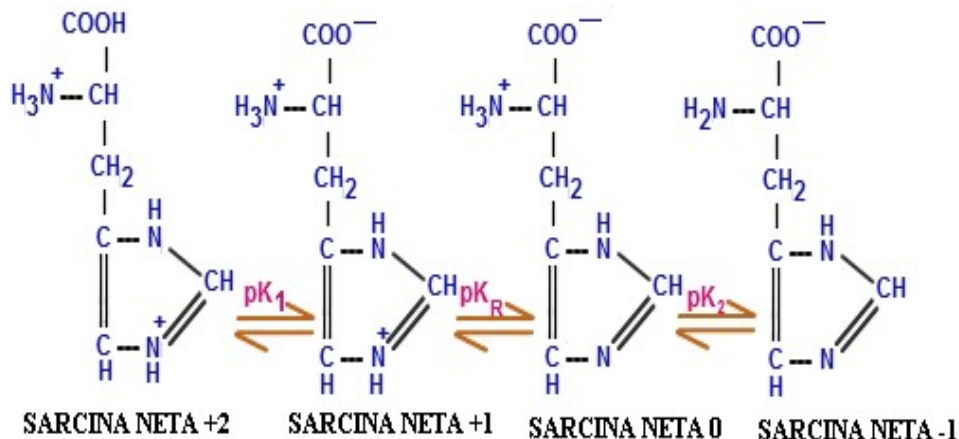
În cazul aminoacizilor dicarboxilici punctul izoelectric are valori mai mici comparativ cu cei monocarboxilici (pI<sub>aspartic</sub>=2,97). În schimb, acizii diaminocarboxilici au puncte izoelectrice mai ridicate (pI<sub>lizina</sub>=9,74) comparativ cu cei monoamino carboxilici.

Exemplu: in figura de mai jos sunt evidențiate treptele de ionizare ale aminoacizilor lizină, histidină și acid glutamic.

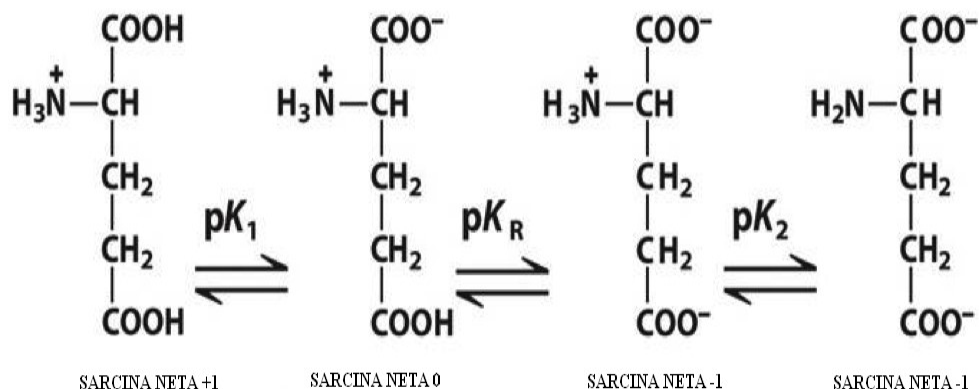
pI se calculează ca fiind semisuma celor două pK-uri între care se stabilește amfionul, adică aminoacidul cu sarcină netă nulă.



### Treptele de ionizare a lizinei



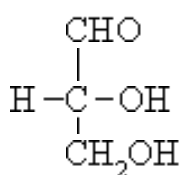
### Treptele de ionizare a histidinei



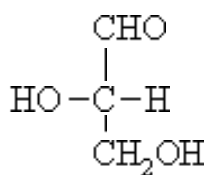
### Treptele de ionizare a acidului glutamic

#### 3. Izomeria optică

Toți  $\alpha$ -aminoacizii, cu excepția Gly prezintă izomerie optică, datorită prezenței atomului de C asimetric (cele 4 valențe sunt realizate de substituenți diferiți), ceea ce determină apariția stereoizomerilor optici activi. Numărul maxim de stereoizomeri ai unui compus cu  $n$  atomi de C asimetrici în moleculă este  $2^n$ .



D-gliceraldehida



L-gliceraldehida

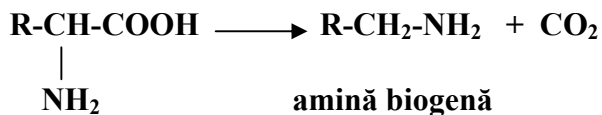
Compușii optic activi sunt împărțiți în 2 serii, D și L (după înrudirea conformațională cu glicerina). Aminoacizii cu configurația atomului  $C_\alpha$  identică cu a atomului de carbon asimetric ( $C^*$ ) din D-gliceraldehidă aparțin seriei sterice D, iar cei cu configurația atomului  $C_\alpha$  identică cu a  $C^*$  din L-gliceraldehidă aparțin seriei sterice L. Aminoacizii naturali aparțin seriei L (L- $\alpha$  aminoacizi; D-aminoacizii apar ocazional în organism: celulele canceroase, bacterii, antibiotice).

#### 2.1.4. Proprietăți chimice ale aminoacizilor

Aminoacizii participă la reacții ale grupărilor  $-\text{NH}_2$  și  $-\text{COOH}$  comune tuturor aminoacizilor și la reacții specifice grupărilor prezente în R.

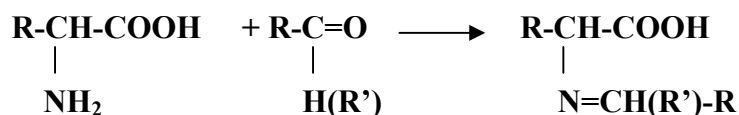
## 1. Reacții ale grupării -COOH

- *Decarboxilarea aminoacizilor cu formare de amine biogene:*

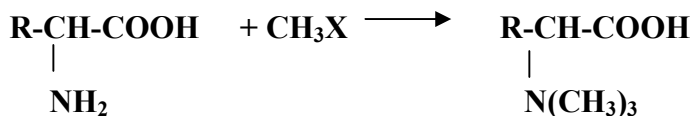


## 2. Reacții ale grupării -NH<sub>2</sub>

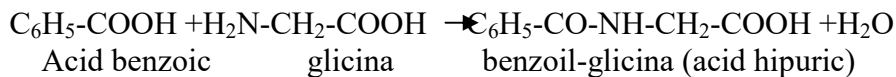
- *Reacții de condensare cu compuși carbonilici cu formare de azometine*



- *Reacția de alchilare (metilare) cu formare de betaine (compuși în care atomul de azot este cuaternar)*

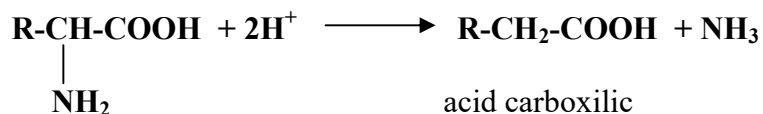


- *Reacția de acilare rezultând amide N-substituite*



- *Reacții de dezaminare cu îndepărtarea grupării amino, sub formă de amoniac*

### a. Dezaminarea reductivă



### b. Dezaminarea oxidativă

